

03096
2



POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

U N A M

"Crecimiento de *Ctenopharyngodon idella* (Val.) y *Cyprinus carpio* (L.), en relación con el zooplancton, zoobentos y algunos de los parámetros limnológicos evaluados en dos estanques rurales del Estado de México".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(LIMNOLOGÍA)

PRESENTA:

BIOL. YEINI LÓPEZ CASTILLO

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. NORMA NAVARRETE SALGADO

COMITÉ TUTORAL:

DRA. NANDINI SARMA

DRA. GUILLERMINA ALCARAZ ZUBELDÍA

DRA. CECILIA VANEGAS PÉREZ

DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA

MÉXICO, D. F.

MMII

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Producción de Peces en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el apoyo económico de SEP-CONACYT y Fundación UNAM.

A G R A D E C I M I E N T O S

La paternidad de un documento no siempre refleja en la justa medida la participación de todos aquellos que desempeñaron un papel importante en su realización, pero hay que reconocer que son tantos los que contribuyen -profesores, amigos y compañeros- que sería imposible agradecerles a todos. Sin embargo, he reservado este espacio para manifestar mi agradecimiento a las personas que me apoyaron para llevar a buen término este trabajo.

Primeramente le agradezco a cada uno de los miembros de mi Jurado el apoyo académico y moral que me brindaron, sin el que este trabajo jamás habría visto la luz. A todos y cada uno de ellos,

G r a c i a s

Al Dr. Salvador Sánchez le agradezco la asesoría estadística brindada.

Al Dr. Luis Zambrano le agradezco infinitamente su apoyo académico, cuyo efecto se vio directamente reflejado en el enriquecimiento de este trabajo.

Gracias a los profesores del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, de los que logré obtener el conocimiento necesario para la realización de este trabajo. Pero sobre todo le agradezco a los Doctores Nandini Sarma, Rosario Sánchez, Alfonso Lugo y David Salas, por la dedicación y entusiasmo con que comparten sus conocimientos con los alumnos al ir siempre más allá en la impartición de su cátedra y sobre todo por el apoyo académico que me brindaron durante mi desarrollo profesional.

A los profesores Margarita Rojas, Gilberto Contreras y Guillermo Elías, les agradezco infinitamente su apoyo académico y sobre todo por brindarme su amistad durante los momentos más desafiantes de mi vida.

Quiero hacer patente mi agradecimiento a Norma Suazo, Gabriela Almaraz, Cande y Lupita, por haber hecho llevadera mi estancia en el Posgrado. Y al personal de la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra por el apoyo que me brindaron.

Gracias a todos los compañeros del Posgrado con quienes compartí espacio, tiempo y vivencias que propiciaron mi superación profesional y personal.

Dedico este trabajo y el esfuerzo que me requirió a mi familia, que con su ejemplo e incondicional apoyo me han alentado desde el principio de mis días brindándome el impulso necesario para alcanzar mis metas.

*A mis Padres. Javier y Margarita
Por todo lo que soy*

*A mi Abuelita
Con todo mi respeto y admiración, a mi Maestra*

*A mi mamá Maty
Por llenar mi vida de alegría*

*A mi tío Lalo
Con todo mi cariño*

*A mis hermanas: Margarita, Luisa y Gissel
Por saber ser amigas y cómplices*

Gracias.

*...el hogar está donde el corazón ríe sin límites
y las lágrimas del alma no secan por sí solas.*

W. Blake (1757-1827)



Í N D I C E

	PÁGINA
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
HIPÓTESIS	8
OBJETIVOS	8
2. ÁREA DE ESTUDIO	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSIÓN	32
6. CONCLUSIONES	51
7. LITERATURA CITADA	53
ANEXOS	62

Í N D I C E D E T A B L A S

- Tabla 1. Valor promedio, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación de los parámetros limnológicos evaluados de mayo de 1996 a mayo de 1997, en los estanques JC y GL.
- Tabla 2. Análisis de componentes principales aplicado a los parámetros abióticos de los estanques de cultivo.
- Tabla 3. Extracción de los componentes principales por el método varimax raw (>0.8).
- Tabla 4. Arreglo taxonómico de los géneros del zooplancton identificados en los estanques JC y GL.
- Tabla 5. Arreglo taxonómico de los grupos del zoobentos identificados en los estanques JC y GL.
- Tabla 6. Indicadores del crecimiento, rendimiento y mortalidad de las carpas cultivadas en los estanques JC y GL.
- Tabla 7. Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) del crecimiento absoluto en peso de las carpas con los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados en el estanque JC de mayo de 1996 a mayo de 1997.
- Tabla 8. Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) del crecimiento absoluto en peso de las carpas con los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados en el estanque GL de mayo de 1996 a mayo de 1997.
- Tabla 9. Límites de tolerancia de las carpas *Cyprinus carpio* y *Ctenopharyngodon idella*.

Í N D I C E D E F I G U R A S

- Figura 1. Ubicación geográfica de los estanques JC y GL en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, México.
- Figura 2. Variación mensual de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto en el estanque JC.
- Figura 3. Variación mensual de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto en el estanque GL.
- Figura 4. Variación mensual de la profundidad y la profundidad de visibilidad del disco de Secchi en el estanque JC.
- Figura 5. Variación mensual de la profundidad y la profundidad de visibilidad del disco de Secchi en el estanque GL.
- Figura 6. Variación mensual de la alcalinidad y la dureza en el estanque JC.
- Figura 7. Variación mensual de la alcalinidad y la dureza en el estanque GL.
- Figura 8. Variación mensual del pH y la conductividad en el estanque JC.
- Figura 9. Variación mensual del pH y la conductividad en el estanque GL.
- Figura 10. Dendrograma de disimilitud ambiental del estanque JC.
- Figura 11. Dendrograma de disimilitud ambiental del estanque GL.
- Figura 12. Representación gráfica del análisis de componentes principales considerando los parámetros abióticos de los estanques JC y GL.
- Figura 13. Variación mensual del volumen de zooplancton y zoobentos en el estanque JC.
- Figura 14. Variación mensual del volumen de zooplancton y zoobentos en el estanque GL.
- Figura 15. Variación mensual de la densidad absoluta de organismos del zooplancton y zoobentos en el estanque JC.
- Figura 16. Variación mensual de la densidad absoluta de organismos del zooplancton y zoobentos en el estanque GL.
- Figura 17. Variación mensual de la densidad relativa de los grupos del zooplancton en los estanques de cultivo.
- Figura 18. Variación mensual de la densidad relativa de los grupos del zoobentos en los estanques de cultivo.
- Figura 19. Variación mensual del crecimiento absoluto en peso de la carpa común en los estanques JC y GL.
- Figura 20. Variación mensual del crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora en los estanques JC y GL.

R E S U M E N

Desde su introducción a nuestro país las carpas se han considerado especies de gran valor económico por su uso en el cultivo bajo condiciones semi-intensivas, fenómeno que trasciende al ámbito social por su principal aplicación en regiones donde se reportan elevados índices de marginalidad. A pesar del impacto económico de su cultivo, su aplicación ha tenido un dramático decremento porque se presume que resultan especies nocivas para la diversidad biológica, aún en sistemas artificiales como los estanques rurales. Por tal motivo resulta importante demostrar que el uso del cultivo semi-intensivo puede minimizar los efectos perjudiciales que se asocian con esta actividad y lograr obtener altos rendimientos. Teniendo en consideración lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de *Ctenopharyngodon idella* (Val) y *Cyprinus carpio* (L.) bajo condiciones semi-intensivas. Para cumplir con este objetivo se analizó el comportamiento mensual de los parámetros limnológicos durante un periodo anual en dos estanques rurales denominados GL y JC ubicados en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México; donde fueron sembradas carpas comunes y herbívoras a razón de 5000 ind ha⁻¹ y 2000 ind ha⁻¹, respectivamente. El único tratamiento que recibieron los sistemas de cultivo fue la aplicación bimestral de fertilizante inorgánico.

Los estanques fueron catalogados como cuerpos de agua someros, templados y turbios. En cuanto a las características químicas del agua esta fue identificada como básica, ligeramente alcalina, de dureza moderada y elevada concentración de oxígeno disuelto, superior a la saturación. A pesar de ser sistemas permanentes con diferentes regímenes de llenado los estanques presentaron condiciones ambientales que pueden ser consideradas como análogas en ambos sistemas. Se presentó una estacionalidad semestral en su comportamiento relacionada principalmente con la temperatura de la región. El factor determinante en la dinámica ambiental fue el de los sólidos disueltos a través de la modificación en la cantidad de iones disueltos en el agua.

Los valores de los parámetros físicos y químicos se encontraron dentro de los requerimientos biológicos de las especies cultivadas. Se identificó una considerable diferencia en la estructura de los productores primarios de cada sistema. En el estanque GL este eslabón trófico estuvo dominado por las algas filamentosas, mientras que en el JC este nivel estuvo representado por las macrofitas acuáticas. Se presume que esta diferencia puede ser la responsable de la disimilitud en las comunidades del zooplancton y zoobentos a pesar de la homogeneidad ambiental identificada en ambos sistemas.

El mayor rendimiento piscícola se obtuvo en el estanque GL donde se presume que el crecimiento de la carpa común estuvo relacionado con una alimentación basada en fuentes ricas en proteína de origen animal proveniente de los odonatos, oligoquetos, *Acanthocyclops* sp., *Alona* sp. y *Moina* sp. En este sistema se sospecha que el crecimiento de la carpa herbívora se relacionó de forma directa con la alimentación del pez en algas filamentosas del género *Scytonema* sp., que presentan un elevado índice de digestibilidad.

Por la baja disponibilidad y elevada variación de zooplancton y zoobentos en el estanque JC se presume que las carpas no dependieron directamente de ellos para su alimentación por lo que el menor rendimiento obtenido en este sistema se relacionó presumiblemente con el uso de fuentes alternativas de alimento que resultaron ser de menor calidad a las del GL. Para la carpa común esta opción estuvo representada por el detritus que se caracteriza por su bajo aporte proteico y para la carpa herbívora por las macrofitas (e.g. *Juncus imbricatus* y *Ludwigia peploides*), que se caracterizan por su baja digestibilidad.

La aplicación del cultivo de la carpa herbívora y común bajo condiciones semi-intensivas en estanques rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México probó ser una importante opción para promover el aprovechamiento integral de los recursos acuáticos al obtener altos rendimientos con una baja inversión económica.

I N T R O D U C C I Ó N

En los países donde la disponibilidad de agua es un factor limitante para el desarrollo económico de su población rural, la construcción de cuerpos artificiales resulta ser una importante opción que les permite contar con un medio para su almacenaje (Milstein *et al.* 1989). En México esta situación se ha presentado en los últimos 60 años, donde como respuesta a la creciente necesidad en las zonas rurales de disponer de un mayor recurso acuático se ha acelerado considerablemente la construcción de pequeños sistemas, llamados comúnmente estanques rurales. El agua que contienen los sistemas artificiales se destina específicamente a actividades agrícolas (riego) y de ganadería (abrevadero); sin embargo, se puede obtener un mayor beneficio cuando se les emplea con fines de piscicultura rural, porque se logra obtener una fuente de proteína de alta calidad y fácil manejo, que repercute directamente en el mejoramiento de la alimentación de la población campesina (Hernández-Avilés y Peña-Mendoza 1992, Edwards 2000).

Bajo las condiciones más elementales de manejo de los estanques rurales, que corresponden al sistema de cultivo conocido como extensivo, se logran obtener rendimientos que fluctúan entre los 150 y 450 kg ha⁻¹ año⁻¹ que económicamente resultan bajos (Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia 1994). Sin embargo, se considera que la importancia de su implementación se sustenta en la extensa distribución con que se presentan dichos sistemas en la Meseta Central, donde abarcan un área conjunta de 50000 ha, de las que al menos el 78% cuentan con las condiciones ambientales requeridas para el cultivo de diferentes especies zoológicas, principalmente carpas, lo que representa una producción vía acuicultura de más de 10000 toneladas anuales (Arredondo-Figueroa y Flóres-Nava 1992).

Existen diversas estrategias de manipulación que permiten incrementar sustancialmente el rendimiento que se obtiene de los estanques rurales, una de las más utilizadas corresponde al cultivo de más de una especie en el mismo espacio con la condición de que cada especie presente hábitos alimentarios complementarios con lo que se maximiza la utilización del alimento natural (*e.g.* fitoplancton, zooplancton, detritus, macrofitas acuáticas, etc.) y se elimina el efecto nocivo de la competencia interespecífica (Papoutsoglou *et al.* 1992, Tacon *et al.* 1995). Su aplicación se optimiza con el uso del

sistema de cultivo semi-intensivo, que incrementa la producción del alimento natural a través del uso de fertilizantes (Riise y Roos 1997), con lo que se ejerce una menor presión sobre el ambiente y se logra eliminar el costo que genera el uso de alimento balanceado (Allan *et al.* 1995).

Debido a las ventajas que representa la implementación del cultivo semi-intensivo y con el propósito de incrementar la producción piscícola de los estanques existentes en las zonas rurales de nuestro país, se han introducido diversas especies de carpas provenientes principalmente de China. El criterio de selección para su importación fue determinado principalmente por su alta plasticidad ecológica y su elevada resistencia a los agentes patógenos que se presentan bajo condiciones de cultivo (Lorenzen 1996), pero sobre todo por las características particulares en sus hábitos alimentarios, lo que permitió importar paralelamente el modelo de policultivo desarrollado en su país de origen y que cuenta con un avance tecnológico iniciado en el año 907 a. C. (Lin *et al.* 1980). La primera especie de carpa en ser introducida a nuestro país fue la carpa común (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), en el año de 1882 (Cházari 1884); como resultado de su temprana importación esta especie se ha logrado adaptar a las diferentes condiciones climáticas que dominan en nuestro país, hasta llegar a ser considerada dentro del catálogo de peces mexicanos (Álvarez del Villar 1970). Posteriormente se han importado una gran variedad de carpas, entre las que podemos mencionar a la herbívora (*Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes 1844), que fue introducida en 1964 al Centro Piscícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo (Rosas 1976). Ambas especies cuentan actualmente con una alta demanda en el cultivo debido a su alta aceptación en la dieta de la población rural, a su elevada conversión alimentaria, buen crecimiento bajo condiciones semi-intensivas (Sánchez y Navarrete 1987) y por la baja competencia interespecífica que presentan al ser cultivadas en el mismo espacio (Kestemont 1995).

A partir de su introducción a nuestro país, las carpas han logrado ser cultivadas exitosamente bajo una gran variedad de condiciones, entre las que destaca la piscicultura rural que es el sistema más utilizado desde 1981, cuando se implementó su uso (Rodríguez 1996). Dicho sistema fue definido por la entonces Secretaría de Pesca como todas aquellas acciones enfocadas al cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones semi-intensivas en estanques rurales, con el propósito de generar alimento para el autoconsumo de las familias

campesinas (sobre todo de las que registran altos índices de marginalidad) y propiciar en la medida de lo posible, el fortalecimiento de su economía con la comercialización de los excedentes de la producción (Álvarez-Torres 1996, Ramírez 1996).

La importancia del cultivo de las carpas no se restringe a nuestro país, ya que su uso en el ámbito internacional aporta el 70% de la producción mundial generada por la acuicultura (FAO 1993). Entre las especies de mayor importancia en esta producción se encuentran la carpa común y la herbívora que se ubican en el segundo y tercer lugar, respectivamente, de las diez especies de peces de agua dulce más cultivadas en el mundo (Hulata 1995).

Debido a la importancia económica que han logrado obtener las carpas en la piscicultura en condiciones semi-intensivas se han venido realizando diversas investigaciones encaminadas a determinar el modelo de cultivo óptimo para obtener el máximo aprovechamiento de los estanques rurales, aplicando la menor inversión económica. Los estudios se centran en analizar aspectos como la determinación de las especies útiles dependiendo de la calidad del agua y el comportamiento espacio-temporal de las variables ambientales, además de tratar de identificar los parámetros ambientales potenciadores y antagónicos del crecimiento de las especies utilizadas (Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia 1994). No obstante existen pocas investigaciones encaminadas al análisis integral del cultivo incluyendo los aspectos productivos y ecológicos, principalmente de aquellos que influyen en el crecimiento de los peces considerando las modificaciones que su desarrollo puede ejercer en los parámetros ambientales presentes en los estanques. Debido a la carencia de información al respecto, el desarrollo del cultivo de las carpas en condiciones semi-intensivas ha tenido un dramático decremento en su desarrollo (Pesca 1998), porque se considera que resultan especies nocivas para la diversidad biológica (Zambrano *et al.* 2001), aún en sistemas artificiales como los estanques rurales, donde resulta importante demostrar que como resultado de la implementación de las actividades encaminadas a optimizar el manejo semi-intensivo de los sistemas de cultivo se logran minimizar los efectos perjudiciales que se asocian con su presencia e incrementar considerablemente su rendimiento piscícola.

A N T E C E D E N T E S

En varios países del mundo se ha realizado de forma sistemática la determinación de la densidad de siembra ideal para el cultivo de la carpa común y herbívora, lográndose precisar la importancia de establecer el número óptimo de organismos requeridos de cada especie para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos generados en los estanques, sin la presencia de enfermedades asociadas a la sobrepoblación ni el agotamiento de los recursos alimentarios, que disminuyen de forma drástica el rendimiento piscícola (Prinsloo y Schoonbee 1986, Iwata *et al.* 1992, Szumiec 1993, von Lukowicz 1994, Sehgal y Toor 1995, Rivera 1996, Iinuma *et al.* 1999, Sharma *et al.* 1999, Shrestha y Bhujel 1999, Solima *et al.* 2000).

En el Estado de México, Sánchez y Navarrete (1986) lograron establecer la densidad de siembra óptima de la carpa común y herbívora en el cultivo bajo condiciones semi-intensivas para obtener el máximo rendimiento de los estanques, sin el riesgo del desarrollo de enfermedades como la saprolegniasis. Posteriormente, autores como Sánchez y Navarrete (1987), Ávila y Peña (1993), Parra Castillo (1994), Santoyo *et al.* (1997) y Ávila *et al.* (1998) probaron su aplicabilidad en estanques rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez.

En cuanto a la utilidad de la aplicación de fertilizante inorgánico en el crecimiento de las carpas cultivadas en estanques rurales, a escala mundial se cuenta con numerosas investigaciones que involucran principalmente el uso de fertilizantes como el superfosfato, urea, nitrógeno, fósforo y una extensa combinación de éstos; en cada caso, los estudios han demostrado la existencia de una fuerte correlación positiva entre el uso de fertilizante y la producción piscícola, que generalmente es atribuida al incremento en la productividad primaria que se integra a la red trófica de los estanques a través del zooplancton. Se reporta que su efecto en el crecimiento de los peces resulta posible gracias al amplio espectro de los hábitos alimentarios de las carpas que los incluyen en su dieta durante diferentes estadios de su desarrollo (Ángeles 1986, Yusoff y McNabb 1989, Quiroz 1990, Schroeder *et al.* 1990, Milstein *et al.* 1993).

En el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, en los trabajos realizados por Nava (1995), se logró determinar el tipo y frecuencia óptimo de aplicación de la fertilización inorgánica para obtener el mayor rendimiento en la producción de carpas al menor costo y posteriormente su eficiencia fue confirmada por los trabajos realizados por López *et al.* (1996), González *et al.* (1998), Ávila *et al.* (1998) y Canales *et al.* (1998); en la misma zona.

Para conocer el papel de las carpas dentro de la cadena trófica de los estanques rurales como reflejo del aprovechamiento que hacen de las fuentes naturales de alimento, se han realizado una gran variedad de investigaciones que incluyen el análisis del contenido estomacal de los peces, el análisis de la calidad y disponibilidad de los grupos planctónicos, bentónicos y de las macrofitas acuáticas y su relación con el crecimiento de los peces; aplicando una gran variedad de técnicas estadísticas de análisis. Una de ellas es el análisis de componentes principales y el índice de correlación de Pearson, con los que se ha logrado establecer la existencia de una importante relación entre grupos zoológicos específicos y el crecimiento de las carpas que los incluyen en su alimentación dependiendo de su disponibilidad en los sistemas de cultivo (Rosas 1976, Cordero y Gil 1986, Arrieta 1988, Chapman y Fernando 1994, Navarrete 1995, Giske *et al.* 1998, Lara 1998, López 1998, Billard 1999, Contreras *et al.* 1999).

Otro de los aspectos considerados en el análisis del cultivo semi-intensivo de las carpas es el efecto de los parámetros ambientales en el crecimiento de los peces (Szumiec y Maliczak 1995). A este respecto se cuenta con trabajos en donde se realizó un análisis integral de la relación entre los diferentes factores y el crecimiento de las carpas (Zweig 1989, Zhu *et al.* 1990, Loera y Galindo 1994, Sugunan 2000).

Buttner *et al.* (2001) logró establecer que la importancia de los parámetros ambientales no se restringe a su efecto en el crecimiento de los peces, pues además logran determinar su sobrevivencia en el cultivo, por lo que el análisis e interpretación de su

comportamiento resulta ser fundamental para la piscicultura en estanques rurales donde el manejo que reciben los sistemas es escaso.

Debido al creciente interés por determinar el efecto de la introducción de las carpas en sistemas naturales, se ha logrado establecer que la presencia de estos peces puede llegar a modificar negativamente algunas de las condiciones ambientales en los sistemas acuáticos someros (Ackefors y Enell 1994, Kestemont 1995).

Autores como Breukelaar *et al.* (1994), Cline *et al.* (1994), Ivey (1998), Loughheed *et al.* (1998), Lammens (1999), Zambrano e Hinojosa (1999) y Zambrano *et al.* (1999) reportan que como resultado de los hábitos alimentarios de la carpa común se puede generar un incremento sustancial en el proceso de resuspensión de los sedimentos y nutrimentos que se encuentran acumulados en el fondo de los sistemas, logrando ejercer una presión en el sistema capaz de producir un cambio en el equilibrio ambiental y pasar del estado “claro” dominado por macrofitas acuáticas a uno “turbio” que se encuentra sujeto a la influencia de los organismos del fitoplancton, con el consiguiente cambio en la estructura biótica ocasionado por la pérdida en la diversidad del ecosistema (Scheffer *et al.* 1993).

Estudios realizados por Leslie y Kobylinski (1985) sobre el efecto de la presencia de la carpa herbívora en sistemas naturales han demostrado que esta especie es capaz de reducir significativamente la densidad de las macrofitas acuáticas debido a su elevada voracidad, ya que logra consumir más del 100% de su peso corporal al día. Otra de las modificaciones asociadas a su presencia fue identificada por Zhu *et al.* (1990), Leslie *et al.* (1993) y Morales-Román y Rodiles-Hernández (2000) quienes establecieron que como una consecuencia de la baja digestibilidad de las macrofitas, las heces de esta especie resultan una vía de gran impacto en el proceso de eutrofización en los sistemas someros por su elevada velocidad de acumulación en el fondo.

H I P Ó T E S I S

Con base en los antecedentes se establecieron las siguientes hipótesis:

- Se presume que existe una dependencia directa del crecimiento de las carpas con los parámetros físicos y químicos evaluados; además de una relación inversa entre la densidad de los grupos zoológicos y el crecimiento de las carpas como resultado de la depredación.
- Se espera encontrar una minimización de los efectos negativos en las condiciones ambientales asociados con la presencia de las carpas como resultado del manejo semi-intensivo en los estanques de cultivo.

O B J E T I V O S

Objetivo General

Evaluar el crecimiento de *Ctenopharyngodon idella* (Val.) y *Cyprinus carpio* (L.) bajo condiciones semi-intensivas, considerando los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados a lo largo del tiempo, en dos estanques rurales del Estado de México.

Objetivos Particulares

Para cumplir con este objetivo se plantearon las siguientes metas:

- I. Evaluar el comportamiento de los factores limnológicos más importantes para la piscicultura en los estanques durante el periodo de cultivo.
- II. Realizar una descripción limnológica de los estanques de acuerdo con su dinámica ambiental.
- III. Establecer los factores abióticos responsables de la dinámica general de los estanques de cultivo.
- IV. Determinar el volumen, composición genérica, densidad absoluta y relativa de los organismos zooplanctónicos y zoobentónicos.
- V. Evaluar el crecimiento absoluto y relativo en peso de la carpa común y herbívora obtenido durante el ciclo de cultivo y comparar su rendimiento piscícola.
- VI. Realizar una aproximación general a las posibles relaciones ecológicas existentes entre los parámetros abióticos y la cantidad de alimento natural en el crecimiento de las carpas.

2 . Á R E A D E E S T U D I O

Localización

El presente trabajo se desarrolló en dos estanques rurales permanentes, localizados en la región Noroeste del Estado de México, en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez (Fig. 1). A cada estanque se le asignó una etiqueta para ser identificado durante el estudio utilizando las iniciales de sus respectivos propietarios, dando como resultado los nombres de estanque JC y estanque GL, para cada sistema

Con el uso de un geoposicionador satelital (GPS PROMARX XCM®), se determinó la altitud y la ubicación geográfica de ambos sistemas acuáticos. De acuerdo con este método, el estanque JC está ubicado a una altitud promedio de 2444 m.s.n.m., entre las coordenadas geográficas de 20°04'23.8'' y 20°04'25.2'' de latitud Norte y 99°31'49.8'' y 99°31'51.8'' de longitud Oeste; cuenta con una superficie de 3000 m² y un volumen promedio de 6600 m³.

El estanque GL está localizado a una altitud promedio de 2445 m.s.n.m., entre las coordenadas geográficas de 20°04'21.1'' y 20°04'23.3'' de latitud Norte y 99°31'38.1'' y 99°31'49.5'' de longitud Oeste; cuenta con una superficie de 2000 m² y un volumen promedio de 3380 m³.

Orografía e Hidrografía

Los estanques se ubican morfológicamente en el Eje Neovolcánico y pertenecen a la Subcuenca del Alto Pánuco, donde se localizan en un valle rodeado por lomas de una elevación moderada (GEM 1993).

La región cuenta con un sistema hidrológico de gran extensión, que incluye importantes cuerpos artificiales de agua como el embalse La Goleta, que suministra de forma artificial agua a los estanques JC y GL, a través de canales de concreto (Comisión Nacional del Agua 1993). El aporte de agua a los estanques se realizó con la finalidad de recuperar el agua utilizada en las actividades agrícolas y la perdida por evaporación. El aporte se hizo de forma diferente en cada estanque dependiendo de la disponibilidad del recurso con la que contó el propietario de cada sistema. En el estanque JC se mantuvo un

aporte mensual casi constante, mientras que en el GL el llenado se realizó de forma esporádica a lo largo del periodo de cultivo (Navarrete *com pers.*)

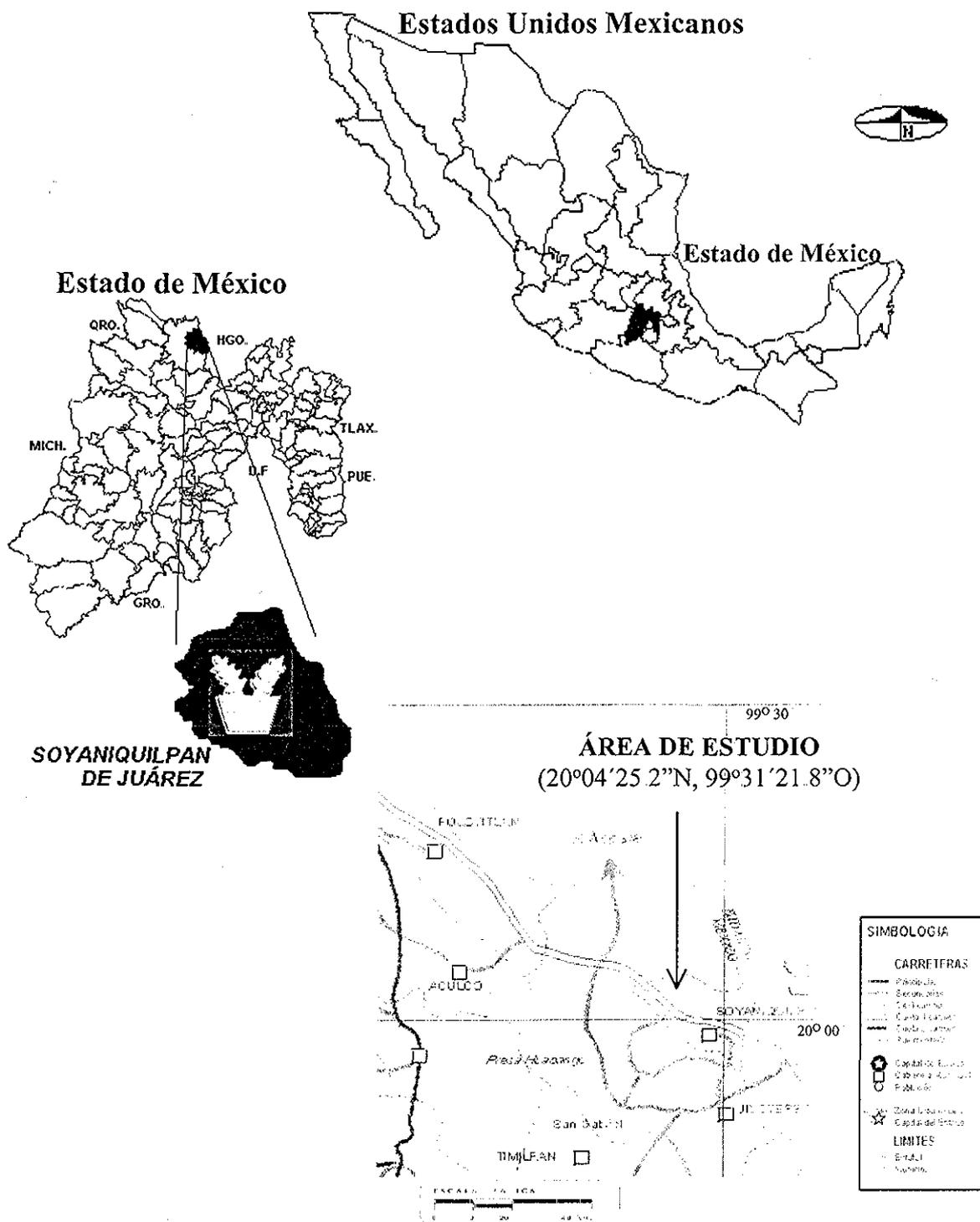


Figura. 1. Ubicación geográfica de los estanques JC y GL en el Municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, México.

Clima

El clima de la región según Köppen, modificado por García (1988), es de tipo C(W₂)w que corresponde a un clima templado sub-húmedo, siendo el más húmedo de los sub-húmedos, con una temperatura media anual de 18 °C. La precipitación pluvial media anual es de aproximadamente 700 mm. La temporada de lluvias inicia en el mes de junio y termina en octubre y la de heladas inicia en octubre y termina en marzo.

Edafología

El suelo donde se encuentran ubicados los estanques de cultivo es de tipo vertisol pélico de textura mediana, que resulta poco adecuado para la agricultura de temporal, pero es considerado como “muy apto” para la agricultura de riego (Miranda 1992).

Uso de Suelo

El uso que se le da al suelo de la región se concentra en dos actividades: la agricultura y la ganadería. El principal cultivo agrícola es el maíz, seguido por las hortalizas y la avena. En cuanto a la ganadería es común la cría de bovinos, porcinos y avícola; donde la producción de aves de corral ocupa un lugar preponderante dentro de las actividades económicas de la población (INEGI 2000).

Vegetación

La vegetación que rodea a los estanques de cultivo es de tipo pastizal inducido y cultivado. El estanque GL cuenta con una vegetación escasa mientras que en el JC esta es elevada debido a la introducción artificial por parte de su propietario e incluye especies arborescentes (e.g. *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*), arbustivas (e.g. *Buddleia parviflora*, *Senecio salignus*), macrofitas acuáticas emergentes (e.g. *Juncus imbricatus*, *Cyperus* sp.) y libreflotadoras (e.g. *Polygonum amphibium*, *Ludwigia peploides*) (López 1998).

3 . M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

El estudio se realizó con las muestras y los datos que se colectaron mensualmente de mayo de 1996 a mayo de 1997. En cada estanque se establecieron dos sitios de muestreo en puntos opuestos de cada sistema, de acuerdo con el método desarrollado por Navarrete-Salgado y Elías-Fernández (1993), para los estanques de la región. En cada uno de los sitios se realizaron muestreos a una profundidad de 10 cm en la columna de agua (Margalef 1983) de los parámetros limnológicos considerados como los más relevantes para la acuicultura por Navarrete y Sánchez (1989); siguiendo las técnicas convencionales propuestas por APHA *et al.* (1995).

El tratamiento previo que recibieron ambos estanques consistió en la aplicación del fertilizante inorgánico Superfosfato Triple 17 Enriquecido, a razón de 8 kg ha⁻¹, un mes antes de la introducción de los peces. Posteriormente, la fertilización se realizó con una periodicidad bimestral (Nava 1995). La aplicación del fertilizante se efectuó siguiendo el método propuesto por Arredondo (1993).

Parámetros Físicos

La temperatura del agua se registró con un termómetro digital de campo marca Elite, con una escala mínima de medición de 0.1 °C. La profundidad promedio se obtuvo mediante el empleo de una sondaleza, con una precisión de 0.01 m. La profundidad de visibilidad del disco de Secchi se evaluó utilizando el modelo limnológico sin graduación, siguiendo el método propuesto por Carlson y Simpson (1996) con una precisión de 0.01 m.

Parámetros Químicos

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua se determinó por el método de Winkler, modificación azida de sodio. La alcalinidad y la dureza totales se obtuvieron en muestras de agua mediante la titulación con ácido sulfúrico 0.02 N y EDTA 0.1 M, respectivamente. El pH se midió con un potenciómetro de campo marca Cole Parmer modelo 05830-00, con una precisión de 0.1 unidades y la conductividad específica (25 °C) con un conductímetro de campo marca Sprite modelo 6000, con una precisión de 0.1 µmhos cm⁻¹.

Parámetros Biológicos

a) Zooplancton

Para la colecta del zooplancton, en cada estanque se procedió a concentrar una muestra de 100 l de agua obtenida en puntos equidistantes de cada sistema con ayuda de una botella van Dorn de 10 l de capacidad (Takamura *et al.* 1995). Para la captura de los organismos mayores del microzooplancton (rotíferos) y del mesozooplancton, integrado principalmente por copépodos y cladóceros (Suárez-Morales *et al.* 1993, APHA *et al.* 1995), se utilizó una red cónica de 125 μm de apertura de malla (SARH 1982). Las muestras se fijaron con formalina hasta el 4% (Gaviño *et al.* 1978).

La identificación genérica del zooplancton se realizó con el empleo de las claves propuestas por Korovchinsky (1992) y Dussart y Defaye (1995). El conteo de los organismos, se realizó a partir de un volumen inicialmente concentrado a 250 ml, de donde se tomaron dos submuestras de 25 ml, con una jeringa tipo pipeta Hensen-Stampel, con una precisión de 0.01 ml. Las submuestras se colocaron en frascos viales con alcohol al 70%, para su preservación. El conteo se realizó utilizando la totalidad de las submuestras con la técnica de Open-Tray por conteo directo sobre un retículo tipo Whipple (Edmonson 1971, SARH *op. cit.*)

b) Zoobentos

Se realizó un muestreo diferencial del zoobentos considerando por separado a los organismos de la epifauna y a los de la infauna, esto con la finalidad de obtener un análisis adecuado de los diferentes grupos (Elías 1994). Las muestras de la epifauna se tomaron con una red de cuchara de marco rectangular de 0.5x0.3 m, barriendo una superficie total del fondo de 0.5 m² a una profundidad de 5 cm en el sedimento. Para la evaluación de la infauna se utilizó una draga Petersen con un área de mordida de 235.2 cm² a una profundidad de 7.6 cm en el sedimento. En ambos casos la toma de las muestras se realizó siguiendo los métodos propuestos por Escobar *et al.* (1987). Con el uso de los dos métodos de muestreo se logró incluir el límite máximo de profundidad donde se localiza hasta el 98% de los macroinvertebrados bentónicos (Riera *et al.* 1991, Elías y Navarrete 1997).

Las muestras de zoobentos obtenidas por ambas técnicas fueron tamizadas a través de una malla de 0.5 mm de apertura, para garantizar la retención de los organismos de la

macrofauna bentónica presentes en los estanques y fijadas con formalina hasta el 10% (APHA *et al.* 1995, Francis y Kane 1995). Para la separación genérica de los organismos del zoobentos se utilizaron las claves propuestas por Hungerford (1977), McCafferty (1981), Stimpson *et al.* (1982), Pinder (1983), Polhemus (1984) y Pennak (1989); dependiendo del grupo analizado. Para determinar la densidad de los diferentes taxa del zoobentos primero se procedió a realizar la separación de los grandes grupos, utilizando la totalidad de la muestra colectada. Los organismos obtenidos fueron puestos en frascos viales con alcohol al 70%, para su posterior identificación.

La separación y el conteo de los organismos del zooplancton y del zoobentos se realizó con ayuda de un microscopio óptico marca Zeiss modelo 475002 y cuando la disección de los especímenes fue necesaria para su identificación se utilizó un microscopio estereoscópico de la misma marca, modelo 473011-99C. Con los resultados obtenidos se calculó la densidad absoluta y relativa de los organismos identificados utilizando la fórmula propuesta por Palomino *et al.* (1984). Para evaluar el volumen de ambos grupos, se utilizó el método de desplazamiento de volumen propuesto por Fugetti y Fisher (1964), con una precisión en las mediciones de 0.01 ml l^{-1} y 0.01 ml m^{-2} , respectivamente.

c) Cultivo

Para analizar el crecimiento de las carpas en los estanques JC y GL, el 17 de mayo de 1996 fueron sembrados individuos de la especie *Ctenopharyngodon idella* ($8.7 \pm 0.3 \text{ g}$, $6.7 \pm 0.5 \text{ cm}$) y *Cyprinus carpio* ($65.9 \pm 0.9 \text{ g}$, $12.0 \pm 0.6 \text{ cm}$), provenientes del Centro Piscícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo a razón de 2000 y 5000 ind ha^{-1} , respectivamente. Ambas especies fueron cultivadas en coexistencia con *Oreochromis aureus* (1000 ind ha^{-1}) de acuerdo con las densidades sugeridas por Navarrete y Sánchez (1989).

Las carpas fueron extraídas mensualmente con un chinchorro charalero de 30 m de longitud, 1.5 m de altura y con una apertura de malla de 8.0 mm. Para establecer el tamaño de muestra de cada estanque se aplicó la fórmula propuesta por Yamane (1979), con la que se garantizó una precisión del 14% en las mediciones, con un 95% en el intervalo de confianza.



$$n = N / (1 + Ne^2)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño poblacional

e: Error estándar, con un coeficiente de confianza del 95%

Los peces fueron pesados mensualmente de manera individual con una balanza digital marca Acculab modelo 333, con una precisión de 0.01 g y posteriormente reintroducidos. Con los registros mensuales se determinaron los crecimientos absoluto y relativo en peso, basados en las fórmulas propuestas por Phelps (1981). Se seleccionaron estos índices por estar considerados entre los que mejor describen el crecimiento de los peces (Ricker 1979, Liang *et al.* 1999)

$$CAP = (Pf - Pi) / NDC$$

$$CRP = [(Pf - Pi) / Pi] * 100$$

Donde:

CAP: Crecimiento Absoluto en Peso

CRP: Crecimiento Relativo en Peso

Pf: Peso final

Pi: Peso inicial

NDC: Número de Días de Cultivo

Además, se calculó el rendimiento piscícola expresado como la biomasa ganada por unidad de superficie y tiempo ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Orbe *et al.* 1999) y la mortalidad de acuerdo con la fórmula propuesta por Rabinovich (1982) que se basa en el porcentaje de organismos perdidos al concluir el periodo de cultivo considerando el tamaño poblacional inicial y final.

Análisis Estadístico

Para analizar el comportamiento de los parámetros ambientales de cada estanque durante el periodo de cultivo a los resultados obtenidos se les aplicó el análisis estadístico básico, que incluyó la obtención de los valores extremos, la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación (Prepas 1984, Zar 1984).

Los datos obtenidos se transformaron logarítmicamente ($\log_{10} [x+1]$) utilizando la fórmula propuesta por Kunz (1988), para evitar que la diferencia de escalas de los parámetros evaluados sesgara los resultados de los análisis estadísticos que se efectuaron. A los datos del pH se les aplicó previamente el antilogaritmo por ser un parámetro expresado en escala logarítmica.

Con el programa estadístico STATISTICA[®], versión 5.1 (1998), se realizó un análisis de agrupamiento por unión simple utilizando el coeficiente de disimilitud ambiental ($1-r$ de Pearson), para analizar la dinámica temporal de los sistemas. Para identificar la relación lineal existente entre el crecimiento absoluto en peso de cada especie de carpa cultivada y los parámetros evaluados en los estanques, se utilizó el mismo programa estadístico para realizar un análisis de correlación de Pearson y a los coeficientes obtenidos se les aplicó una prueba de significancia de correlación (Kennedy y Neville 1982, Crisi y López 1983).

Se empleó el modelo estadístico multivariado de análisis de componentes principales, con el fin de reducir el número de factores con los que se explica la variación máxima en los estanques, es decir, identificar los factores que tienen la mayor incidencia en la dinámica ambiental de los sistemas de cultivo, además de hacer una comparación de las condiciones ambientales que dominaron en ambos estanques (Felicísimo y Álvarez 1982, Demey *et al.* 1994, de la Lanza 1998, van Ooyen 2001).

4 . R E S U L T A D O S

Parámetros Físicos

Temperatura del agua. Este parámetro presentó en el estanque JC (Fig. 2), un valor promedio de 18.7 °C y de 18.8 °C en el GL (Fig. 3), durante el mes de septiembre se presentaron valores máximos de 23.8 °C y de 23.0 °C, respectivamente. Los valores mínimos se presentaron durante enero y fueron de 10.4 °C en el JC y 9.4 °C, en el GL. El coeficiente de variación (CV) fue del 21% y del 20%, respectivamente (Tabla 1).

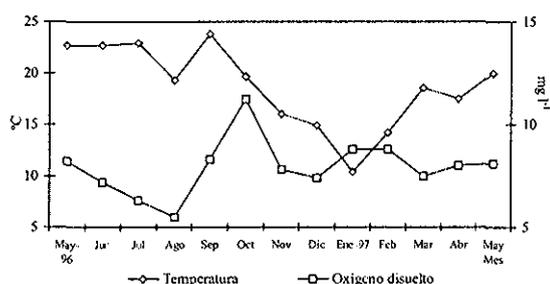


Figura 2 Variación mensual de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto en el estanque JC.

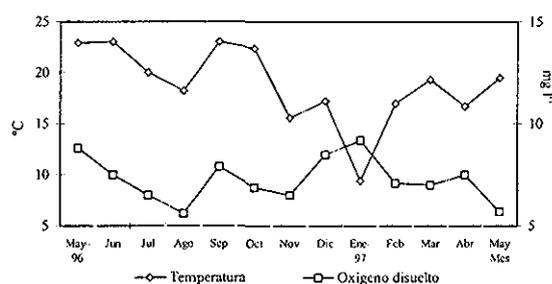


Figura 3 Variación mensual de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto en el estanque GL.

Tabla 1 Valor promedio, máximo, mínimo, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) de los parámetros limnológicos evaluados de mayo de 1996 a mayo de 1997, en los estanques JC y GL.

Parámetro	Valor promedio		Valor máximo		Valor mínimo		DE		CV (%)	
	JC	GL	JC	GL	JC	GL	JC	GL	JC	GL
Temperatura del agua (°C)	18.7	18.8	23.8	23.0	10.4	9.4	3.99	3.83	21	20
Profundidad promedio (m)	2.20	1.69	2.42	1.94	1.99	1.38	0.15	0.16	24	32
Profundidad de visibilidad del disco de Secchi (m)	0.16	0.14	0.25	0.36	0.08	0.06	0.05	0.07	31	54
Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	7.9	7.3	11.2	9.2	5.5	5.6	1.35	1.11	17	15
Alcalinidad (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	46.8	43.4	50.5	56.5	42.0	35.0	2.50	4.89	5	11
Dureza (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	83.1	82.8	99.0	103.4	64.9	61.6	13.56	12.70	16	15
pH	7.7	7.6	8.3	8.2	7.1	7.0	0.39	0.35	5	5
Conductividad (µmhos cm ⁻¹)	154.0	146.1	187.6	200.0	128.0	113.5	15.36	18.89	10	13
Volumen de Zooplancton (ml l ⁻¹)	0.0288	0.0358	0.0610	0.0870	0.0015	0.0100	0.16	0.21	56	59
Densidad absoluta de zooplancton (ind l ⁻¹)	383.25	246.63	1274.5	656.1	41.5	35.75	389.75	205.74	101	79
Volumen de Zoobentos (ml m ⁻²)	3.89	4.58	14.21	10.59	0.15	0.47	4.54	3.58	117	78
Densidad absoluta de zoobentos (ind m ⁻²)	571.15	427.92	2090.00	1381.00	27.00	21.00	540.28	344.94	95	81

Profundidad promedio. En el estanque JC (Fig. 4), el valor promedio de profundidad fue de 2.20 m, manteniéndose superior a 1.99 m, valor mínimo que se presentó durante el mes de abril y el máximo durante el mes de junio, con un valor de 2.42 m. En el GL (Fig. 5), la profundidad promedio fue de 1.69 m, se mantuvo un valor superior a 1.38 m, valor mínimo que se presentó en febrero y el máximo se presentó en el mes de octubre con un valor de 1.94 m. El valor del CV fue del 24% en el estanque JC y del 32% en el GL (Tabla 1).

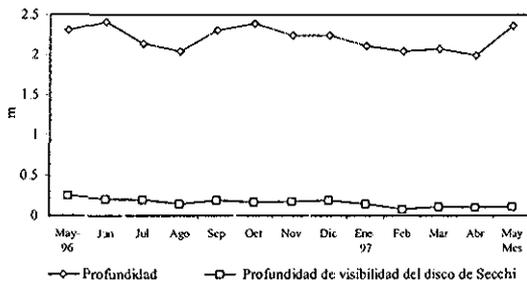


Figura 4 Variación mensual de la profundidad y la profundidad de visibilidad del disco de Secchi en el estanque JC

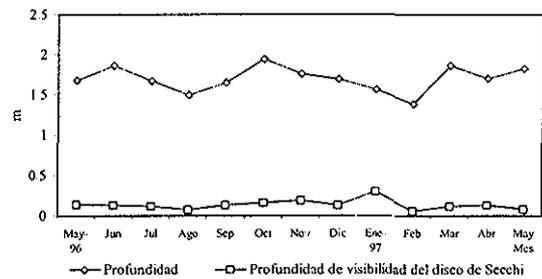


Figura 5 Variación mensual de la profundidad y la profundidad de visibilidad del disco de Secchi en el estanque GL

Profundidad de visibilidad del disco de Secchi. En el estanque JC (Fig. 4), el valor promedio de visibilidad fue de 0.16 m y el máximo de 0.25 m, que se presentó durante el mes de mayo de 1996. En el GL (Fig. 5), el valor promedio fue de 0.14 m y el máximo se presentó durante el mes de enero, con un valor de 0.36 m. El mínimo de visibilidad se presentó en el mes de febrero, con un valor de 0.08 m en el JC y de 0.06 m en el GL. El CV presentó valores del 31% y del 54%, respectivamente (Tabla 1).

Parámetros Químicos

Oxígeno disuelto. En el estanque JC (Fig. 2), el valor promedio de este parámetro fue de 7.9 mg l⁻¹, manteniéndose un valor superior a 5.5 mg l⁻¹, mínimo registrado durante el mes de agosto; e inferior a 11.2 mg l⁻¹, valor máximo presentado durante el mes de octubre. En el estanque GL el valor promedio fue de 7.3 mg l⁻¹, el mínimo de 5.6 mg l⁻¹ que se registró durante agosto y el máximo se presentó durante enero con un valor de 9.2 mg l⁻¹ (Fig. 3). El CV fue del 17% en el estanque JC y del 15% en el GL (Tabla 1). Considerando las condiciones ambientales de ambos sistemas se determinó que el oxígeno disuelto mantuvo una sobresaturación en el agua durante todo el periodo de cultivo.

Alcalinidad total. En el estanque JC el promedio de este factor fue $46.8 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ el máximo se presentó en el mes de mayo de 1996 con un valor de $50.5 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ y el mínimo de $42.0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, durante el mes de enero (Fig. 6). El valor promedio en el estanque GL (Fig. 7), fue de $43.4 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, el máximo se presentó en el mes de mayo de 1997 ($56.5 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) y el mínimo en febrero ($35.0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$). El CV fue del 5% en el estanque JC y del 11% en el GL (Tabla 1).

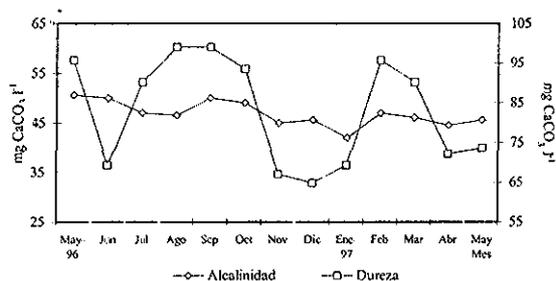


Figura 6 Variación mensual de la alcalinidad y la dureza en el estanque JC

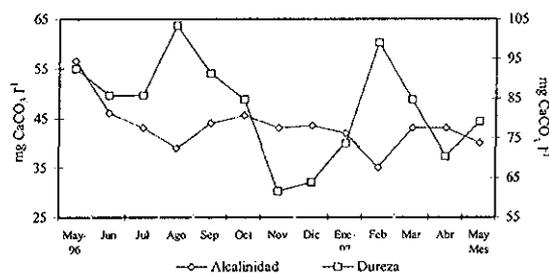


Figura 7 Variación mensual de la alcalinidad y la dureza en el estanque GL

Dureza total. Este parámetro presentó un valor promedio de $83.1 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ en el estanque JC (Fig. 6) y de $82.8 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ en el GL (Fig. 7). El pico máximo se presentó en agosto con un valor de $99.0 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ y de $103.4 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, respectivamente. El mínimo se presentó en noviembre en el GL y en diciembre en el JC con valores de $61.6 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ y $64.9 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, respectivamente. El CV fue del 16% en el JC y del 15% en el GL (Tabla 1).

pH. En el estanque JC (Fig. 8), el pH mantuvo un valor promedio de 7.7 unidades y de 7.6 en el GL (Fig. 9). En el mes de junio se presentó el máximo con un valor de 8.3 en el JC y 8.2 en el GL y en diciembre el mínimo de 7.1 y 7.0 unidades, respectivamente. El CV fue del 5% en ambos sistemas (Tabla 1).

Conductividad específica (25°C). Este parámetro presentó un valor promedio de $154.0 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ en el estanque JC (Fig. 8) y de $146.1 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ en el GL (Fig. 9). El máximo se presentó en el mes de febrero con valores de $187.6 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ y $200.0 \mu\text{mhos cm}^{-1}$, respectivamente. El mínimo se presentó durante el mes de octubre con valores de 128.0

$\mu\text{mhos cm}^{-1}$ en el JC y de $113.5 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ en el GL. El CV fue del 10% y del 13%, respectivamente (Tabla 1).

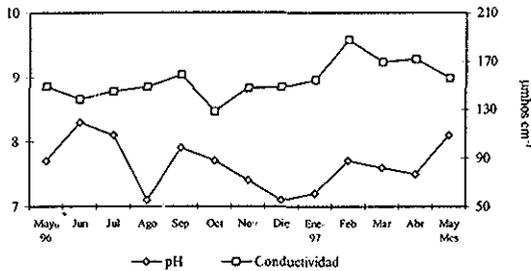


Figura 8 Variación mensual del pH y la conductividad en el estanque JC.

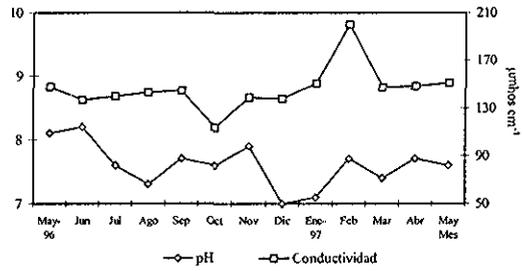


Figura 9 Variación mensual del pH y la conductividad en el estanque GL.

Dinámica Ambiental

El dendrograma de disimilitud ambiental mostró la formación de tres grupos en el estanque JC (Fig. 10) y en el GL (Fig. 11), a un nivel de corte del 40% y del 80%, respectivamente. El grupo A correspondió a un grupo unitario formado por el mes de noviembre en el JC y por diciembre en el GL, en ambos casos se presentó una disimilitud total (100%) con el resto de los meses. El grupo B integró a los meses de diciembre a abril, que presentaron una disimilitud interna del 16%, en el estanque JC y a los meses de enero a mayo de 1997, con una disimilitud interna del 78%, en el GL. El grupo C integró a los meses de mayo de 1996 a octubre y el mes de mayo de 1997 con una disimilitud interna del 34% en el JC y a los meses de mayo de 1996 a noviembre con una disimilitud del 76%, en el GL.

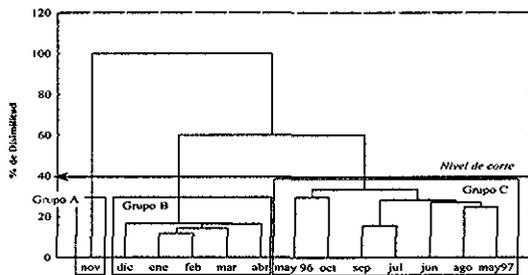


Figura 10 Dendrograma de disimilitud ambiental del estanque JC

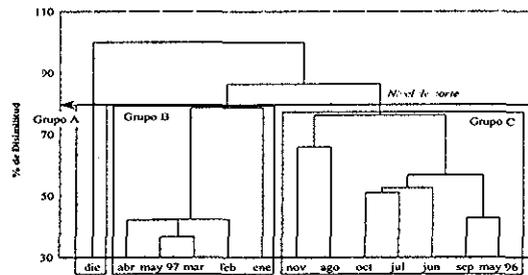
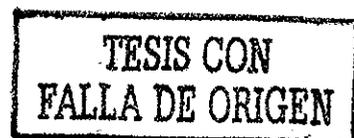


Figura 11 Dendrograma de disimilitud ambiental del estanque GL

Simplificación Ambiental

Siguiendo los criterios propuestos por Pla (1986) y Demey *et al.* (1994), para la selección del número mínimo de factores del análisis de componentes principales, se decidió retener los dos primeros, que explican el 88.49% de la variación total de los parámetros (Tabla 2);



con lo que se logró reducir a dos el número de factores o componentes responsables de la dinámica ambiental. Para la extracción de los componentes se aplicó el método de rotación varimax raw, por su aplicabilidad en las interpretaciones biológicas (Cervantes *com. pers.*). El componente I tuvo la mayor carga (>0.8) para el factor de conductividad y el II para el de la dureza (Tabla 3, Fig. 12).

Tabla 2. Análisis de componentes principales aplicado a los parámetros abióticos de los estanques de cultivo.

Componente	Valores propios	% de varianza explicada	% de varianza acumulada
I	10.02	62.66	62.66
II	4.13	25.83	88.49
III	0.75	4.72	93.21
IV	0.38	2.38	95.59
V	0.31	1.97	97.56
VI	0.19	1.2	98.76
VII	0.14	0.79	99.55
VIII	0.05	0.27	99.82
IX	0.03	0.18	100
X	0	0	100
XI	0	0	100
XII	0	0	100
XIII	0	0	100
XIV	0	0	100
XV	0	0	100
XVI	0	0	100
Criterio de selección	>1	> a la media aritmética	>80%
Referencia	(Demey <i>et al.</i> 1994)		(Pla 1986)

Tabla 3. Extracción de los componentes principales por el método varimax raw (>0.8)

	Variable	Componente I	Componente II
Estanque JC	Profundidad promedio	0.3541	-0.0761
	Profundidad de visibilidad del disco de Secchi	0.5415	0.0681
	Temperatura	0.2567	0.2998
	pH	-0.0478	0.1220
	Conductividad	-0.8893	0.0052
	Oxígeno disuelto	0.0186	-0.0247
	Dureza	-0.0460	0.9141
	Alcalinidad	0.1495	0.4888
Estanque GL	Profundidad promedio	0.3517	-0.0764
	Profundidad de visibilidad del disco de Secchi	0.5610	-0.4076
	Temperatura	0.1582	0.2995
	pH	-0.0225	0.0795
	Conductividad	-0.9399	0.1453
	Oxígeno disuelto	-0.0592	-0.1268
	Dureza	-0.1601	0.9311
	Alcalinidad	0.4557	-0.0136

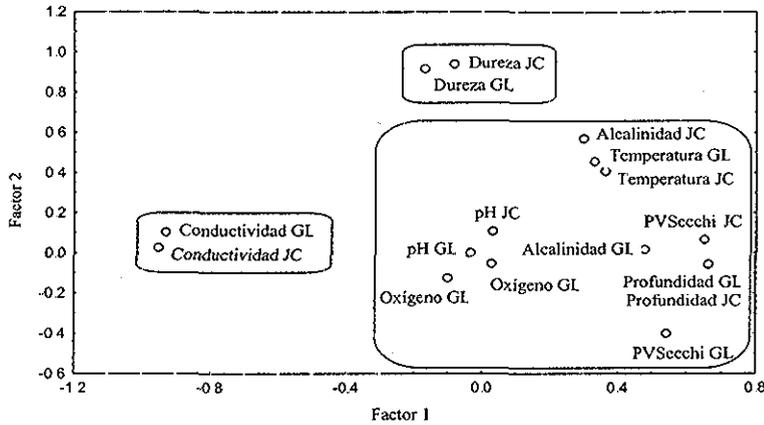


Figura 12. Representación gráfica del análisis de componentes principales considerando los parámetros abióticos de los estanques JC y GL.

Parámetros Biológicos

Debido a la típica distribución en parches de los organismos del plancton y del bentos, la desviación estándar de las muestras fue a menudo mayor o igual a la media aritmética, por tal motivo y para facilitar el análisis del comportamiento de estos parámetros fue omitida tanto de las gráficas como de las tablas (de Stasio 1990).

Volumen de zooplancton. Este factor presentó en ambos estanques un pico máximo durante el mes de enero, con valor de 0.0610 ml l^{-1} en el estanque JC (Fig. 13) y 0.0870 ml l^{-1} en el GL (Fig. 14). La máxima depleción se presentó en el mes de agosto con un valor de 0.0015 ml l^{-1} en el JC y en mayo de 1997 con un valor de 0.0100 ml l^{-1} en el GL. El valor promedio durante el ciclo de cultivo fue de 0.0288 ml l^{-1} y 0.0358 ml l^{-1} , respectivamente. El CV fue del 56% y de 59%, respectivamente (Tabla 1).

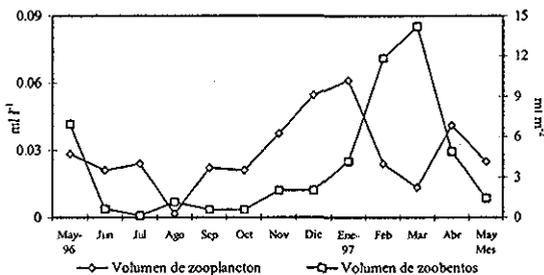


Figura 13. Variación mensual del volumen de zooplancton y zoobentos en el estanque JC

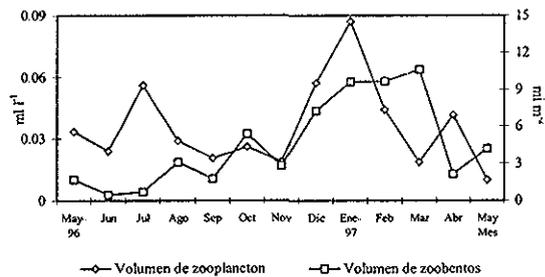


Figura 14. Variación mensual del volumen de zooplancton y zoobentos en el estanque GL

Composición taxonómica del zooplancton y del zoobentos. De acuerdo con el análisis taxonómico de las muestras de zooplancton (Tabla 4), en los estanques de cultivo se presentaron un total de 15 géneros de los cuales seis pertenecen a los rotíferos, tres a los copépodos y seis a los cladóceros. El análisis de las muestras de zoobentos identificó 28 géneros, cuatro familias y un orden (Tabla 5).

Tabla 4. Arreglo taxonómico de los géneros del zooplancton identificados en los estanques JC y GL.

- Filo Rotifera
 - Clase Monogononta
 - Orden Flosculariacea
 - Familia Filiniidae
 - Género *Filinia* sp.
 - Orden Plomia
 - Familia Synchaetidae
 - Género *Polyarthra* sp.
 - Familia Asplanchnidae
 - Género *Asplanchna* sp.
 - Familia Brachionidae
 - Género *Brachionus* sp.
 - Euchlanis* sp.
 - Keratella* sp.
- Filo Arthropoda
 - Subfilo Crustacea
 - Clase Copepoda
 - Orden Calanoida
 - Familia Diaptomidae
 - Género *Leptodiaptomus* sp
 - Mastigodiaptomus* sp
 - Orden Cyclopoida
 - Familia Cyclopidae
 - Género *Acanthocyclops* sp.
 - Clase Branchiopoda
 - Orden Cladocera
 - Familia Chydoridae
 - Género *Alona* sp.
 - Familia Bosminidae
 - Género *Bosmina* sp.
 - Familia Daphniidae
 - Género *Ceriodaphnia* sp (Solo se presentó en el estanque GL)
 - Daphnia* sp.
 - Familia Sididae
 - Género *Diaphanosoma* sp
 - Familia Moinidae
 - Género *Moina* sp.

Tabla 5 Arreglo taxonómico de los grupos del zoobentos identificados en los estanques JC y GL.

Filo Arthropoda	
Clase Insecta	
Orden Diptera	
Familia Chaoboridae	
Género <i>Chaoborus</i>	sp. (Solo en el estanque JC)
Familia Chironomidae	
Género <i>Chironomus</i>	sp
<i>Cladopelma</i>	sp
<i>Cryptochironomus</i>	sp
<i>Cricotopus</i>	sp. (Solo en el estanque JC)
<i>Dicrotendipes</i>	sp
<i>Endochironomus</i>	sp.
<i>Einfeldia</i>	sp
<i>Glyptotendipes</i>	sp
<i>Lenziella</i>	sp.
<i>Macropelopia</i>	sp.
<i>Micropsectra</i>	sp
<i>Mycrochironomus</i>	sp. (Solo en el estanque JC)
<i>Parachironomus</i>	sp (Solo en el estanque GL)
<i>Paratanytarsus</i>	sp
<i>Phaenopsectra</i>	sp
<i>Polypedilum</i>	sp (Solo en el estanque JC)
<i>Procladius</i>	sp
<i>Rheocrycotopus</i>	sp. (Solo en el estanque GL)
<i>Rheotanytarsus</i>	sp.
Orden Coleoptera	
Familia Dytiscidae	
Género <i>Dytiscus</i>	sp
Orden Hemiptera	
Familia Corixidae	
Género <i>Corixella</i>	sp.
<i>Graptocorixa</i>	sp.
<i>Krizousacorixa</i>	sp (Solo en el estanque GL)
<i>Trichocorixella</i>	sp.
Familia Notonectidae	
Género <i>Buenoa</i>	sp
<i>Notonecta</i>	sp (Solo en el estanque GL)
Familia Guerridae	
Orden Ephemeroptera	
Familia Baetidae	
Odonata	
Clase Malacostraca	
Orden Decapoda	
Familia Astacidae	
Género <i>Cambarellus</i>	sp
Clase Arachnida	
Orden Acarina	
Filo Annelida	
Clase Oligochaeta	
Orden Tubificida	
Familia Naididae	

Densidad absoluta y relativa del zooplancton. En el estanque JC el valor promedio de la densidad absoluta de los organismos del zooplancton fue de 383.25 ind l⁻¹, el pico máximo se presentó durante el mes de junio (1274.50 ind l⁻¹), seguida de una drástica disminución hasta llegar al mínimo durante el mes de octubre, con un valor de 41.50 ind l⁻¹ (Fig. 15). En

el GL el valor promedio de la densidad absoluta del zooplancton fue de 246.63 ind l⁻¹, con un pico máximo de 656.10 ind l⁻¹ durante el mes de mayo de 1996, seguido de una drástica disminución hasta llegar al valor mínimo de 35.75 ind l⁻¹ durante el mes de septiembre (Fig. 16). El CV fue del 101% en el JC y del 79% en el GL (Tabla 1)

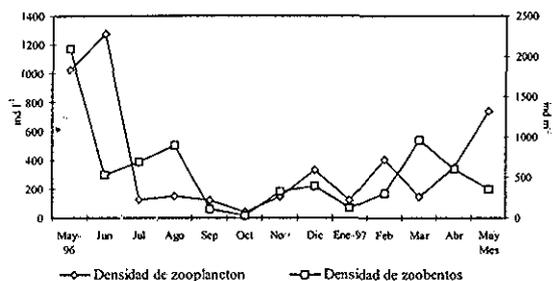


Figura 15. Variación mensual de la densidad absoluta de organismos del zooplancton y zoobentos en el estanque JC

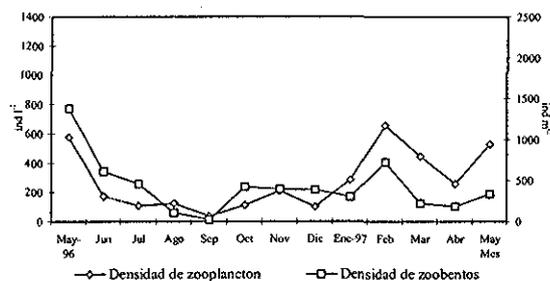


Figura 16. Variación mensual de la densidad absoluta de organismos del zooplancton y zoobentos en el estanque GL

En el estanque JC el grupo de los cladóceros presentó una densidad superior al 80% durante los meses de mayo de 1996 a junio y de febrero a mayo de 1997 y el de los rotíferos una densidad relativa superior al 60% durante los meses de julio a enero, excepto durante el mes de octubre cuando los copépodos dominaron el sistema al presentar una densidad relativa del 57%. En el estanque GL el grupo de los copépodos presentó una densidad relativa superior al 50%, de mayo de 1996 a agosto, de octubre a noviembre y durante el mes de abril. Los cladóceros presentaron una densidad superior al 55% durante los meses de septiembre, diciembre, marzo y mayo de 1997, cuando alcanzaron un valor superior al 95%. El grupo de los rotíferos presentó una densidad superior al 57% durante los meses de enero y febrero (Fig. 17).

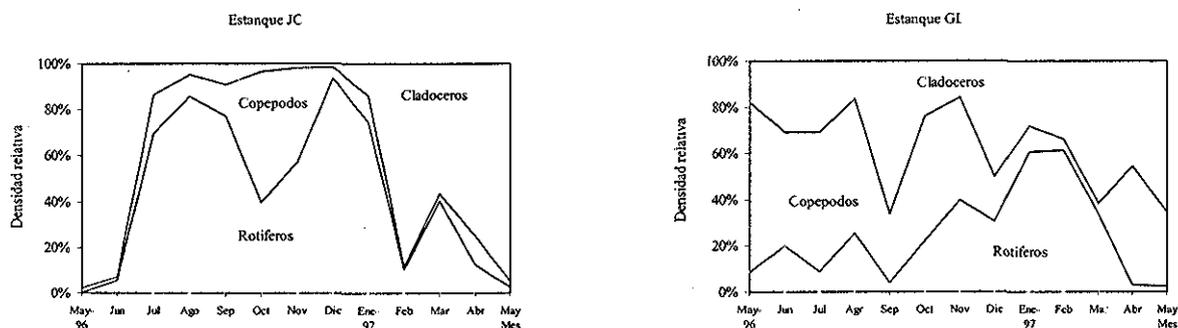


Figura 17. Variación mensual de la densidad relativa de los grupos del plancton en los estanques de cultivo.

Las gráficas de la densidad absoluta de los géneros zooplanctónicos identificados en los estanques de cultivo se presentan en el Anexo 1. En el estanque JC el género abundante de este grupo fue el de *Asplanchna* sp., que contribuyó con el 71.5% de la densidad relativa, por lo que se consideró el género dominante del sistema. *Filinia* sp. intervino con el 15.7% de la densidad, por lo que se le consideró un género común. El resto de géneros presentaron una densidad relativa en conjunto del 12.8%, considerándose géneros raros en el sistema. El género abundante de los copépodos fue el de *Acanthocyclops* sp. con una densidad relativa del 52.3%. El taxa común fue el de Copepoditos, con una densidad relativa del 44.0%. Los géneros raros fueron *Leptodiatomus* sp. y *Mastigodiatomus* sp., con una densidad conjunta del 3.7%. El género abundante de los cladóceros fue el de *Bosmina* sp. con una densidad relativa del 99.0%. Los géneros restantes, fueron considerados raros por su baja densidad (<0.3%).

En el estanque GL el género de rotíferos que contribuyó de manera más importante en la densidad de este grupo fue el de *Filinia* sp. con una densidad relativa del 65.3% por lo que fue considerado el género dominante. *Asplanchna* sp. intervino con el 22.9% por lo que se le consideró género común. El resto de géneros identificados aportaron en conjunto el 8.4% de la densidad relativa, considerándose géneros raros en el sistema. El grupo abundante de copépodos fue el de los Copepoditos, con una densidad relativa del 53.9%. El género común fue el de *Acanthocyclops* sp. con una densidad relativa del 21.4%. Los géneros raros fueron *Leptodiatomus* sp. (11.3%) y *Mastigodiatomus* sp. (13.4%). El género abundante de cladóceros fue el de *Bosmina* sp. con una densidad relativa del 78.5%. *Moina* sp. resultó ser el género común con una densidad de 13.4% y los géneros restantes fueron considerados raros en el sistema.

Volumen de zoobentos. El valor promedio del volumen de zoobentos fue de 3.89 ml m⁻², en el estanque JC (Fig.13) y de 4.58 ml m⁻² en el GL (Fig. 14). Se observó la presencia de un pico en el mes de marzo de 1997 con un valor de 14.21 ml m⁻² y de 10.59 ml m⁻², respectivamente. En el estanque JC el valor mínimo del volumen de zoobentos se presentó durante el mes de agosto (0.15 ml m⁻²) y en el GL durante el mes de junio (0.47 ml l⁻²). El CV fue del 117% en el JC y del 78% en el GL (Tabla 1).

Densidad absoluta y relativa del zoobentos. En ambos estanques durante el mes de mayo de 1996 se presentó el máximo en la densidad absoluta del zoobentos, con valores de 2090.00 ind l⁻¹ en el JC (Fig. 15) y de 1381.01 ind l⁻¹ en el GL (Fig. 16). El valor mínimo se presentó durante el mes de octubre (27.00 ind l⁻¹) y en septiembre (21.00 ind l⁻¹), respectivamente. El valor promedio fue de 571.15 ind l⁻¹ en el estanque JC y de 427.92 ind l⁻¹ en el GL. El CV fue del 95% y del 81%, respectivamente (Tabla 1).

Las gráficas del comportamiento de la densidad absoluta de los géneros zoobentónicos identificados en los estanques de cultivo se presentan en el Anexo 2. En el estanque JC el grupo más importante fue el de los quironómidos que presentó una densidad relativa superior al 60% de mayo de 1996 a agosto y de noviembre a mayo de 1997 (Fig. 18). El género que contribuyó de manera más importante en la densidad relativa de este grupo fue el de *Dicrotendipes* sp. con un valor del 31.0%. *Endochironomus* sp. y *Lenziella* sp. intervinieron con el 21.1% y 15.0%, por lo que fueron considerados como el géneros comunes. El resto de los géneros identificados aportaron una densidad relativa inferior al 8.1% lo que los ubicó como géneros raros en el sistema.

El resto de los taxa identificados exhibieron un comportamiento irregular, presentando altas densidades durante breves periodos para después mantener densidades inferiores a los 5 ind m⁻², por lo que fueron identificados como grupos raros en el sistema.

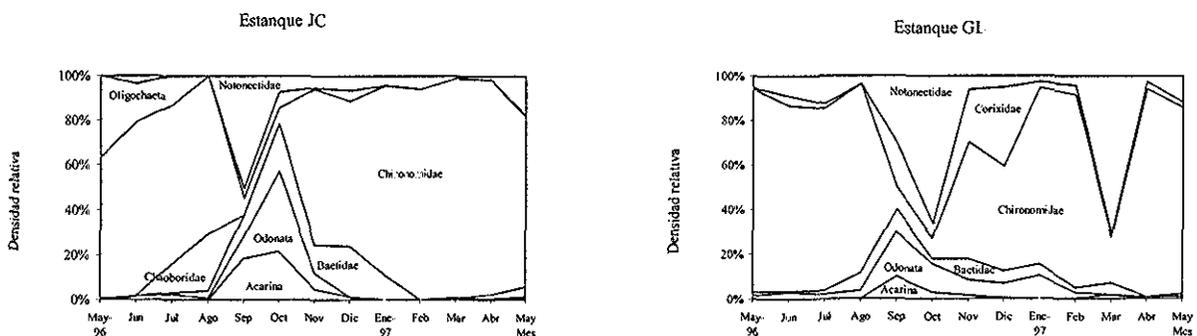


Figura 18. Variación mensual de la densidad relativa de los grupos del bentos en los estanques de cultivo

En el estanque GL el grupo de los quironómidos fue el más importante por su densidad relativa, cuyo valor fue superior al 50.0%, de mayo de 1996 a septiembre y de noviembre a mayo de 1997, excepto por los meses de marzo y octubre cuando los notonéctidos resultaron ser el grupo de mayor densidad relativa con un valor de 70.3%

(Fig 17). Los géneros que contribuyeron de manera importante en la densidad relativa de este grupo fueron *Endochironomus* sp. (26.3%), *Einfeldia* sp. (21.1%), *Dicrotendipes* sp. (21.1%) y *Chironomus* sp. (16.2%). El resto de los géneros identificados aportaron una densidad relativa inferior al 8.6%. En el grupo de los notonéctidos el género dominante fue *Buenoa* sp. que aportó el 60% de la densidad de este grupo durante 11 meses. El resto de los taxa identificados exhibieron un comportamiento irregular, presentando altas densidades durante breves periodos (de uno a tres meses), para después mantener densidades inferiores a los 11 ind m⁻².

Cultivo

Crecimiento relativo en peso. En el estanque GL las carpas presentaron un crecimiento relativo mayor al del JC, con un valor de 681% para la común y de 1389% para la herbívora, esto comparado con los valores obtenidos en el JC de 325% y 1229%, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Indicadores del crecimiento, rendimiento y mortalidad de las carpas cultivadas en los estanques JC y GL

Indicador	Especie			
	<i>Cyprinus carpio</i>		<i>Ctenopharyngodon idella</i>	
	JC	GL	JC	GL
Longitud inicial (cm)	12±0.6		6.7±0.5	
Longitud final (cm)	23.1±0.7	29±0.5	16.3±0.2	21.2±0.3
Peso inicial (g)	65.9±0.9		8.7±0.3	
Peso final (g)	280.1±1.5	515±2.1	115.6±1.7	168.7±1.3
Densidad de siembra (ind ha ⁻¹)	5000		2000	
No. de organismos introducidos	1500	1000	600	400
No. de organismos cosechados	1470	990	564	384
Mortalidad (%)	2	1	6	4
Crecimiento relativo en peso (%)	325	681	1229	1389
Crecimiento absoluto en peso anual (g d ⁻¹)	0.57	1.21	0.29	0.43
Tiempo de cultivo (días)	370			
Rendimiento por especie (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	1029	2189	197	302
	Estanque JC		Estanque GL	
Rendimiento por estanque (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	1226		2492	

Crecimiento absoluto en peso. En ambos estanques la velocidad de crecimiento en peso de la carpa común se caracterizó por la presencia de valores bajos durante los meses de mayo de 1996 a noviembre, cuando el valor máximo fue de 0.40 g d⁻¹ en el estanque JC (junio) y

de 0.18 g d^{-1} en el GL (septiembre). La velocidad mínima de crecimiento durante el ciclo de cultivo se presentó en este periodo con un valor de cero en el estanque JC y de 0.01 g d^{-1} en el GL, durante los meses de julio y octubre, respectivamente. A partir del mes de diciembre se observó un claro incremento en la ganancia en peso de la carpa en ambos estanques al presentarse valores de 0.73 g d^{-1} y 0.55 g d^{-1} , respectivamente. En este periodo se presentó el valor máximo del crecimiento durante el mes de marzo con un valor de 4.38 g d^{-1} y de 6.31 g d^{-1} , respectivamente. Durante el último mes el crecimiento de la carpa común mostró un drástico decremento, cuando en el estanque JC se presentó un valor de 0.10 g d^{-1} y de 2.50 g d^{-1} en el GL (Fig. 19).

El crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora mostró la presencia de valores bajos durante los primeros meses de cultivo, cuando se registró el mínimo de 0.04 g d^{-1} durante los meses de agosto en el JC y de noviembre en el GL. En los últimos meses de muestreo se presentó una elevación considerable, alcanzándose el máximo registrado durante el ciclo de cultivo, que en el estanque JC correspondió a un valor de 1.15 g d^{-1} durante el mes de abril y de 1.79 g d^{-1} en el GL durante mayo de 1997 (Fig. 20).

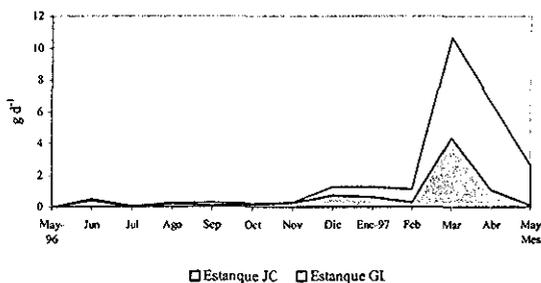


Figura 19. Variación mensual del crecimiento absoluto en peso de la carpa común en los estanques JC y GL

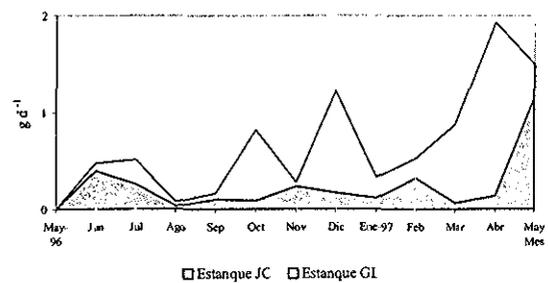


Figura 20. Variación mensual del crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora en los estanques JC y GL

El crecimiento absoluto en peso anual de las carpas fue mayor en el estanque GL con valores de 1.21 g d^{-1} para la común y de 0.43 g d^{-1} para la herbívora, comparado con los del estanque JC donde se presentaron valores de 0.57 g d^{-1} y 0.29 g d^{-1} , respectivamente (Tabla 6).

Parámetros relacionados con el crecimiento absoluto en peso de las carpas. El análisis de correlación de Pearson mostró que ninguno de los parámetros ambientales evaluados se relacionó linealmente ($P < 0.05$) con el crecimiento absoluto en peso de las carpas. Dicho

análisis detectó en el estanque JC la existencia de una relación estadísticamente significativa entre el crecimiento de la carpa herbívora con la densidad absoluta de: *Polypedilum* sp., *Rheotanytarsus* sp., *Daphnia* sp. y *Phaenopsectra* sp. El crecimiento de la carpa común se relacionó con los siguientes elementos del zoobentos: *Dytiscus* sp., *Einfeldia* sp., volumen del zoobentos y *Cricotopus* sp. (Tabla 7).

Tabla 7. Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) del crecimiento absoluto en peso de las carpas con los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados en el estanque JC de mayo de 1996 a mayo de 1997.

Parámetro	Carpa común	Carpa herbívora
Temperatura del agua	*	*
Profundidad promedio	*	*
Profundidad de visibilidad del disco de Secchi	*	*
Alcalinidad	*	*
pH	*	*
Oxígeno disuelto	*	*
Dureza	*	*
Conductividad	*	*
Volumen de zoobentos	0.63	*
Densidad total de <i>Cricotopus</i> sp.	0.60	*
Densidad total de <i>Einfeldia</i> sp.	0.65	*
Densidad total de <i>Phaenopsectra</i> sp.	*	0.67
Densidad total de <i>Polypedilum</i> sp.	*	0.88
Densidad total de <i>Rheotanytarsus</i> sp.	*	0.88
Densidad total de <i>Dytiscus</i> sp.	0.65	*
Densidad total de <i>Daphnia</i> sp.	*	0.69

* Correlación estadísticamente no significativa

El análisis de correlación identificó que en el estanque GL no existió relación lineal entre el crecimiento de la carpa herbívora con ninguno de los taxa involucrados en el análisis. El crecimiento de la carpa común cultivada en este sistema resultó estar relacionado linealmente con la densidad de los siguientes taxa: Odonata, *Cryptochironomus* sp. y Oligochaeta, Cladocera, *Bosmina* sp., *Alona* sp., *Brachionus* sp., *Acanthocyclops* sp., *Diaphanosoma* sp., *Keratella* sp. y *Moina* sp. (Tabla 8).

Rendimiento piscícola. El rendimiento piscícola obtenido en el estanque JC fue de 1226 kg ha⁻¹ año⁻¹, de los cuales, 197 kg ha⁻¹ año⁻¹ fueron aportados por la carpa herbívora y 1029 kg ha⁻¹ año⁻¹ por la común. En el estanque GL el rendimiento de la carpa herbívora fue de 302 kg ha⁻¹ año⁻¹ y de 2189 kg ha⁻¹ año⁻¹ el de la común, para sumar un valor total de 2492 kg ha⁻¹ año⁻¹ en este sistema (Tabla 6).

Mortalidad. La mortalidad que presentaron los organismos cultivados de las especies *Cyprinus carpio* y *Ctenopharyngodon idella* en ambos estanques fue en todos los casos inferior al 7% (Tabla 6).

Tabla 8. Correlaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) del crecimiento absoluto en peso de las carpas con los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados en el estanque GL de mayo de 1996 a mayo de 1997

Parámetro	Carpa común	Carpa herbívora
Temperatura del agua	*	*
Profundidad promedio	*	*
Profundidad de visibilidad del disco de Secchi	*	*
Alcalinidad	*	*
pH	*	*
Oxígeno disuelto	*	*
Dureza	*	*
Conductividad	*	*
Densidad total de los odonatos	-0.66	*
Densidad total de <i>Cryptochironomus</i> sp.	0.61	*
Densidad total de los oligoquetos	-0.56	*
Densidad total de <i>Acanthocyclops</i> sp.	-0.61	*
Densidad total de <i>Alona</i> sp.	-0.69	*
Densidad total de <i>Bosmina</i> sp.	0.73	*
Densidad total de <i>Diaphanosoma</i> sp.	-0.60	*
Densidad total de <i>Moina</i> sp.	-0.56	*
Densidad total de <i>Brachionus</i> sp.	-0.66	*
Densidad total de <i>Keratella</i> sp.	0.59	*
Densidad total de los cladóceros	0.76	*

* Correlación estadísticamente no significativa

5 . D I S C U S I Ó N

Parámetros Físicos y Químicos

De acuerdo con el análisis limnológico realizado en los estanques JC y GL, estos fueron catalogados como cuerpos de agua someros, templados y turbios. En cuanto a las condiciones químicas del agua de ambos sistemas, esta fue identificada como básica, ligeramente alcalina, de dureza moderada y elevada concentración de oxígeno disuelto, superior a la saturación (Rosas 1982, Yusoff y McNabb 1989, Lugo 2000).

La media aritmética de los parámetros físicos y químicos se encontró dentro del intervalo de tolerancia para las carpas (Tabla 9) y su variación mensual fue baja con un coeficiente de variación (CV) menor al 21%. Sólo la profundidad promedio y la profundidad de visibilidad del disco de Secchi presentaron variaciones consideradas como estadísticamente significativas a lo largo del periodo analizado ($CV \geq 24\%$, Prepas 1984), pero en ambos casos los valores extremos no excedieron los límites de tolerancia para el cultivo de las especies utilizadas. Considerando lo anterior, se puede establecer de forma definitiva que las condiciones ambientales de los estanques resultaron ser las apropiadas para el crecimiento de las de carpas, coincidiendo con lo previamente reportado para otros sistemas rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México; por autores como Ávila y Peña (1993), Parra Castillo (1994) y Nava (1995).

Tabla 9. Límites de tolerancia de las carpas *Cyprinus carpio* y *Ctenopharyngodon idella*.

Parámetro	Tolerancia	Referencia
Temperatura del agua (°C)	4-36	Dimitrov 1984
Profundidad promedio (m)	0.3-1.5	Sublette <i>et al.</i> 1990
Profundidad de visibilidad del disco de Secchi (m)	0.02 - 0.40	
Alcalinidad (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	30 - 300	Phelps 1981
pH	6.5 - 9.0	
% de saturación de oxígeno	>15	Buttner <i>et al.</i> 2001
Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	>5	
Dureza (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	63-250	
Conductividad (µmhos cm ⁻¹)	20 - 1500	

La variación observada durante el periodo de cultivo en la profundidad de visibilidad del disco de Secchi puede ser atribuida por lo menos a tres factores. El primero de ellos es el relacionado con la profundidad promedio de ambos estanques, ya que de acuerdo con Payne (1986), por ser sistemas someros la intensidad de mezcla de la columna de agua con el sedimento varía de acuerdo con la actividad eólica, que se presume propició modificaciones significativas a lo largo del tiempo en los valores de este parámetro en respuesta a la resuspensión del material acumulado en el fondo de los estanques. El segundo factor que puede ser involucrado con el comportamiento de la resuspensión del sedimento es el influjo de agua durante el proceso de llenado artificial de los estanques, sin embargo, como no se contó con un registro puntual de tales eventos este fenómeno no puede ser relacionado de forma directa como el responsable del comportamiento observado. El otro factor, y el de mayor importancia para la piscicultura en condiciones semi-intensivas de acuerdo con Canfield y Hodgson (1983) y Zweig (1989) es el que relaciona la variación en la profundidad de visibilidad del disco de Secchi con la variación en la productividad de los estanques de cultivo, sobre todo considerando a los organismos del zooplancton, ya que de acuerdo con los hábitos alimentarios reportados por Liang *et al.* (1999) para las carpas, estos resultan ser una de las fuentes más importantes de alimento. En este caso, los diferentes florecimientos del zooplancton se presentaron a lo largo del periodo de cultivo dependiendo de la biología propia de cada género, influyendo de forma significativa en la profundidad de visibilidad del disco de Secchi, tal como lo demostró la correlación estadísticamente significativa entre el incremento del volumen de zooplancton y la disminución de la profundidad de visibilidad.

Dinámica Ambiental

El análisis de disimilitud ambiental reveló que a pesar de ser estanques permanentes con diferentes regímenes de llenado, la fluctuación que presentaron los valores de los parámetros físicos y químicos determinó tres periodos en la dinámica temporal de ambos estanques. En el JC el primer periodo inició en mayo de 1996 y concluyó en octubre, el segundo incluyó al mes de noviembre y el tercero a los meses de diciembre a abril. En el estanque GL se identificaron el mismo número de periodos, pero existió un desfase de un mes con respecto a los detectados para el JC.

Al analizar los periodos de la dinámica ambiental de los estanques JC y GL se observó que los dos primeros se presentaron durante la época de lluvias y el último durante el de secas, esto de acuerdo con el clima de la región (Miranda 1992). Por tal motivo se consideró la presencia de una estacionalidad en el comportamiento de los parámetros limnológicos en los estanques de cultivo, tal como lo sugieren Arredondo-Figueroa y Flóres-Nava (1992), para los sistemas ubicados en la Meseta Central de nuestro país. Sin embargo, al analizar el comportamiento individual de los parámetros físicos y químicos, se observó que este no correspondió al previsto por dichos autores. El más significativo fue el de la profundidad promedio, que no presentó durante la primera fase un comportamiento caracterizado por la presencia de valores elevados en respuesta al alto aporte pluvial (época de dilución), seguida de un drástico decremento durante la fase de secas, resultado del dramático decremento en la precipitación pluvial (época de concentración). Esta diferencia con respecto al comportamiento esperado puede ser atribuida directamente al aporte artificial de agua que recibieron los estanques, que se presume logró modificar drásticamente la tendencia natural del resto de los parámetros, excepto el de la temperatura del agua que presentó una clara temporalidad asociada con el clima de la región, caracterizada por valores elevados durante las primeras fases y valores bajos durante la última.

Simplificación Ambiental

Con el análisis gráfico de los componentes principales se logró establecer que a pesar de la diferencia en los valores de los parámetros limnológicos registrados en los estanques JC y GL durante el periodo de cultivo se presentaron condiciones ambientales que pueden ser consideradas como análogas en ambos sistemas. De acuerdo con Mazid *et al.* (1997) bajo estas condiciones el efecto de los parámetros limnológicos puede ser ignorado en la evaluación del cultivo piscícola porque esta condición puede ser interpretada como que los peces se desarrollan en ambientes similares.

Con el análisis de componentes principales se detectó que en ambos estanques los factores a los que se les puede atribuir la mayor influencia en la dinámica ambiental de los sistemas de cultivo fueron la conductividad y la dureza. Este resultado puede ser explicado si consideramos que ambos parámetros evalúan de forma indirecta el comportamiento de

los sólidos disueltos, es decir, la dinámica temporal del material presente en el agua en forma de iones disueltos. En este sentido la conductividad mide la cantidad total de sólidos a través de la evaluación de la capacidad que tienen estos elementos para modificar la conducción de una corriente eléctrica a través de una parcela de agua (Novotny y Olem 1994), mientras que la dureza mide de forma indirecta la cantidad de sólidos disueltos en el agua al evaluar la concentración de un tipo específico de iones, los cationes, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} (Libes 1992).

De acuerdo con Suárez *et al.* (1991) en los sistemas someros de nuestro país los sólidos disueltos son capaces de influir de forma directa en el comportamiento del resto de los parámetros limnológicos a través de las diferentes interacciones que los iones disueltos logran establecer con el resto de los elementos del sistema. Considerando lo anterior encontramos que el comportamiento de la alcalinidad puede ser directamente relacionado con la cantidad de sólidos disueltos porque este parámetro evalúa el contenido de los aniones principalmente carbonato, bicarbonato e hidróxido presentes en forma disuelta en el agua. Los iones cargados negativamente determinan la capacidad amortiguadora del agua para neutralizar los ácidos, por esta razón este parámetro se relaciona a través de los sólidos disueltos con el pH, que evalúa directamente dicha capacidad (Swann 1990, Wurts y Durborow 1999).

El comportamiento del oxígeno disuelto, también se asocia de forma directa con la dinámica de los sólidos disueltos en el sistema ya que estos determinan la solubilidad de los gases en el agua a través del coeficiente de solubilidad de Bunsen, que indica que dicha solubilidad se relaciona con tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y la conductividad. De esta forma tenemos que un exceso de sólidos disueltos en los sistemas de cultivo se relaciona de forma general con la presencia de valores elevados de conductividad, dureza, pH y alcalinidad; pero con una baja concentración de oxígeno disuelto en el agua (Russell y Larena 1990, Nürnberg 1995). Sin embargo, este comportamiento en la cantidad de oxígeno disuelto no fue observado en los estanques JC y GL debido a que se mantuvieron valores de sobresaturación durante todo el periodo de cultivo. Este fenómeno pudo ser generado por la elevada actividad eólica de la región y la escasa presencia de barreras físicas que disminuyan la intensidad de su acción en los estanques, esto presumiblemente permitió que la cantidad de este gas se incrementara

considerablemente por arriba del nivel previsto por el coeficiente de Bunsen. Otra posible fuente de oxígeno disuelto en los sistemas de cultivo pudo ser la actividad fotosintética, sin embargo al no haber sido evaluada la producción de este gas por dicha vía, no pudo ser cuantificado su efecto en la modificación observada.

Además de la importancia limnológica de la interpretación de los componentes principales, de acuerdo con Arredondo *et al.* (1984) se debe considerar que los elementos identificados como los responsables de la variación ambiental de los estanques logran influir directamente en el cultivo bajo condiciones semi-intensivas, porque en esta forma de cultivo el manejo que reciben los estanques es escaso y el crecimiento de los peces tiene una total dependencia en las condiciones ambientales. Considerando este enfoque uno de los mecanismos con los que se puede relacionar el comportamiento de la dureza y la conductividad con el crecimiento de las carpas en los estanques JC y GL es al considerar que ambos elementos fueron de acuerdo con el análisis de componentes principales, los responsables del comportamiento de parámetros como la concentración del oxígeno disuelto y el pH, que junto con la temperatura del agua resultan fundamentales para el ciclo del nitrógeno, que a través del proceso de nitrificación se encarga de eliminar el amoníaco que resulta una forma altamente tóxica para los peces (Hernández-Avilés y Peña-Mendoza 1992, Masser 2000) porque incrementan su susceptibilidad a los agentes patógenos al suprimir su inmunocompetencia (Hargreaves 1998).

Parámetros Biológicos

Zooplankton y zoobentos

Ambos sistemas de cultivo presentaron géneros tanto del zooplankton como del zoobentos que ya habían sido previamente reportados en estanques y embalses del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, por autores como: Navarrete-Salgado y Elías-Fernández (1993), Elías (1994) y González *et al.* (1998); en el caso del zooplankton y por Miranda (1992), Elías y Navarrete (1997), Lara (1998), Contreras *et al.* (1999) y Contreras *et al.* (2001) para los taxa del zoobentos.

El volumen de organismos tanto del zooplankton como del zoobentos, presentaron valores ligeramente mayores en el estanque GL con fluctuaciones menos drásticas comparados con los registrados en el JC, sin embargo, la densidad absoluta fue similar en

ambos sistemas. Esta diferencia, aparentemente contradictoria, puede ser relacionada con el tamaño de los organismos dominantes en cada estanque, ya que en el JC los grupos del zooplancton más abundantes fueron los rotíferos y cladóceros, teniendo como géneros dominantes a *Asplanchna* sp. y *Bosmina* sp., que son organismos de bajas dimensiones con elevadas densidades poblacionales; mientras que en el GL el grupo dominante fue el de los copépodos, que son organismos de mayor tamaño, pero con poblaciones reducidas (López-López y Serna-Hernández 1999). En el caso de los organismos del zoobentos esta diferencia también puede ser atribuida a la disimilitud en cuanto a la talla de los organismos dominantes pues en el estanque JC el género abundante fue el de *Dicrotendipes* sp. que se caracteriza por el desarrollo de elevadas densidades poblacionales y menores dimensiones corporales a las presentadas por los géneros *Endochironomus* sp. y *Einfeldia* sp., que fueron identificados como dominantes en el estanque GL (Pinder 1983).

Cultivo

a) Crecimiento Relativo en Peso

Para comparar el crecimiento interespecífico de los peces cultivados en los estanques GL y JC se utilizó el crecimiento relativo en peso, con este índice se logró determinar que la carpa herbívora tuvo un mejor crecimiento en ambos estanques comparado con el de la común. La diferencia en el crecimiento relativo de las carpas es consistente con lo reportado por Schroeder *et al.* (1990) y Liang *et al.* (1999) para sistemas donde se cultivan ambas especies, sin embargo, la diferencia en sus valores fue considerablemente mayor en los estanques JC y GL que en la reportada por dichos autores, posiblemente esta diferencia este asociada con la mayor disimilitud en la talla de siembra de los peces y el mayor periodo de cultivo aquí considerado.

La diferencia que presentó el crecimiento relativo en peso de las carpas en los estanques JC y GL puede ser relacionado principalmente con la diferencia en la fase de crecimiento en la que se encontraban los peces durante el periodo de cultivo debido a la talla de siembra que se utilizó para cada especie (Ricker 1979). En este sentido al encontrarse la carpa herbívora en su etapa juvenil su crecimiento fue proporcionalmente mayor al presentado por la común que se encontraba en la fase final de esta etapa. Este comportamiento fue previamente reportado por Navarrete *et al.* (2000) en sistemas donde la

talla de siembra de la carpa común fue significativamente mayor a la de la herbívora y como resultado se obtuvieron crecimientos relativos considerablemente mayores en esta última especie.

b) Crecimiento Absoluto en Peso

El comportamiento del crecimiento absoluto en peso de la carpa común se caracterizó en los estanques JC y GL por la presencia de valores bajos durante los primeros diez meses de cultivo inferiores en todos los casos a 0.8 g d^{-1} para posteriormente durante el mes de marzo mostrar un pico máximo en la velocidad de crecimiento con un valor superior a los 4.0 g d^{-1} y finalmente durante los últimos dos meses de cultivo se presentó una tendencia al decremento. La presencia de este pico de acuerdo con Poxton (1991) podría estar relacionada con la modificación en el comportamiento de la temperatura del agua de los estanques que mantuvo una baja fluctuación durante los primeros meses de cultivo, sin embargo, durante el mes de enero se presentó un considerable decremento que luego durante el mes de febrero se incrementó extensamente, este evento puede ser considerado como el factor desencadenante del crecimiento potencial de las carpas. De acuerdo con Liang *et al.* (1999) otro de los posibles factores que puede ser relacionado con la presencia del valor máximo de crecimiento en esta carpa durante el mes de marzo es el incremento considerable de la disponibilidad de alimento evaluada de forma general en este trabajo a través del volumen y densidad del zoobentos.

El crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora presentó un comportamiento irregular caracterizado por la presencia de pulsos muy marcados a lo largo del periodo de cultivo, principalmente en el estanque GL que como se discutirá a continuación no se relacionaron aparentemente con ninguno de los parámetros ambientales evaluados en este trabajo esto posiblemente se relaciona de acuerdo con Leslie y Koblynski (1985) y Leslie *et al.* (1993) a que el crecimiento de esta especie cuando las condiciones ambientales se encuentran dentro del intervalo de tolerancia de la especie (Tabla 9) se relaciona directamente con las variaciones en la disponibilidad de alimento.

Los valores del crecimiento absoluto en peso obtenidos en los estanques JC y GL resultaron ser considerablemente mayores (de hasta el triple en el caso de la carpa común) a los reportados por Chapman y Fernando (1994), Liang *et al.* (1999) y Shrestha y Bhujel

(1999), entre otros; esta diferencia en el crecimiento podría estar relacionada principalmente con la diferencia en el manejo que recibieron los sistemas de cultivo que de acuerdo con dichos autores propició una baja calidad sanitaria y una elevada mortalidad en los estanques que repercutió directamente en su bajo crecimiento.

Al comparar el crecimiento absoluto en peso anual con los valores reportados por Navarrete *et al.* (2000) en otros sistemas de cultivo de la región con manejos similares se observó una clara superioridad en los valores obtenidos en los estanques GL y JC, esta diferencia puede ser asociada principalmente a la diferencia ambiental de los estanques principalmente la profundidad que tuvo un nivel considerablemente mayor al registrado para los otros sistemas además de distintos factores que se discuten en detalle a en párrafos posteriores.

El comportamiento del crecimiento absoluto en peso de las carpas en los estanques JC y GL no se relacionó de forma lineal con ninguno de los parámetros abióticos evaluados durante el periodo de cultivo, confirmándose así lo señalado por Mazid *et al.* (1997), quienes reportan que cuando los parámetros limnológicos se encuentran dentro del intervalo de tolerancia de las especies de peces en cultivo y presentan una baja variación temporal no se correlacionan de forma significativa con su crecimiento debido a que se mantienen en un intervalo reducido de variación que hace posible la aclimatación de los peces reduciéndose su efecto en el crecimiento (Rosas 1982, Dimitrov 1984, Aguilera *et al.* 1988, Teichert y Phelps 1989, Poxton 1991). De acuerdo con Riise y Roos (1997), Tacon y de Silva (1997) y Navarrete *et al.* (2000), bajo estas condiciones de cultivo se debe considerar a la disponibilidad de alimento como el factor que logra determinar de forma directa el desarrollo del crecimiento potencial de cada especie. Este comportamiento fue descrito por Navarrete y Sánchez (1988) quienes señalan que en estanques del Estado de México, los parámetros ambientales no fueron determinantes en el crecimiento de las carpas por encontrarse dentro de los límites de tolerancia de las carpas, pero las variaciones en la disponibilidad de alimento si logran determinar directamente el rendimiento obtenido en los estanques de cultivo.

Para hacer una aproximación general al tema de la posible existencia de una relación entre los diferentes grupos zoológicos con el crecimiento de las carpas se analizó la correlación de su crecimiento absoluto en peso con la densidad de los taxa identificados en

el zooplancton y zoobentos a través del coeficiente de Pearson. Para ello resulta fundamental hacer una distinción del sentido de dicho coeficiente, debido a que con este se logra tener un panorama general del tipo de interacción que se puede estar estableciendo entre los organismos (Albany 1998, Hinojosa y Zambrano 1998, Zambrano 1999).

En el estanque JC los elementos que presentaron una relación lineal significativamente positiva con el crecimiento de *Cyprinus carpio* fueron: el volumen de zoobentos y la densidad de los siguientes géneros: *Crycotopus* sp., *Einfeldia* sp. y *Dytiscus* sp. En el estanque GL los elementos identificados con este tipo de correlación fueron las densidades de los géneros *Cryptochironomus* sp., *Bosmina* sp., *Keratella* sp. y la de los cladóceros. Para *Ctenopharyngodon idella* sólo en el estanque JC se estableció una correlación positiva entre su crecimiento y la densidad de los géneros: *Phaenopsectra* sp., *Polypedilum* sp., *Rheotanytarsus* sp. y *Daphnia* sp.

Los coeficientes positivos indican la presencia de una correlación directa entre la densidad del taxa y el crecimiento absoluto en peso (Downie y Heath 1990). En biología los elementos que presentan este tipo de relación no son considerados como parte del alimento disponible ya que se reporta que las carpas no inciden directamente en ellos como fuente de alimento por su baja disponibilidad, evitación por parte de los organismos a la depredación de forma activa (huida), o pasiva (presencia de espinas), o por su baja palatabilidad. En este caso su relación se restringe a la similitud en las condiciones ambientales requeridas por ambos grupos para su desarrollo. Una de las posibles interpretaciones que se le atribuye a estos elementos es como organismos indicadores de la presencia de condiciones ambientales adecuadas para el cultivo de los peces (Fernando 1994, Bíró 1995)

Otra de las posibles vías a través de la que puede ser explicada la relación positiva que existió entre el crecimiento de la carpa común con la densidad de algunos de los géneros del zooplancton, principalmente cladóceros; se asocia con el incremento en el fitoplancton vía fuerzas "bottom-up", que se da como resultado del incremento en la habilidad de los peces al incrementarse su talla para resuspender los nutrientes acumulados en el fondo de los estanques y que son integrados a la cadena trófica al ser consumidos por el zooplancton dando como resultado un considerable incremento en su densidad poblacional (Bukvic *et al.* 1998).

De acuerdo con Ackefors y Enell (1994), otra de las posibles vías a través de las cuales se puede interpretar la correlación positiva que se estableció entre el crecimiento de la carpa herbívora con los organismos del zoobentos, principalmente de la familia Chironomidae, se asocia con el incremento en el aporte de materia orgánica al sedimento por parte de las carpas al incrementarse su talla. Dichos autores atribuyen tal contribución a la acumulación de sus excretas en el fondo del sistema de cultivo, esto es posible por la baja digestibilidad de las macrofitas acuáticas que son ingeridas por la carpa herbívora en elevadas proporciones, con ello se logra poner a disposición de los organismos del bentos elementos nutrimentales que logran incrementar su densidad poblacional.

En cuanto al coeficiente de correlación negativo, en el estanque GL la carpa común fue el único género que presentó una relación de este tipo con los grupos zoológicos identificados, específicamente con los odonatos, oligoquetos, *Brachionus* sp. (Rotífero), *Acanthocyclops* sp. (Copépodo ciclopoideo), *Alona* sp., *Diaphanosoma* sp. y *Moina* sp. (Cladóceros). Una de las posibles razones del establecimiento de este tipo de interacción de acuerdo con Hinojosa y Zambrano (1998) es por el efecto negativo que se le atribuye a la carpa común en las condiciones ambientales. Dichos autores al analizar el contenido estomacal de las carpas cultivadas en bordos del Estado de México encontraron evidencia depredatoria hacia la población de acociles (*Cambarellus montezumae*), pero su población fue gravemente afectada por la presencia de las carpas; este resultado fue interpretado por ellos como un efecto indirecto vía perturbación y fragmentación del hábitat donde se distribuyó la población de los acociles. Sin embargo, para que esta interpretación pueda ser considerada es necesario encontrar una correlación negativa entre el crecimiento de las carpas con los parámetros ambientales, principalmente la profundidad de visibilidad del disco de Secchi, condición que no fue identificada en este trabajo por lo que esta explicación fue descartada como una posible vía de interpretación.

Bajo las condiciones anteriores, de acuerdo con Gliwicz (1994), los elementos tanto del zoobentos como del zooplancton que presentan una correlación negativa pueden ser considerados como elementos integrantes de la dieta de las carpas, porque los peces logran tener un efecto directo en el incremento de la mortalidad y la disminución de la reproducción de las comunidades zoológicas al utilizarlas como fuente de alimento. De acuerdo con este autor esta interpretación resulta posible siempre y cuando se sustente en

tres supuestos. El primero de ellos considera que por la talla de los peces los taxa involucrados no inciden en las carpas como fuente de alimento, el segundo se refiere a las características propias del recurso en el sistema como la disponibilidad con la que se presenta y el tercero indica que siempre que sea posible esta interpretación debe ser validada con los hábitos alimentarios de los peces a través del análisis del contenido estomacal (Schroeder 1980, Metzker y Mitsch 1997).

La talla de siembra utilizada en los estanques JC y GL eliminó la posibilidad de que alguno de los miembros del zooplancton o del zoobentos se alimentara de las carpas, por lo que la interpretación de los coeficientes negativos como evidencia de una interacción de tipo depredatoria por parte del plancton o bentos en la comunidad de peces no fue considerada como una posible interpretación de los resultados obtenidos en este trabajo.

En el caso del segundo supuesto y considerando las dimensiones corporales de los géneros zoológicos que presentaron una correlación negativa con el crecimiento absoluto en peso de las carpas, se estableció que por la talla que presenta el género *Brachionus* sp. la interpretación de una alimentación parte de la carpa común en esta comunidad queda descartada debido a que esta sólo se alimenta de rotíferos cuando se encuentra en tallas de alevín (Khaitov *et al.* 1991). Además considerando la disponibilidad de alimento, la relación negativa encontrada entre el crecimiento de la carpa común con el género de *Diaphanosoma* sp., no puede ser interpretada como depredatoria debido a su baja densidad absoluta en el sistema (2 ind l^{-1}), lo que de acuerdo con Spataru *et al.* (1980) la elimina como una posible fuente de alimento para la carpa común en los sistemas de cultivo.

La utilización del análisis del contenido estomacal no pudo ser incluida como parte de la confirmación de la alimentación de la carpa en el resto de los elementos identificados con una correlación negativa debido a que uno de los objetivos principales de este trabajo fue el de analizar el rendimiento piscícola de los estanques y de acuerdo con Allan *et al.* (1995) la extracción mensual de organismos para su análisis repercute de forma negativa en su evaluación. Sin embargo, siguiendo el método propuesto por Deb (1995) se recurrió al uso de referencias bibliográficas del contenido estomacal de las carpas para sustentar la interpretación de las correlaciones negativas como reflejo de la posible existencia de una interacción de tipo depredatoria de esta en los grupos zoológicos, pero sin llegar a establecerla de forma contundente debido al limitado alcance que se logra con la aplicación

de este método, porque no se pueden identificar los elementos importantes en la dieta de los peces que no modifican significativamente su densidad poblacional a pesar de la elevada presión depredatoria debido a que logran mantener su densidad por su elevada tasa de reproducción (Fernando 1994, Gliwicz 1994).

La interpretación de la alimentación de la carpa común en algunos de los elementos del zooplancton quedó establecida por los trabajos realizados por Liang *et al.* (1999), quienes al analizar el contenido estomacal destacaron su importancia en el crecimiento de la carpa al constituir una parte fundamental dentro de su dieta. La identificación particular de los copépodos y cladóceros en la dieta de la carpa común fue realizada por Jana y Chakrabarti (1993) y Gophen *et al.* (1998) quienes reportaron que la depredación de la carpa sobre estos grupos se relacionó de forma positiva con su crecimiento y de forma negativa con la densidad de los grupos señalados.

Los reportes donde se hace referencia a nivel genérico del contenido estomacal de la carpa común sustentan la interpretación del resto de los géneros identificados por el coeficiente de correlación en este trabajo como posibles elementos alimentarios de las carpas. Cordero y Gil (1986), Arrieta (1988) y Contreras (1990) reportaron al género *Acanthocyclops* sp., como parte del alimento preferencial de la carpa común por la elevada frecuencia y densidad con la que se presentó en el contenido estomacal de los ejemplares obtenidos en embalses cercanos a los estanques JC y GL, incluyendo al embalse La Goleta. La presencia del género de *Alona* sp. en el contenido estomacal de la carpa común fue reportada por Chapman y Fernando (1994), en peces cultivados en arrozales de Tailandia y confirmada por Contreras (*op. cit.*), en el embalse La Goleta. La importancia del género de *Moina* sp., en la alimentación de la carpa común fue reportada por Jana y Chakrabarti (1993), en condiciones de laboratorio.

Autores como Hambright (1994), Guiral *et al.* (1994) y Qin y Culver (1996), explican el efecto negativo de las carpas en la comunidad zooplanctónica con el uso de la hipótesis de la cascada trófica, que considera la influencia directa de las carpas como “reguladores top-down” a través de la depredación en los organismos del plancton; este tipo de regulación también es conocido como “control descendente”, por ser una fuente importante de alimento para los peces (Takamura *et al.* 1995).

La importancia de los odonatos y oligoquetos en la alimentación de la carpa común fue identificada por Cline *et al.* (1994) y Liang *et al.* (1999), respectivamente quienes reconocieron el efecto negativo de la depredación de la carpa en la densidad de estos organismos zoobentónicos. Zur (1980) y Riera *et al.* (1991) lograron realizar un análisis cuantitativo de la participación de los oligoquetos en la dieta de la carpa común a través del análisis del contenido estomacal, logrando confirmar que estos organismos juegan un papel preponderante en su dieta. Confirmando lo anterior, Chapman y Fernando (1994) lograron establecer una relación inversa entre la densidad de los oligoquetos y los ciclopoideos, con su presencia en el contenido estomacal de la carpa común, por lo que concluyeron que la existencia de una correlación negativa entre el crecimiento de la carpa y la densidad de los organismos señalados, se debe a la depredación del pez sobre dichas comunidades. Esto fue confirmado por los mismos autores al encontrar una mayor densidad de plancton y bentos en los sistemas que carecían de esta especie de carpa.

El flujo de energía de los organismos del zoobentos hacia la carpa común a través de la cascada trófica ha sido pobremente investigado, sin embargo, se ha establecido que la producción de estos organismos llega a ser de hasta el 87% de la producción secundaria de los sistemas acuáticos someros, por lo que logran tener un efecto importante en la alimentación de la carpa común y por consiguiente en su crecimiento (Lindegard 1994).

En el estanque JC no fue identificada la presencia de relaciones negativas entre el crecimiento de la carpa común y los géneros zoológicos identificados. Este fenómeno puede ser relacionado de acuerdo con Metzker y Mitsch (1997) a la menor disponibilidad de ambos grupos y a la mayor variación mensual que presentó el recurso en este sistema (CV >90%). Bajo estas condiciones se considera que los peces inciden en fuentes alternativas de alimento que se presentan con mayor estabilidad temporal en el sistema. La materia detrital del estanque JC, conformado principalmente por restos vegetales y la comunidad bacteriana que en ellos se desarrolla, resulta ser una importante opción para la alimentación de la carpa común según Specziar *et al.* (1997) y García-Berthou (2001). De acuerdo con Moriarty (1997) y Ramesh *et al.* (1999) este alimento resulta ser una importante fuente proteica cuando se encuentra en altas proporciones y las fuentes de alimento preferencial se encuentran en bajas densidades lo que reduce la dependencia de la carpa en esta fuente tal y como se presume sucedió en el estanque JC.

De acuerdo con López (1997) este fenómeno fue consistente con lo ocurrido en el estanque JC ya que reporta la existencia de una menor disponibilidad de organismos zoobentónicos y zooplanctónicos, comparada con la que se desarrolló en el estanque GL, mientras que la acumulación detrital resultó ser mayor en el JC debido a un mayor aporte de materia orgánica procedente de la presencia de un mayor número de especies de macrofitas acuáticas, a diferencia del GL donde el número y cobertura de estos organismos es considerablemente menor. Como una consecuencia dicho autor estableció que la diferencia en el aporte de materia vegetal propició una disimilitud sustancial en la disponibilidad de este elemento en cada estanque.

Considerando la diferencia reportada por López (1998) en el alimento disponible de los estanques JC y GL desde el punto de vista del cultivo la alimentación basada en detritus presenta el inconveniente de contar con un bajo aporte proteico y por lo tanto se relaciona con el desarrollo de crecimientos menores comparados con aquellos que se obtienen en sistemas donde la alimentación de las carpas se basa en fuentes de proteína de origen animal (Kaushik 1995), este fenómeno puede ser considerado como uno de los posibles responsables de la diferencia en la velocidad de crecimiento en los estanques JC y GL, donde la interpretación del coeficiente de correlación de Pearson hace suponer que el crecimiento de la carpa común en el estanque GL se relacionó de forma directa con la utilización de al menos algunos de los miembros del zooplancton y del zoobentos como fuente de alimento mientras que en el JC como una posible consecuencia de la menor disponibilidad y mayor variación de este recurso alimentario se presume que no se presentó este tipo de relación, lo que se consideró como un fuerte indicio de que la carpa incidió en el detritus como fuente de alimento considerando su alta aceptabilidad en la dieta del pez y por su elevada disponibilidad.

En el caso de la carpa herbívora, el coeficiente de correlación de Pearson no detectó ninguna relación negativa con los géneros identificados en la comunidad zoológica de ambos estanques. La ausencia de una relación depredatoria puede ser asociada directamente con los hábitos alimentarios de las carpas, que según Leslie *et al.* (1993) a partir de los 3.0 cm de longitud se encuentran definidos hacia los que presenta el adulto, que basan su alimentación en la ingesta de algas filamentosas y macrofitas acuáticas, eliminando por completo al zooplancton y zoobentos de su dieta. El análisis del contenido estomacal

realizado por Rosas (1976), confirmó lo anterior al establecer que la carpa herbívora al alcanzar un peso corporal de 5.8 g define sus hábitos alimentarios, que se ven dominados por su preferencia en las macrofitas y en menor proporción en las algas filamentosas, dependiendo de la disponibilidad de cada fuente. Con esto además se confirmó que la interpretación del coeficiente de correlación negativo como un indicador de la depredación por parte de las carpas en el alimento natural disponible en los estanques fue adecuado, al no haber sido identificada ninguna relación de este tipo entre el crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora y la densidad de los grupos planctónicos y bentónicos presentes en ambos sistemas, como resultado de los hábitos herbívoros de la especie.

Existen investigaciones donde se enfatiza el efecto negativo de la carpa común en los factores ambientales, donde se reporta que como consecuencia directa de sus hábitos alimentarios su crecimiento propicia un drástico incremento en la cantidad de sedimentos suspendidos lo que redundaría en la disminución en la cantidad de luz que penetra al sistema y por lo tanto la productividad y la dinámica general de los nutrientes se ven modificados dramáticamente (Pollard *et al.* 1998, Zambrano e Hinojosa 1999, Zambrano *et al.* 1999). Autores como Chow-Fraser (1998) y Loughheed *et al.* (1998) señalan que la profundidad de visibilidad del disco de Secchi disminuye proporcionalmente con el incremento en tamaño y biomasa de la carpa.

Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio no mostraron ningún tipo de correlación entre el crecimiento de la carpa común con los factores abióticos evaluados, principalmente la profundidad de visibilidad del disco de Secchi, que representa uno de los métodos de mayor uso limnológico para la medición de la cantidad de sedimentos suspendidos en los sistemas acuáticos. Este resultado puede ser explicado, según Trátrai *et al.* (1997), porque el efecto adverso de la carpa sólo se presenta cuando su densidad de siembra excede el límite superior en el que el sistema cambia de su estado de equilibrio “transparente” a un estado estable “turbio” (Scheffer *et al.* 1993). Con lo anterior, además se sustentó que los parámetros abióticos no tuvieron un efecto significativo en el crecimiento de las carpas debido a que se mantuvieron en equilibrio en las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de los peces (Poxton 1991). Este resultado justifica la importancia de mantener la densidad de siembra de las carpas en 7000 ind ha^{-1}

en los estanques de cultivo semi-intensivo del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México; ya que esta densidad además de evitar la presencia de problemas sanitarios en la población de peces, asegura que los sistemas se mantengan en equilibrio, lo que repercute directamente en la obtención de altos rendimientos en los estanques sin la modificación del sistema (Metzker y Mitsch 1997, FAO 1998).

Uno de los efectos negativos atribuido al cultivo de la carpa herbívora es en el proceso de eutrofización por el elevado aporte de materia vegetal semidigerido a través de sus heces. El proceso de eutrofización de los estanques no fue evaluado directamente a través del análisis de los nutrientes, sin embargo, de acuerdo con Carlson y Simpson (1996) la profundidad de visibilidad del disco de Secchi puede ser un indicador indirecto del comportamiento de los nutrientes en los sistemas acuáticos. En este caso el crecimiento de la carpa herbívora no se relacionó con una disminución en este parámetro lo que hace suponer que la densidad de siembra de esta especie fue lo suficientemente baja como para que sus heces no modificaran al sistema. Otra de las posibles razones por las que la presencia de la carpa herbívora no afectó la dinámica ambiental es que la proporción de heces acumuladas pudo haber sido directamente aprovechada por la carpa común en su alimentación, proceso que de acuerdo con Zhu *et al.* (1990) es capaz de reducir dramáticamente su acumulación y eliminar su efecto negativo en la dinámica del sistema.

c) Mortalidad

En los estanques JC y GL las carpas presentaron una mortalidad similar a la reportada por Mazid *et al.* (1997) y Armes *et al.* (1999) en sistemas de cultivo con alimentación suplementaria, pero resultó considerablemente menor a la reportada por Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia (1994) para sistemas con manejo similar al de los estanques GL y JC. En estos estanques el valor de la mortalidad puede ser directamente relacionado con la densidad de siembra utilizada, que de acuerdo con Navarrete y Sánchez (1989) puede reducir al mínimo la posibilidad de que los peces desarrollen enfermedades típicamente relacionadas con la sobrepoblación. Además se presume que las condiciones ambientales también pudieron influir en los bajos valores de mortalidad ya que estos parámetros se encontraron dentro de los límites de tolerancia de las especies cultivadas lo que junto con el

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

uso de fertilizante inorgánico propició una buena condición sanitaria en los peces (Navarrete *com. pers.*).

d) Rendimiento piscícola

Al comparar el rendimiento piscícola obtenido en los estanques JC y GL se observó una clara superioridad en el valor obtenido en el estanque GL de aproximadamente el doble del obtenido en el JC. Una de las posibles causas que puede ser asociada a esta diferencia a pesar de la similitud ambiental detectada es la disimilitud en la disponibilidad de alimento en cada sistema (Nath y Bolte 1998).

De acuerdo con Sum-Wah y Shephard (1988) la cantidad de alimento disponible evaluada a través de la densidad poblacional de los diferentes grupos del zooplancton y zoobentos y su calidad (manifestada por su digestibilidad), pueden ser consideradas como los factores responsables de la diferencia en el rendimiento piscícola. Esta interpretación es consistente con la propuesta por Fernando (1994) y Schwarz *et al.* (1995), quienes determinaron que la digestibilidad de las fuentes asociadas con la alimentación de las carpas juega un papel fundamental en el rendimiento de los estanques porque se relaciona de forma directa con la cantidad de proteína obtenida por los peces cultivados en sistemas semi-intensivos.

En el caso del elevado rendimiento piscícola obtenido en el estanque GL para la carpa común la interpretación del coeficiente de correlación lo relacionó presumiblemente con una alimentación basada en una fuente rica en proteína animal (odonatos, oligoquetos, *Acanthocyclops* sp., *Alona* sp. y *Moina* sp.). Mientras que el menor rendimiento obtenido en el estanques JC estuvo presumiblemente relacionado con una alimentación basada en el detritus integrado por restos vegetales y la comunidad bacteriana que en ella se desarrolla. Esta diferencia de acuerdo con Ackefors y Enell (1994) genera una disimilitud sustancial en la disponibilidad de elementos nutricionales como nitrógeno y fósforo que presentan una disponibilidad metabólica mayor en las fuentes de origen animal que en las de origen vegetal.

Considerando los hábitos alimentarios de la carpa herbívora su alimentación en el estanque GL pudo estar asociada con el uso de fuentes alimentarias de alta digestibilidad, que en este caso según López (1998) resultaron ser las algas filamentosas del género

Scytonema sp., mientras que en el estanque JC se deduce por la menor disponibilidad de fuentes de alimento y basados en los hábitos alimentarios que la carpa herbívora basó presumiblemente su alimentación en las macrofitas acuáticas (e.g. *Juncus imbricatus* y *Ludwigia peploides*, etc.), fuente caracterizada por la baja digestibilidad, lo que pudo repercutir en la obtención de menores rendimientos. Autores como Hajra *et al.* (1987) y Sublette (1990) señalan que esta diferencia en la digestibilidad de las fuentes de alimento disponible es capaz de justificar por sí misma una diferencia sustancial en los rendimientos obtenidos en los estanques de cultivo.

A pesar de la diferencia entre los rendimientos obtenidos por estanque en los sistemas JC y GL, ambos fueron considerablemente mayores a los esperados para zonas templadas, donde se reporta que con el uso de fertilizantes químicos se llega a obtener un rendimiento máximo de $1000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Kestemont 1995). Esta diferencia sustancial puede ser atribuida al tipo de fertilizante químico utilizado en los estanques JC y GL que como se discute a continuación aportó al sistema elementos esenciales para el crecimiento de las carpas cultivadas en condiciones semi-intensivas.

Comparado con el rendimiento reportado para otros sistemas del municipio de Soyaniquilpan de Juárez donde se utilizó fertilización inorgánica, el rendimiento obtenido en el estanque JC resultó ser del doble y del cuádruple en el GL (Elías y Navarrete 1998). Esta diferencia sustancial en el rendimiento obtenido en los estanques JC y GL con respecto a los reportados para otros sistemas cercanos, puede ser atribuida de forma directa al uso de fertilizante enriquecido, que representa una fuente importante de oligoelementos como: Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mo. La relación de estos elementos con el crecimiento de las carpas fue previamente investigada por Kaushik (1995), quien reporta que su importancia no se restringe al incremento en la disponibilidad de alimento natural, ya que su presencia mejora además su calidad nutrimental que determina una mayor disponibilidad de los nutrientes esenciales para el crecimiento de los peces.

Watanabe *et al.* (1997) encontró que la más ligera deficiencia en alguno de los oligoelementos se asocia con un decremento considerable en el rendimiento piscícola. Lo anterior logró confirmar la importancia del uso de este tipo de fertilizante en los estanques rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, para la obtención de altos rendimientos a bajos costos (Santoyo *et al.* 1997).

Considerando que una de las misiones de la Dirección General de Investigación de Acuicultura del Instituto Nacional de Pesca es promover el aprovechamiento integral de los recursos acuáticos con el compromiso de preservar el medio y coadyuvar a la disminución de la pobreza en México (Álvarez-Torres 1996), la aplicación del cultivo de la carpa herbívora y común bajo condiciones semi-intensivas en estanques rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México; probó ser una importante opción para lograr tal objetivo al obtener altos rendimientos con la menor inversión económica.

6 . C O N C L U S I O N E S

- Los estanques JC y GL presentaron características propias de sistemas someros, templados y turbios. Las condiciones químicas de ambos fueron: básicas, ligeramente alcalinas, de dureza moderada y elevada concentración de oxígeno disuelto, superior a la saturación.
- A pesar de ser sistemas permanentes con diferentes regímenes de llenado los estanques presentaron condiciones ambientales que pueden ser consideradas como análogas en ambos sistemas. Se presentó una estacionalidad semestral en su comportamiento relacionado principalmente con el clima de la región.
- Se presume que los sólidos disueltos fueron el factor responsable de la dinámica ambiental de ambos sistemas a través de la modificación en la cantidad de iones disueltos en el agua. Se supone que estos pudieron tener una influencia importante en el crecimiento absoluto en peso de las carpas, a través de la regulación directa del ciclo del nitrógeno, en especial el proceso de nitrificación.
- Las condiciones ambientales en los estanques resultaron estar dentro del intervalo de tolerancia de las carpas, característica fundamental para el cultivo bajo condiciones semi-intensivas, con ello además se justificó que los parámetros abióticos no tuvieran una relación directa sobre su crecimiento.
- La carpa herbívora presentó un mayor crecimiento relativo en peso comparado con el obtenido por la carpa común, este fenómeno puede ser atribuido a la diferencia en la talla de siembra empleada para cada especie, lo que propició que cada especie se encontrara en una fase diferente de crecimiento.
- Se presentó en ambos estanques una mortalidad considerablemente baja relacionada principalmente con la densidad de siembra y a las condiciones ambientales, lo que aseguró que se presentaran buenas condiciones sanitarias en los peces.

- Debido a las condiciones limnológicas análogas de los estanques de cultivo se presume que el comportamiento del crecimiento absoluto en peso de la carpa herbívora y común podría estar directamente relacionado con la disponibilidad de alimento en cada estanque.

- El mayor rendimiento piscícola se obtuvo en el estanque GL donde el crecimiento de la carpa común posiblemente estuvo relacionado con una alimentación basada en fuentes ricas en proteína de origen animal proveniente de los odonatos, oligoquetos, *Acanthocyclops* sp., *Alona* sp. y *Moina* sp. En este sistema se sospecha que el crecimiento de la carpa herbívora se relacionó de forma directa con la alimentación del pez en algas filamentosas del género *Scytonema* sp., que se encontraron en una elevada densidad en el estanque y presentan un elevado índice de digestibilidad.

- Por la elevada fluctuación en la disponibilidad de zooplankton y zoobentos en el estanque JC se presume que las carpas no dependieron de ellos como fuentes de alimento por lo que el menor rendimiento obtenido en este sistema se relacionó presumiblemente con la alimentación de la carpa en fuentes alternativas de alimento que resultaron ser de menor calidad a las del GL. Para la carpa común esta opción estuvo representada por el detritus que se caracteriza por su bajo aporte proteico y con las macrofitas acuáticas (e.g. *Juncus imbricatus* y *Ludwigia peploides*) para la carpa herbívora que se caracterizan por su baja digestibilidad.

- La aplicación del cultivo de la carpa herbívora y común bajo condiciones semi-intensivas en estanques rurales del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México probó ser una importante opción para promover el aprovechamiento integral de los recursos acuáticos al obtener altos rendimientos con una baja inversión económica.

7 . L I T E R A T U R A C I T A D A

- Ackefors, H. y M. Enell. 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *J. Appl. Ichthyol* 10:225-241.
- Aguilera, P., E. Zarza y R. Sánchez. 1988. La carpa y su cultivo. FONDEPESCA. México. 46pp.
- Albany, N., J. Vilchez, A. Nava, M. González y C. Castro del Rincón. 1998. El análisis de conglomerado para complementar el estudio de patrones electroforéticos en *Psidium* spp. *Rev. Fac. Agrón.* 15:142-152.
- Allan, G.L., J.W. Moriarty y G.B. Maguire. 1995. Effects of pond preparation and feeding rate on production of *Penaeus monodon* Fabricius, water quality, bacteria and benthos in model farming. *Aquaculture* 130:329-349.
- Álvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (Claves). Serie de Investigación Pesquera. Estudio I. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. 166pp.
- Álvarez-Torres, P. 1996. Producción e investigación en acuicultura en México. Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para la Acuicultura en Aguas Continentales (REDACUI). 25-31p.
- Ángeles, E.J. 1986. Análisis de la calidad del agua, productividad primaria y crecimiento de la carpa espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) en un sistema de policultivo en relación a tres tipos de fertilizantes. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. México. 140 pp.
- APHA, AWWA y WPCF. 1995. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos. Madrid. 872pp.
- Arredondo, J.L. 1993. Fertilización y fertilizantes. Su uso y manejo en la acuicultura. UAM Iztapalapa. México. 202pp.
- Arredondo, J.L., O. Vera y A. Ortiz. 1984. Análisis de componentes principales y cumulos, de datos limnológicos, en el lago de Alchichica, Puebla. *Biotica* 9(1):23-39.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flóres-Nava. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica* 3/4:1-10.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-Gracia. 1994. Water quality and yields in a polyculture of nonnative cyprinids in Mexico. *Hidrobiológica* 4(1-2):1-8.
- Arrieta, A.M. 1988. Contribución al estudio biológico-pesquero de las especies capturadas con red agallera en el embalse Danxho, Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 75pp.
- Ávila, R., R. Flóres, G. Elías y S. Navarrete. 1998. Determinación del crecimiento de la carpa común *Cyprinus carpio*, en un sistema de fertilización en Soyaniquilpan, Estado de México. Memorias de la Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses. México. 31p.
- Ávila, F.R. y P.I. Peña. 1993. Evaluación del rendimiento de un cultivo de carpa común (*Cyprinus carpio*) en coexistencia con carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) y tilapia (*Oreochromis aureus*) en dos estanques rurales en la localidad de Soyaniquilpan, Estado de México. Informe Metodología Científica y Tecnológica IV. FES Iztacala, UNAM. México. 32pp.
- Billard, R. 1999. Springer-praxis series in aquaculture and fisheries. Praxis Publishes Ltd. Chichester. 342pp.
- Bíró, P. 1995. Management of pond ecosystems and trophic webs. *Aquaculture* 129:121-140.
- Breukelaar, A., E. Lammens, J. Breteler e I. Tátrai. 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll *a*. *Freshw. Biol.* 32:373-386.
- Bukvic, I., M. Kerovec, A. Penkovic y A. Mraovcic. 1998. Impact of carp (Cyprinidae) on plankton and water quality in fish ponds. *Biol. Bratis.* 53:145-157.

- Buttner, K., W. Soderberg y E. Terlizzi. 2001. An introduction to water chemistry in freshwater aquaculture. NRAC 170:1-4.
- Canales, P., M. Evangelista, P. Montiel, S. Nava, S. Garduño y S. Navarrete. 1998. Composición fitoplanctónica y factores abióticos en dos estanques acuícolas fertilizados; de *Cyprinus carpio* en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. Memorias de la Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses. México. 25p.
- Canfield, D.E. y L.M. Hodgson. 1983. Prediction of Secchi disc depths in Florida lakes: Impact of algal biomass and organic color. *Hydrobiologia* 99:51-60.
- Carlson, R.E. y J. Simpson. 1996. A coordinator's guide to lake monitoring methods. North American Lake Management Society. Nueva York. 96pp.
- Chapman, G. y C.H. Fernando. 1994. The diets and related aspects of feeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and common carp (*Cyprinus carpio* L.) in lowland rice fields in northeast Thailand. *Aquaculture* 123:281-307.
- Cházari, E. 1884. Piscicultura en agua dulce. Secretaría de Fomento. México. 828pp.
- Chow-Fraser, P. 1998. A conceptual ecological model to aid restoration of Cootes Paradise Marsh, a degraded coastal wetland of Lake Ontario, Canada. *Wet Ecol. Manage* 6:43-57.
- Cline, J.M., T.L. East y S.I. Threlkeld. 1994. Fish interactions with the sediment-water interface. *Hydrobiologia* 275/276:301-311.
- Comisión Nacional del Agua. 1993. Agenda de la Comisión Nacional del Agua. México. 322pp.
- Conteras, R.G. 1990. Evaluación de algunos atributos poblacionales de *Cyprinus carpio* en La Goleta, Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 38pp.
- Conteras, R.G., N.S. Navarrete, G.F. Elías y M.B. Rojas. 1999. Corixidos (Hemiptera, Corixidae) presentes en un estanque piscícola del Estado de México y su relación con algunos parámetros ambientales. *Hidrobiológica* 9(2):95-102.
- Conteras, R.G., N.S. Navarrete, G.F. Elías y M.B. Rojas. 2001. Aspectos ecológicos de los Corixidae (Hemiptera, Heteroptera) en el estanque piscícola "GL" de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. *Hidrobiológica* 11(1):53-60.
- Cordero, G.A. y C.R. Gil. 1986. Evaluación biológico-pesquera de *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* en el embalse La Goleta, Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 67pp.
- Crisi, V. y F. López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. OEA. Washington D.C. 132pp.
- Deb, D. 1995. Scale-dependence of food web structures: tropical ponds as paradigm. *OIKOS* 72:245-262.
- De la Lanza, E.G., N. Sánchez-Santillán y A.H. Esquivel. 1998. Análisis temporal y espacial fisicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. *Hidrobiológica* 8(2):89-96.
- Demey, J.R., M. Adams y H. Freitas. 1994. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. *Agron. Trop.* 44(3):475-497.
- De Stasio, B.T. 1990. The role of dormancy and emergence patterns in the dynamics of a freshwater zooplankton community. *Limnol. Ocenogr.* 35(5):1079-1090.
- Dimitrov, M. 1984. Intensive polyculture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and herbivorous fish silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* L.) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture* 38:241-253.
- Downie, N.M. y R.W. Heath. 1990. Métodos estadísticos aplicados. Harla. México. 374pp.
- Dussart, B.H. y D. Defaye. 1995. Copepoda 7. En Dumont H.J. (Ed.), Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing. Holanda. 277pp.
- Edmonson, W.T. 1971. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 25-73p.

- Edwards, P. 2000. Aquaculture, poverty impacts and livelihoods. ODI 56:1-4.
- Elías, F.G. 1994. Cultivo de la carpa común (*Cyprinus carpio*) en un bordo del Estado de México considerando la composición y algunos aspectos sobre la variación temporal de los grupos zooplanktónicos y del macrobentos, durante dos periodos de cultivo. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 84pp.
- Elías, F.G. y N.S. Navarrete. 1997. Composición y variación temporal de las larvas de mosquito (Insecta: Diptera: Chironomidae) en un bordo piscícola. Cuad. Mex. Zool. 3(1):9-15.
- Elías, F.G. y N.S. Navarrete. 1998. Crecimiento y producción de carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) durante la época de sequía y lluvias en un bordo del Estado de México, México. Hidrobiológica 8(2):117-123.
- Escobar, R., A. Morales, G. Elías, C. Maya, J. Solís, F. Nava, L. Cortés, G. Contreras, M. Villarreal y E. Kato. 1987. Composición y variación estacional de las comunidades del macrobentos del embalse Tiacaque, Estado de México. Memorias del XI Simposio de Biologías de Campo. FES Iztacala, UNAM. 37-48p.
- FAO. 1993. Fishery information. Data and Statistics Service. Aquaculture Production 1985-1991. FAO. Roma. 213pp
- FAO. 1998. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. FAO Roma. 70 pp.
- Felicísimo, A.M. y M.A. Álvarez. 1982. Aplicación del análisis de componentes principales al régimen termoplumiométrico de Asturias. Memorias del VII Simposio de Bioclimatología Sevilla. 565-581p.
- Fernando, C.H. 1994. Zooplankton, fish and fisheries in tropical freshwaters. Hydrobiologia 272:105-123.
- Francis, D.R. y T.C. Kane. 1995. Effect of substrate on colonization of experimental ponds by Chironomidae (Diptera). J. Freshw. Ecol. 10(1):57-63.
- Fugetti, E. y W. Fisher. 1964. Resultados cuantitativos del zooplancton. Colecta frente a la costa chilena por la expedición "Mar Chile". Montemar 4:137-200.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. México. 217pp
- García-Berthou, E. 2001. Size- and depth-dependent variations in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). Aqua Sci. 63(4):466-476.
- Gaviño, T.C., L. Juárez y T. Figueroa. 1978. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Limusa. México. 166pp.
- GEM. 1993. Atlas general del Estado de México. IIIGCEM, Secretaría de Finanzas. México. 125pp
- Giske, J., G. Huse y Ø. Fiksen. 1998. Modelling spatial dynamics of fish. Rev. Fish Biol. Fish. 8:57-91.
- Gliwicz, Z.M. 1994. Relative significance of direct and indirect effects of predation by planktivorous fish on zooplankton. Hydrobiologia 272:201-210.
- González, G., E. Mendoza y G. Nájera. 1998. Efecto de la fertilización inorgánica sobre el zooplancton de dos estanques en el Estado de México. Memorias de la Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses. 26p.
- Gophen, M., Y. Yehuda, A. Malinkov y G. Degani. 1998. Food composition of the fish community in Lake Agmon. Hydrobiologia 380:49-57.
- Guiral, D., R. Arfi, M. Bouvy, M. Pagano y L. Saint-Jean. 1994. Ecological organization and succession during natural recolonization of a tropical pond. Hydrobiologia 249:229-242.
- Hajra, A. S. Tripathi, D. Nath, J. Chatterjee y H. Karmakar. 1987. Comparative digestibility of dietary plant fiber in grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val). Proc. Nat. Sci. India Section B. 57(3):231-236.
- Hambright, K.D. 1994. Morphological constraints in the piscivore-planktivore interaction: Implications for the trophic cascade hypothesis. Limnol. Oceanogr. 39(4):897-912.
- Hargreaves, J.A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. Aquaculture 166:181-212.

- Hernández-Avilés, J.S. y B. Peña-Mendoza. 1992. Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el Estado de Morelos, México. *Hydrobiológica* 3/4:11-23.
- Hinojosa, D. y L. Zambrano. 1998. Relación del acocil (*Cambarellus montezumae lermensis*) y la carpa (*Cyprinus carpio*) en embalses del Alto Lerma. Memorias de la Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses. 4p.
- Hulata, G. 1995. A review of genetic improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. *Aquaculture* 129:143-155.
- Hungerford, H.B. 1977. The Corixidae of the Western Hemisphere (Hemiptera). *Sci. Bull. Kansas*. 1-827.
- Inuma, M., K. Sharma y P. Leung. 1999. Technical efficiency of carp pond culture in peninsula Malaysia: an application of stochastic production frontier and technical inefficiency model. *Aquaculture* 175:199-213.
- INEGI. 2000. Resumen del XII Censo General de Población y Vivienda. INEGI México. 765pp.
- Ivey, G.L. 1998. Carp, an old enemy at Malheur National Wildlife Refuge, Oregon. *ANS Dig.* 2(4):44-47.
- Iwata, K.N., J.L. Takamura, X. Li, B. Zhu y I. Miura. 1992. Eco-physiological studies of Chinese integrated fish culture: I. Decomposing processes of grass carp feces under aerobic laboratory conditions. *Jap. J. Limnol.* 53(4):341-354.
- Jana, B.B. y R. Chakrabarti. 1993. The effect of management protocols for juvenile carp (*Cyprinus carpio*) culture on life history responses of a zooplankton food source, *Moina micrura* (Kurz.). *Aquaculture* 110:285-300.
- Kaushik, S.J. 1995. Nutrient requirements, supply and fertilization in the context of carp culture. *Aquaculture* 129:225-241.
- Kennedy, J.B. y A.M. Neville. 1982. Estadística para ciencias e ingeniería. Harla. México. 468pp.
- Kestemont, P. 1995. Different systems of carp production and their impacts on the environment. *Aquaculture* 129:347-372.
- Khaitov, K.K., I.I. Ibragimov y E.O. Omorov. 1991. Diet of juvenile fishes in Nayman reservoir. *Hydrobiol. J.* 27(4-6):63-70.
- Korovchinsky, N.M. 1992. Sididae and Holopediidae (Crustacea: Daphniiformes) 3. En Dumont H.J.(ed), Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing. Holanda. 293pp.
- Kunz, I. 1988. El uso de la estadística para la construcción de clasificaciones y regionalizaciones. Serie Varia I(II). 34pp.
- Lammens, E.H. 1999. The central role of fish in lake restoration and management. *Hydrobiologia* 395/396:191-198.
- Lara, A.V. 1998. Análisis del crecimiento de *Cyprinus carpio* y la abundancia, variación y composición del macrobentos en dos estanques rurales. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 43pp.
- Leslie, A.J. y G.J. Kobylnski. 1985. Benthic macroinvertebrate response to aquatic vegetation removal by grass carp in north-Florida reservoir. *Florida Sci.* 48(4):220-231.
- Leslie, A.J., R.S. Hestand y J.M. van Dyke. 1993. Grass carp: Lakes and large impoundments. *D. Res. Aqua* 5(2):1-24.
- Liang, Y., H. Cheung, S. Everitt y H. Wong. 1999. Reclamation of wastewater for polyculture of freshwater fish: Fish culture in ponds. *Wat. Res.* 33(9):2099-2109.
- Libes, S.M. 1992. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley and Sons. Nueva York 734 pp.
- Lin, Z., C. Ji-Zu, Z. Mei-Di, O. Hai, C. Fen-Chang, L. You-guang, Z. Zhen-Linag y S. Zhi-Feng. 1980. Pond fish culture in China. FAO. Roma. 136pp.
- Lindgaard, C. 1994. The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. *Hydrobiologia* 275/276:313-322.

- Loera, P.J. y Galindo, S.M.C. 1994. Evaluación de un policultivo piscícola en dos bordos permanentes en el Estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Zaragoza, UNAM. México. 117 pp.
- López C.Y. 1997. Comparación del crecimiento de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) cultivada en dos estanques, en relación con los grupos algales dominantes. Memorias del XXI Simposio de Biologías de Campo y XIV Coloquio de Investigación Estudiantil. FES Iztacala, UNAM. México. 7-23p.
- López, C.Y. 1998. Crecimiento de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella* Val.) cultivada en dos estanques rurales de Soyaniquilpan, Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 61pp.
- López, C.Y., T.D. Hernández, G.L. Santiago y A.V. Lara. 1996. Crecimiento de la carpa herbívora y común en estanques enriquecidos con NUMIFER. Memorias del XX Simposio de Biologías de Campo y XIII Coloquio de Investigación Estudiantil. FES Iztacala, UNAM. México. 17-32p.
- López- López, E. y J.A. Serna-Hernández. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. Rev. Biol. Trop. 47:523-537.
- Lorenzen, K. 1996. A simple von Bertalanffy model for density-dependent growth in extensive aquaculture, with an application to common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 142:191-205.
- Lougheed, V.L., B. Crosbie y P. Chow-Fraser. 1998. Predictions on the effect of common carp (*Cyprinus carpio*) exclusion on water quality, zooplankton, and submergent macrophytes in a Great Lakes wetland. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55:1189-1197.
- Lugo, V.A. 2000. Variación espacial y temporal de la estructura de la comunidad planctónica del lago de Alchichica, Puebla, con algunos aspectos de interacciones tróficas. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 98 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega Barcelona. 1010pp.
- Masser, M.P. 2000. Cage culture. Site selection and water quality. NRAC 161:1-4.
- Mazid, M.A., M. Zaher, N.N. Begum, M.Z. Ali y F. Nahar. 1997. Formulation of cost-effective feed from locally available ingredients for carp polyculture system for increased production. Aquaculture 151:71-78.
- McCafferty, W.P. 1981. Aquatic entomology. The fishermen's and ecologist's illustrated guide to insects and their relatives. Science Books International. Massachusetts. 448pp.
- Metzker, K.D. y W.J. Mitsch. 1997. Modelling self-design of the aquatic community in newly created freshwater wetland. Ecol. Model. 100:61-86.
- Milstein, A., M. Feldite, N. Mozes y Y. Avnimelech. 1989. Limnology of reservoirs used for fish farming and crop irrigation, with integrated free and cage fish culture. Bamidgeh 41(1):12-22.
- Milstein, A., A. Alkon, I. Karplus, M. Kochba y Y. Avnimelech. 1993. Water quality and freshwater fish culture intensification: The Israeli Example. Aquacult. Fish. Manage. 24(6):715-724.
- Miranda, M. 1992. Dinámica de la abundancia de Corixidae, en un estanque del municipio de Soyaniquilpan, Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). UNAM, FES Iztacala. 37pp.
- Morales-Román, M. y R. Rodiles-Hernández. 2000. Implicaciones de *Ctenopharyngodon idella* en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas. Hidrobiológica 10(1):13-24.
- Moriarty, D.J. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. Aquaculture 151:333-349.
- Nath, S.S. y J.P. Bolte. 1998. A water budget model for pond aquaculture. Aquacult. Eng. 18:175-188.

- Nava, Z.M. 1995. Evaluación del cultivo de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella* Cuv. et Val., 1844) en un sistema de estanquería rústica, bajo fertilización orgánica e inorgánica en el Estado de México. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Iztacala, UNAM. México. 60pp.
- Navarrete, S.N. 1995. Abundance reproduction and nourishment of fishes in four reservoirs in Mexico State. Tesis Ph. D. Pacific Western University, EUA. 29pp.
- Navarrete, S.N., F. Elías, G. Contreras y M. Rojas. 2000. Policultivo de carpas y tilapia en bordos rurales del Estado de México. *Hidrobiológica* 10(1):35-40.
- Navarrete, S.N. y R.M. Sánchez. 1988. Cultivo de la carpa en el Estado de México. Una alternativa en la producción de alimento. *Acuavisión* 12:33-34.
- Navarrete, S.N. y R.M. Sánchez. 1989. El sistema de policultivo de peces en el medio rural mexicano. *Rev. Lat. Acui.* 39:45-68.
- Navarrete-Salgado y Elías-Fernández. 1993. Composición y abundancia del zooplancton en un sistema piscícola del Estado de México. *Cuad. Mex. Zool* 1(1):8-14.
- Novotny, V. y H. Olem. 1994. Water quality. Van Nostrand Reinhold. Nueva York. 1054 pp.
- Nürnberg, G.K. 1995. Quantifying anoxia in lakes. *Limnol. Oceanogr.* 40:1100-1111.
- Orbe, M., A. Romero y G. Acevedo. 1999. Producción y rendimiento pesquero en la Presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México. *Hidrobiológica* 9(1):1-8.
- Palomino, S.G., M.L. Ethel y C.L. Albor. 1984. Evaluación de algunos parámetros abióticos relacionados con el crecimiento de la *Tilapa* sp. en el bordo temporal Chavarría, Municipio de Coatlán del Río, Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura (Biología). FES Zaragoza, UNAM. México 59 pp.
- Papoutsoglou, S.E., G. Petropoulos y R. Barbieri. 1992. Polyculture rearing of *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis aureus* (St.) using a closed circulated system. *Aquaculture* 103:311-320.
- Parra Castillo, L.R. 1994. Cultivo de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) en policultivo en estanques rurales, en una localidad en San Francisco, Soyaniquilpan, Estado de México. Informe Metodología Científica y Tecnológica V. FES Iztacala, UNAM México. 41pp.
- Payne, A.I. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. John Wiley and Sons. Nueva York. 301 pp.
- Pennak, R.W. 1989. Fresh-water invertebrates of the United States. John Wiley and Sons Inc. Nueva York. 803pp.
- Pesca. 1998. Anuario estadístico del Instituto Nacional de Pesca. México. 127 p.
- Phelps, R. 1981. Nutrición de peces. Auburn University. EUA. 100pp.
- Pinder, L.V. 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Key and diagnoses. Part I. Larvae. *Entomol. Scandinavia Suppl.* 19:1-500.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. OEA. Washington. 97pp.
- Polhemus, I.J. 1984. Aquatic and semiaquatic Hemiptera. En Merritt, W.R. y K.W. Cummins (Eds.), An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt. Michigan. 767pp.
- Pollard, A.I., M.J. González, M.J. Vanni y J.L. Headworth. 1998. Effects of turbidity and biotic factors on the rotifer community in an Ohio reservoir. *Hydrobiologia* 387/388:215-223.
- Poxton, M. 1991. Water quality fluctuations and monitoring in intensive fish culture. *Aqua. Env.* 16:121-140.
- Prepas, E.E. 1984. Some statistical methods for the design of experiments and analysis of samples. En Downing J.A. y F.H. Rigler (Eds.), A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 266-332p.
- Prinsloo, J.F. y H.J. Schoonbee. 1986. Summer yield of fish in Transkei, South Africa using pig manure with and without formulated feed. *S. Afri. J. Anim. Sci.* 16:65-71.
- Qin, J. y D.A. Culver. 1996. Effect of larval fish and nutrient enrichment on plankton dynamics in experimental ponds. *Hydrobiologia* 321:109-118.
- Quiroz, C.H. 1990. Fertilización intensiva en estanques rústicos de producción ejidal con policultivo piscícola; como estrategia de integración de procesos agropecuarios en la

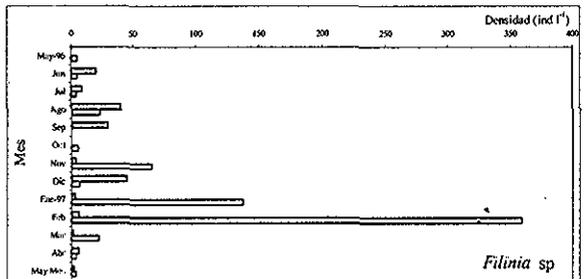
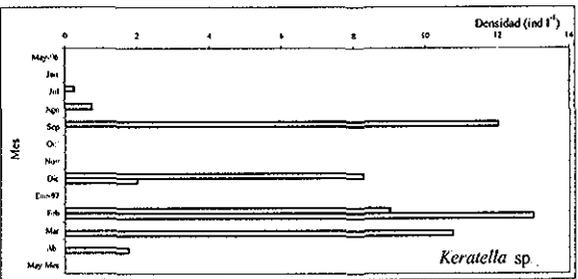
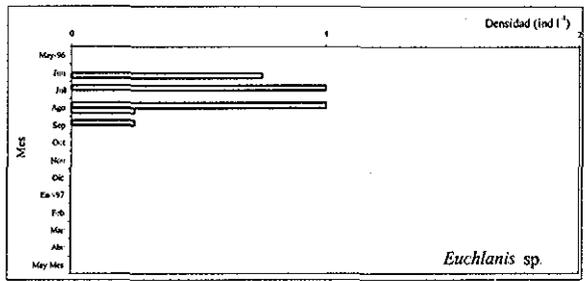
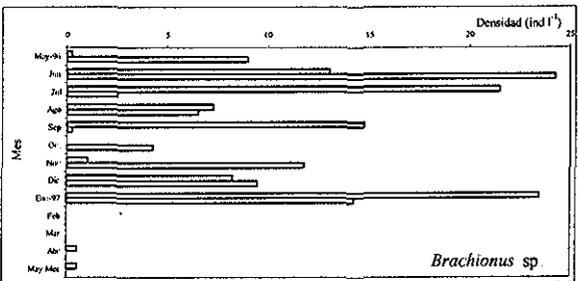
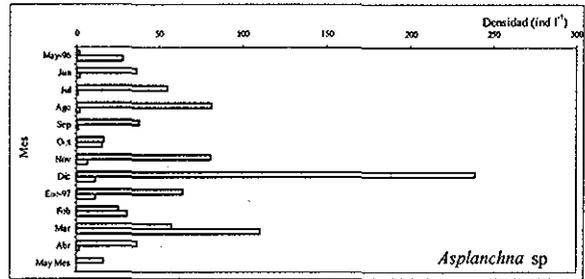
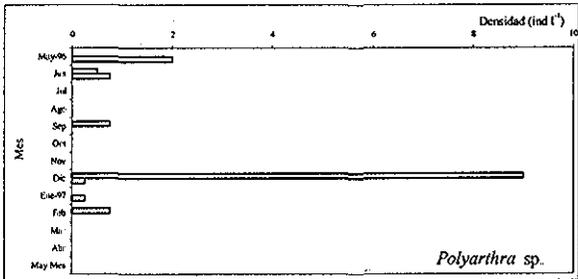
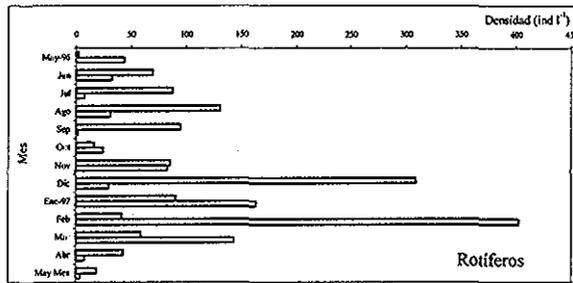
- acuicultura, en el Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. México. 85pp.
- Rabinovich, J.E. 1982. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Continental. México. 147pp.
- Ramesh, M.R., K.M. Shankar, C.U. Mohan y T.J. Varghese. 1999. Comparison of three plant substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. *Aquacult. Eng.* 19:119-131.
- Ramírez, R. 1996. Necesidades de investigación en la acuicultura rural. Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para la Acuicultura en aguas continentales (REDACUI). 32-40p.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. En Hoar W.S., D. Randall y J.R. Brett (Eds.), *Fish physiology*. Academic Press Inc. EUA. 677-738p.
- Riera, P., J. Juet y F. Martinet. 1991. Predatory-prey interactions: Effects of carp predation on Tubificid dynamics and carp production in experimental fishpond. *Hydrobiologia* 226:129-136.
- Riise, J.C. y N. Roos. 1997. Benthic metabolism and the effects of bioturbation in fertilized polyculture fish pond in northeast Thailand. *Aquaculture* 150:45-62.
- Rivera, M.V. 1996. Estudio de la factibilidad para el cultivo de carpa. Tesis de Licenciatura (Economía). Facultad de Economía, UNAM. México 73 pp.
- Rodríguez, G.M. 1996. La investigación de la carpa en México. Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para la Acuicultura en aguas continentales (REDACUI) 52-64p.
- Rosas, M.M. 1976. Reproducción natural de la carpa herbívora en México (*Ctenopharyngodon idellus* Cyprinidae). Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales. 1-28p.
- Rosas, M.N. 1982. Biología acuática y piscicultura en México. SEP. México. 379 pp.
- Russell, J.B. y A. Larena. 1990. Química general. McGraw-Hill. México. 980 pp.
- Sánchez, M.R. y S.N. Navarrete. 1986. Crecimiento y rendimiento de la carpa común (*Cyprinus carpio specularis*), en dos bordos del Estado de México. Memorias del I Simposio Nacional de Acuicultura, Pachuca Hidalgo. 16-27p.
- Sánchez, M.R. y S.N. Navarrete. 1987. Rendimiento de la carpa espejo (*Cyprinus carpio specularis*) en bordos del Estado de México. *Rev. Lat. Acui.* 33:35-44.
- Santoyo, M., L. Doroteo, G. Rivera, A. Medina, S. Ortega, M. Mendoza y H. Maldonado. 1997. Evaluación económica y biológica de un cultivo de carpas (*Cyprinus carpio* y *Ctenopharyngodon idella*) en estanques rurales del Estado de México. Memorias del XXI Simposio de Biologías de Campo y XIV Coloquio de Investigación Estudiantil. FES Iztacala, UNAM. México. 24-37.
- SARH. 1982. Manual de técnicas de muestreo y análisis de plancton y perifiton. Dirección General de Protección y Ordenamiento Subsecretaría de Planeación Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación. México. 223pp.
- Scheffer, M., S.H. Hosper, M.L. Meijer, B. Moss y E. Jeppesen. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *TREE* 8(8):275-279.
- Schroeder, G.L. 1980. The breakdown of feeding niches in fish ponds under natural conditions of severe competition. *Bamidgeh* 32(1):20-24
- Schroeder, G.L., G. Wohlfarth, A. Alkon, A. Halevy y H. Krueger. 1990. The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. *Aquaculture* 86:219-229.
- Schwarz, F.J., M. Oberle y M. Kirchgessner. 1995. Nutrient content of zooplankton in carp ponds. *Aquaculture* 129:251.
- Sehgal, H.S. y H.S. Toor. 1995. Effect of stocking density on ovarian maturation, offspring fitness and growth of common carp. *Aquaculture* 129:113-117.

- Sharma, K.R., P. Leung, H. Chen y A. Peterson. 1999. Economic efficiency and optimum stocking densities in fish polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms. *Aquaculture* 180:207-221.
- Shrestha, M.K. y R.C. Bhujel. 1999. A preliminary study on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) polyculture with common carp (*Cyprinus carpio*) fed with duckweed (*Spirodela* sp.) in Nepal. *As. Fish. Sci.* 12:83-89.
- Solima, A., A. El-Horbeety, A. Essa, M. Kosba y I. Kariony. 2000. Effects of introducing ducks into fish ponds on water quality, natural productivity and fish production together with the economic evaluation of the integrated and non-integrated systems. *Aquacul. Int.* 8:315-326.
- Spataru, P., B. Hopher y A. Halevy. 1980. The effect of the method of supplementary feed application on the feeding habits of carp (*Cyprinus carpio* L.) with regard to natural food in ponds. *Hydrobiologia* 72:171-178.
- Specziár, A., L. Tölg y P. Bíró. 1997. Feeding strategy and growth of cyprinids in the littoral zone of Lake Balaton. *J. Fish Biol.* 51:1109-1124.
- STATISTICA®. 1998. Principal components and factor analysis. Electronic Textbook Ver. 5.1. StatSoft Inc. Oklahoma. 1-9p.
- Stimpson, K.S., D.J. Klemm y J.K. Hiltunen. 1982. A guide to the freshwater Tubificidae (Annelida: Clitella: Oligochaeta) of North America. EUA. 573pp.
- Suárez, E., A. Vázquez y E. Solís. 1991. Variaciones espacio-temporales de distribución y abundancia de rotíferos planctónicos en la presa J.A. Alzate, México, durante un ciclo anual. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 18(2):217-227.
- Suárez-Morales, E., A. Vázquez-Mazy y E.M. Solís. 1993. On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir, a seasonal survey. *Hidrobiológica* 3(1-2):71-80.
- Sublette, J.E., M-D. Hatch y M. Sublette. 1990. The fishes of New Mexico. University of New Mexico Press. Albuquerque. 1-37p.
- Sugunan, V.V. 2000. Ecology and fishery management of reservoirs in India. *Hydrobiologia* 430:121-147.
- Sum-Wah, L. y K.L. Shephard. 1988. Some effects of natural food levels and high-protein supplement on the growth of carp. *Aquaculture* 72:131-138.
- Swann, L. 1990. A basic overview of aquaculture and production methods. *Progr. Ext. Bull.* 1:11-22.
- Szumiec, J. 1993. Improvement of carp fingerling culture. Effect of different numbers and stock quality on production results. *Acta Hidrobiol.* 35(3):243-260.
- Szumiec, M.A. y A. Maliczak. 1995. Validation of a model of 2-year-old carp growth. *Aquaculture* 129:337-340.
- Tacon, G.J. y S.S. de Silva. 1997. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. *Aquaculture* 151:379-404.
- Tacon, G.J., M.J. Phillips y U.C. Barg. 1995. Aquaculture feeds and the environment: the Asian experience. *Wat. Sci. Tech.* 10:41-59.
- Takamura, N., X. Zhu, H. Yang, X. Jiang, J. Li, Z. Mei, Z. Shi y Y. Tan. 1995. Characteristics of plankton communities in Chinese integrated fish ponds: effects of excessive grazing by planctivorous carps on plankton communities. *Hydrobiologia* 315:211-225.
- Teichert, C.D.R. y P. Phelps. 1989. Effects of seepage on water quality and productivity of inorganically fertilized tropical ponds. *J. Aquacult. Trop.* 4:85-92.
- Trátrai, I., J. Oláh, G. Paulovits, K. Mátyás, B. Kawiecka, V. Józsa y F. Pekár. 1997. Biomass dependent interactions in pond ecosystems: responses of lower trophic levels to fish manipulations. *Hydrobiologia* 345:117-129.
- Van Ooyen, A. 2001. Theoretical aspects of pattern analysis. En Dijkshoorn L., K.J. Tower y M. Struelens (Eds), *New approaches for generation and analysis of microbial fingerprints* Elsevier. Amsterdam. 31-45p.

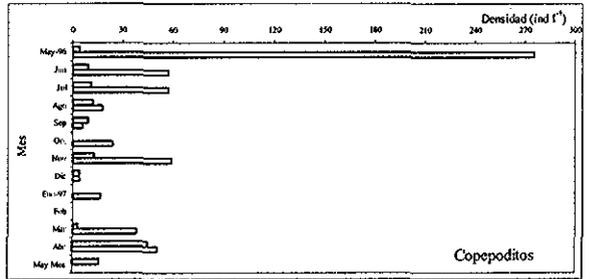
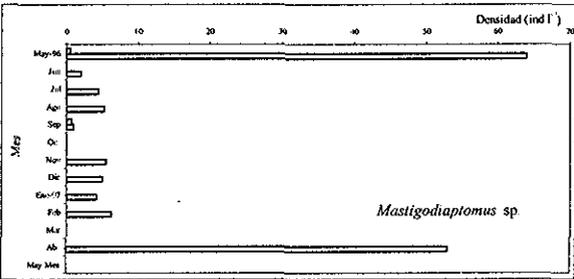
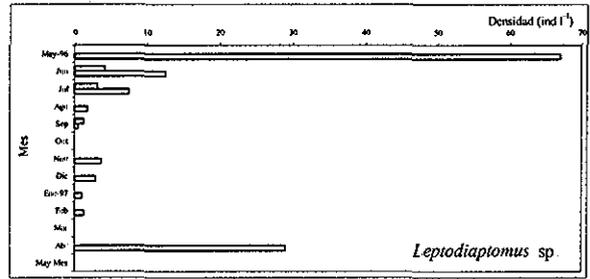
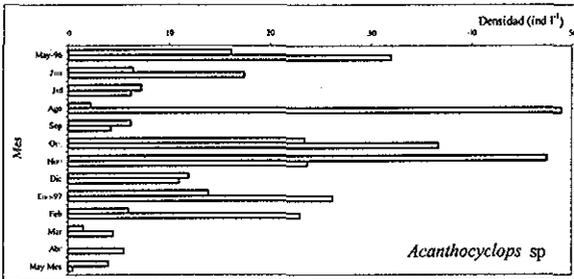
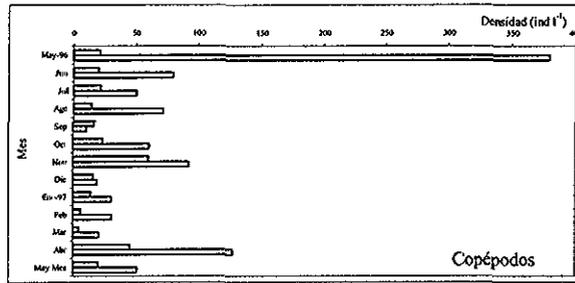
- Von Lukowicz, M. 1994. Site selection and regulation issues for trout and carp fish farming in Germany. *J. Appl. Ichthyol.* 10:312-318.
- Watanabe, T., V. Kiron y S. Satoh. 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture* 151:185-207.
- Wurts, W.A. y R.M. Durborow. 1999. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish pond. *NRAC* 464:1-4.
- Yamane, T. 1979. *Estadística*. Hephher and Row Latinoamericana. México. 771pp.
- Yusoff, M.F. y C.D. McNabb. 1989. Effects of nutrient availability on primary productivity and fish production in fertilized tropical ponds. *Aquaculture* 78:303-319.
- Zambrano, L. 1999. Cambios en la dinámica del sistema dulceacuícola por la introducción de carpas (*Cyprinus carpio*) en pozas del municipio de Acambay, Estado de México. Tesis de Doctorado en Ecología. Facultad de Ciencias, UNAM. 114 pp.
- Zambrano, L. y D. Hinojosa. 1999. Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. *Hydrobiologia* 408/409:131-138.
- Zambrano, L., M.R. Perrow, C. Macías-García y V. Aguirre-Hidalgo. 1999. Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. *J. Aq. Ecosis* 6:281-288.
- Zambrano, L., M. Scheffer y M. Martínez-Ramos. 2001. Catastrophic response of lakes to benthivorous fish introduction. *OIKOS* 94:344-350.
- Zar, H.J. 1984. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall. Nueva Jersey. 718pp.
- Zhu, Y., Y. Yang, J. Wan, D. Hua y J.A. Mathias. 1990. The effect of manure application rate and frequency upon fish yield in integrated fish farm ponds. *Aquaculture* 91:233-251.
- Zur, O. 1980. The importance of chironomid larvae as natural feed and as biological indicator of soil condition in ponds containing common carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Sarotherodon aureus*). *Bamidgeh* 32(3):66-77.
- Zweig, R.D. 1989. Evolving water quality in a common carp and blue tilapia high production pond. *Hydrobiologia* 171:11-21.

A N E X O S

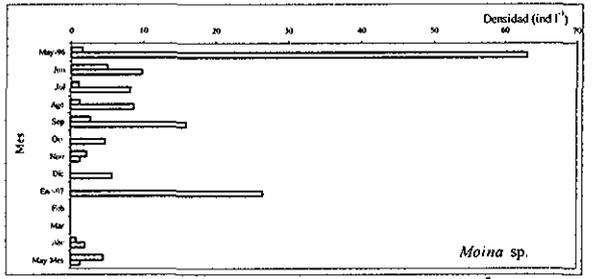
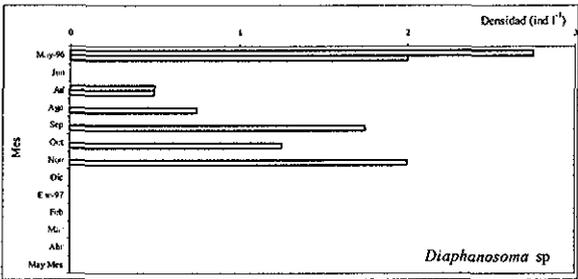
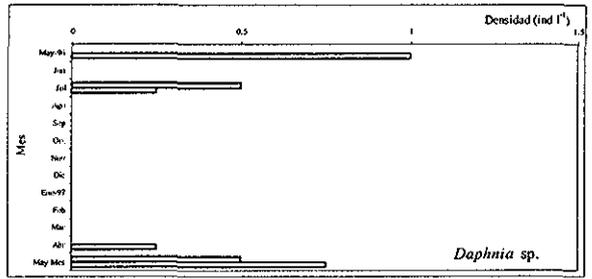
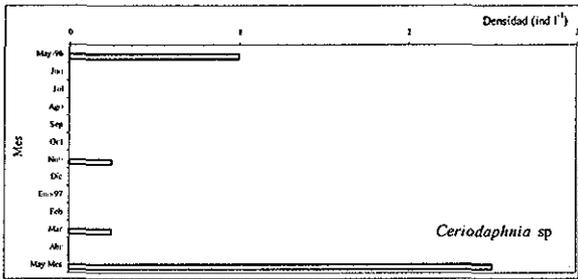
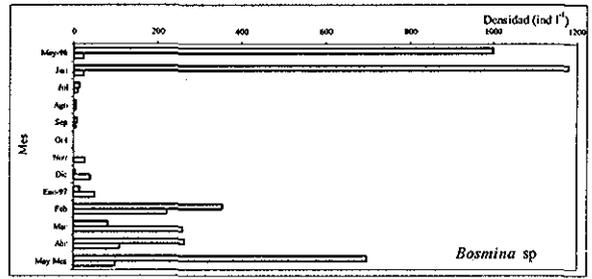
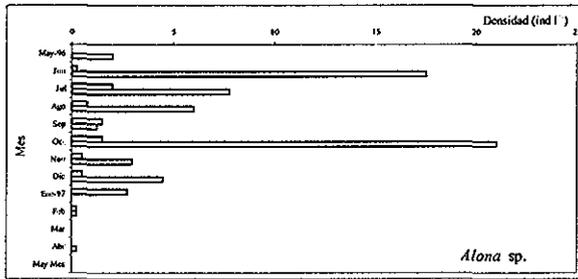
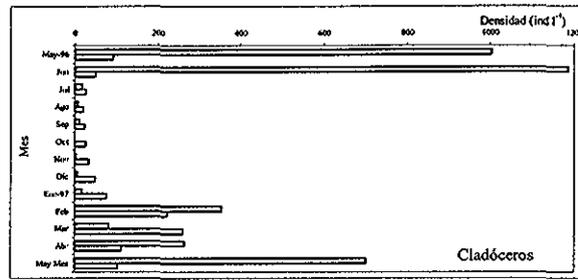
Anexo 1



Variación mensual de la densidad absoluta de los géneros de rotíferos del estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.



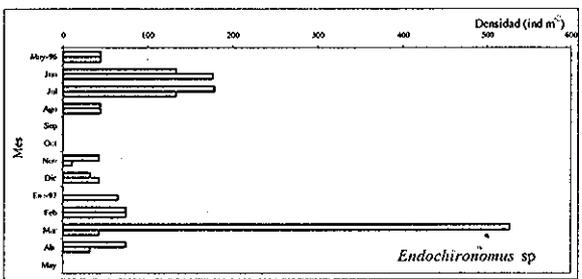
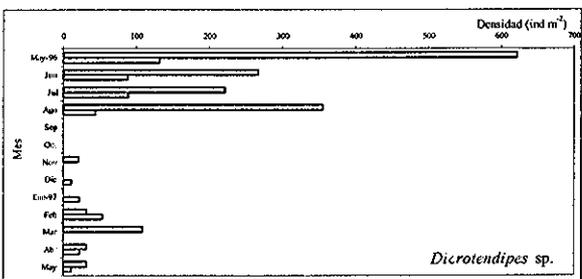
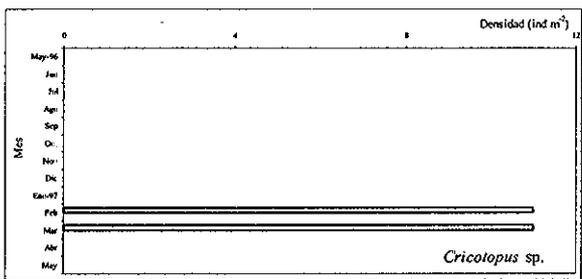
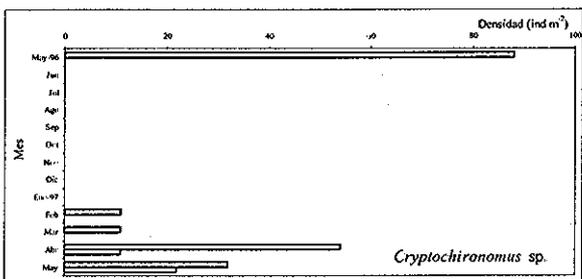
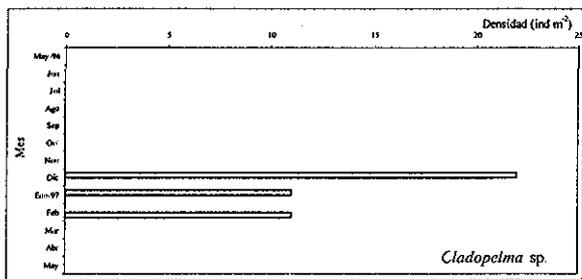
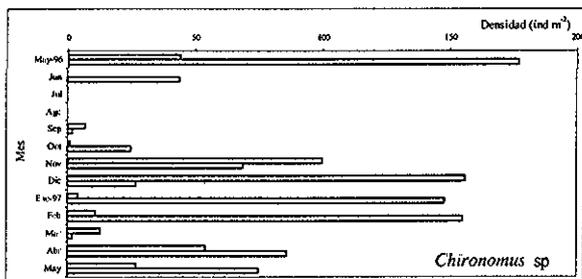
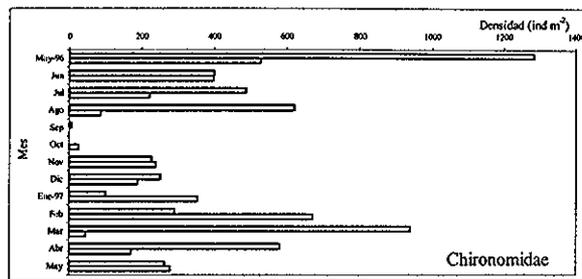
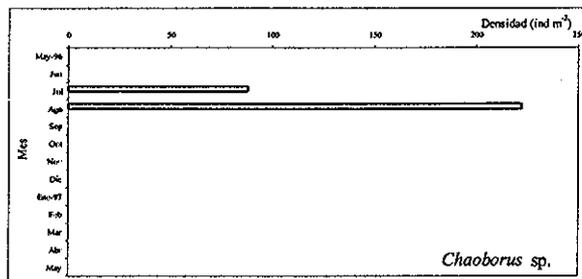
Variación mensual de la densidad absoluta de los géneros de copépodos del estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.



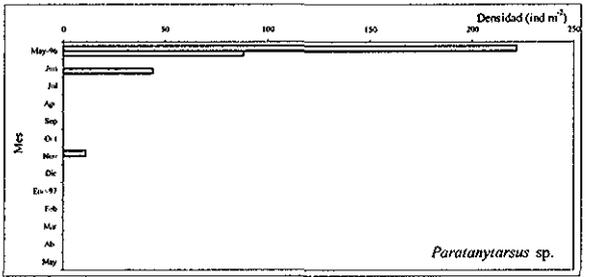
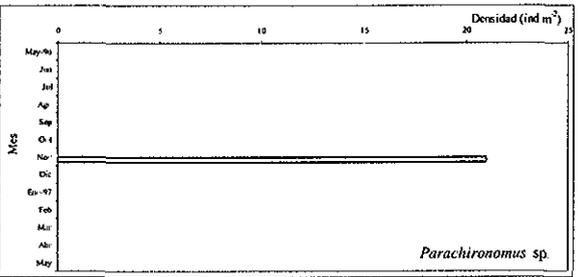
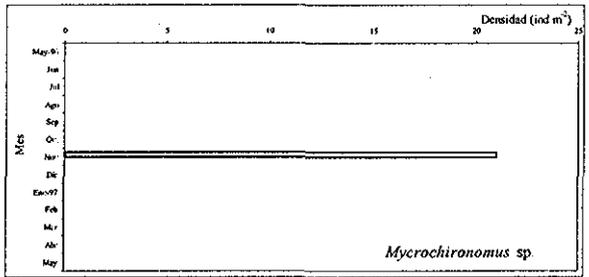
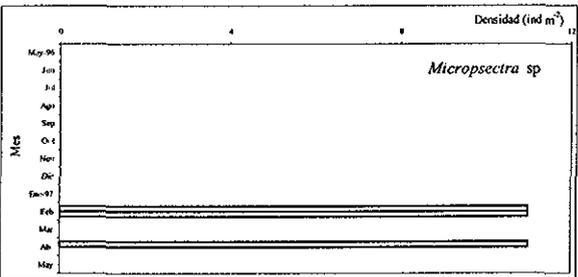
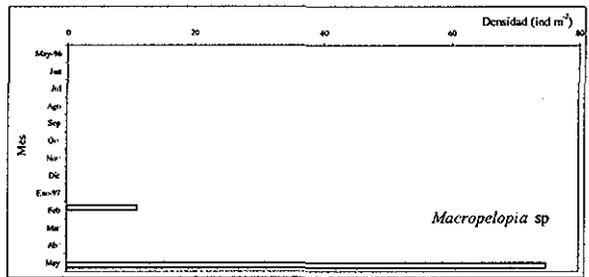
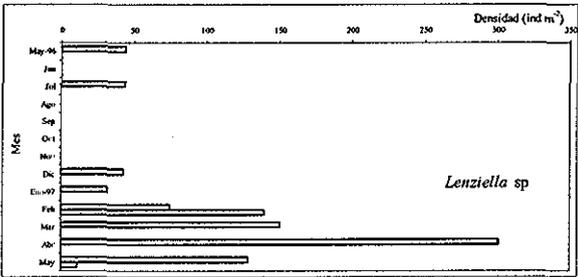
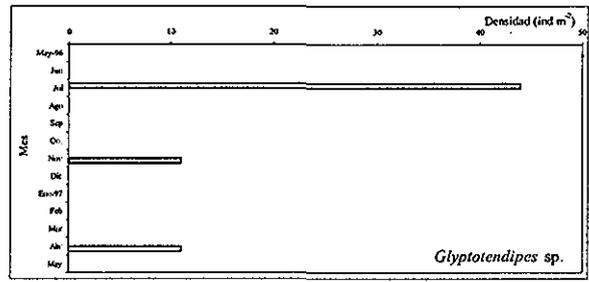
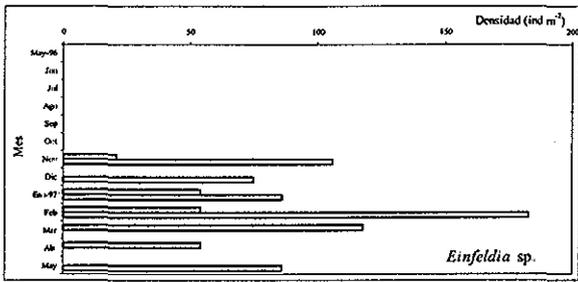
Variación mensual de la densidad absoluta de los géneros de cladóceros del estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

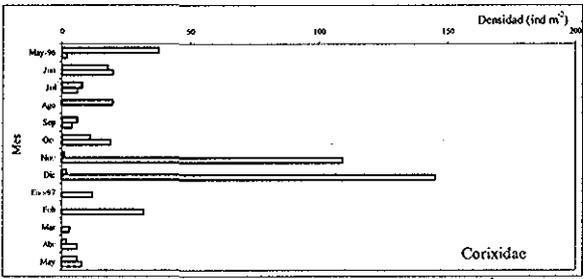
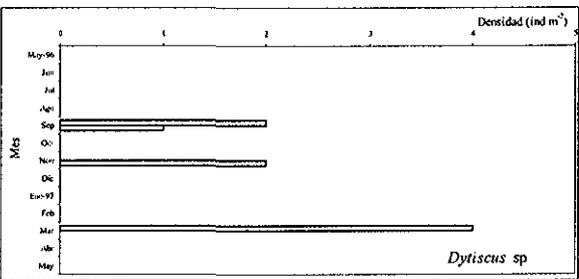
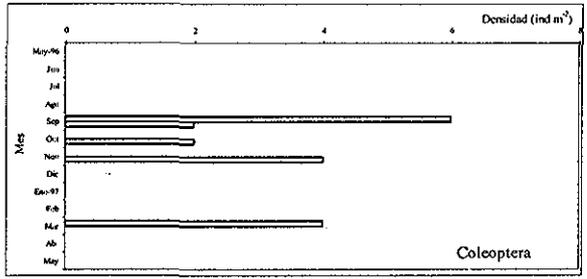
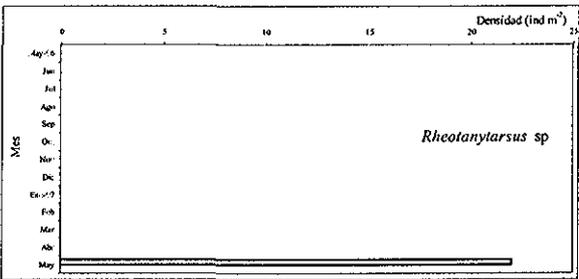
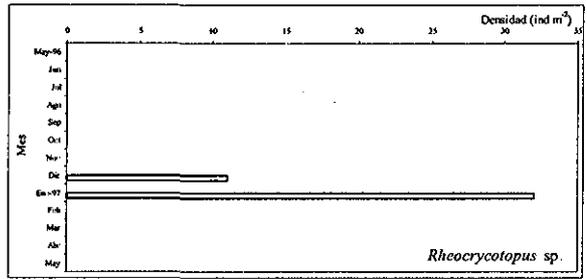
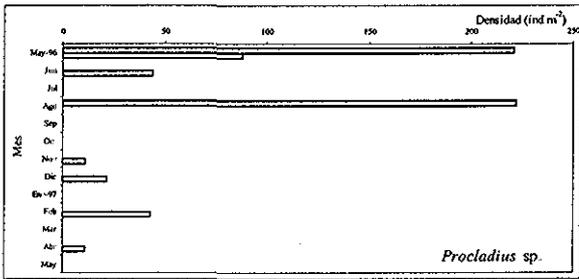
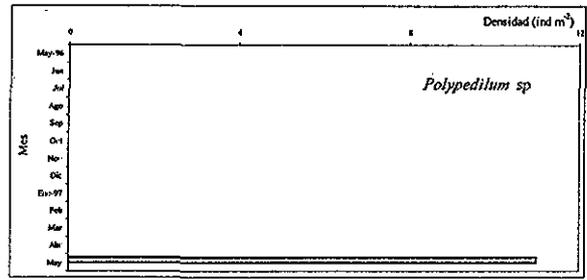
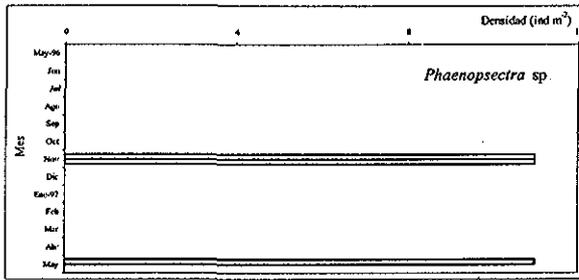
Anexo 2



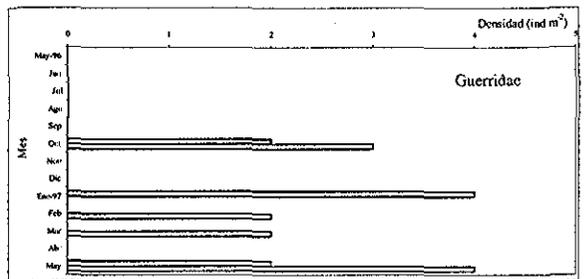
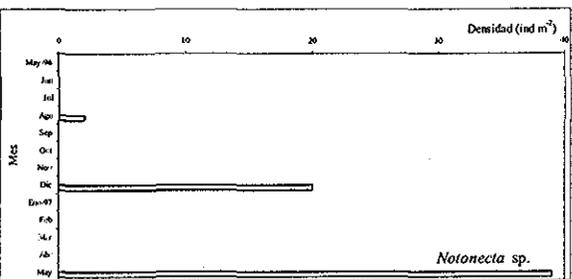
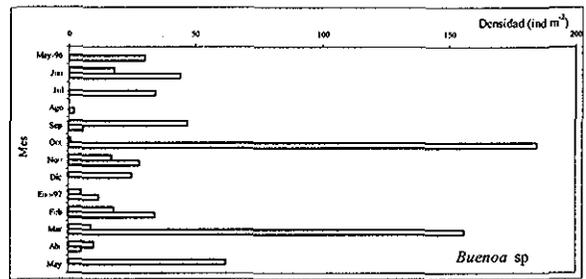
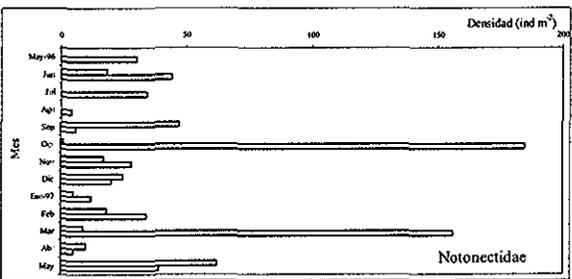
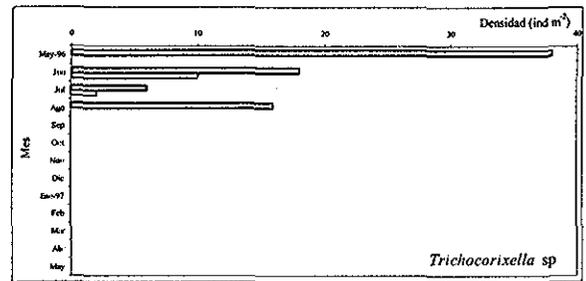
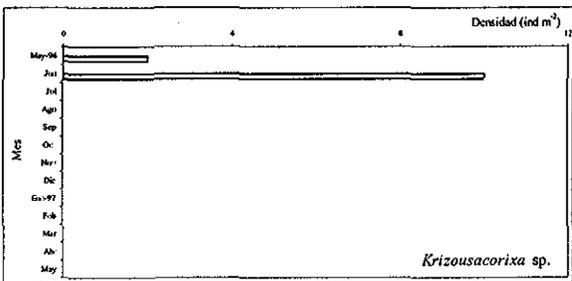
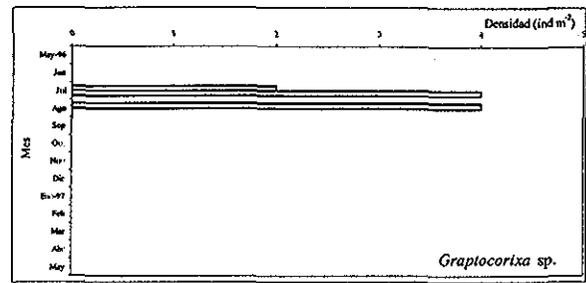
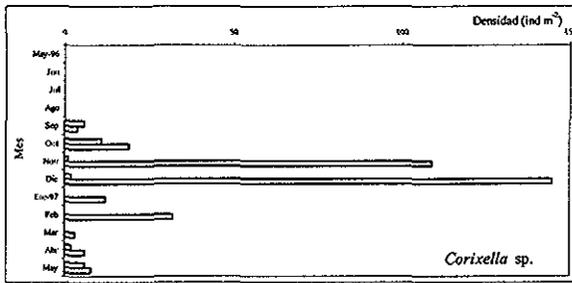
Variación mensual de la densidad absoluta de los grupos del zoobentos presentes en el estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.



Variación mensual de la densidad absoluta de los grupos del zoobentos presentes en el estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.

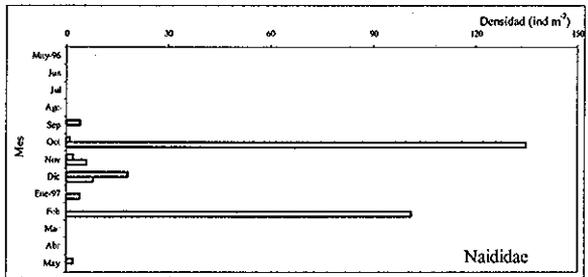
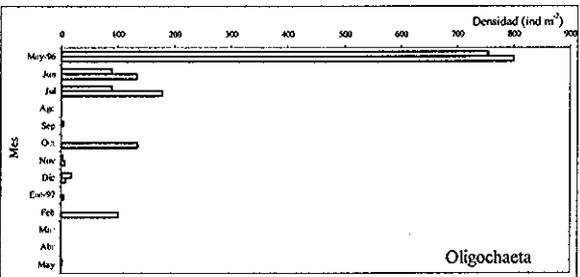
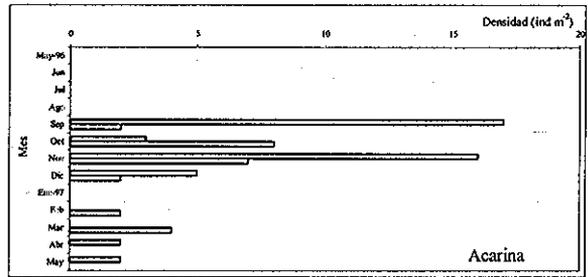
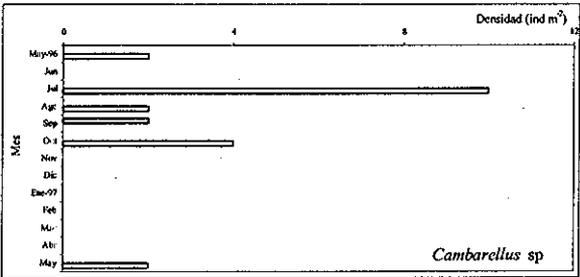
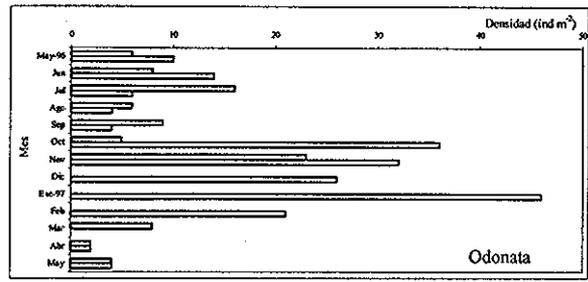
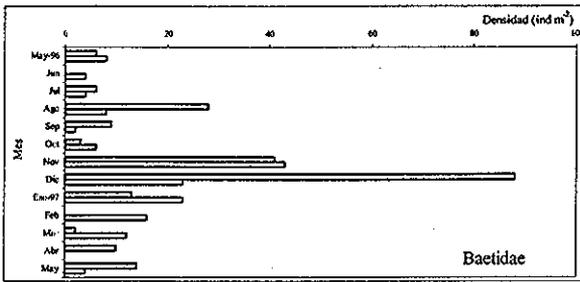


Variación mensual de la densidad absoluta de los grupos del zoobentos presentes en el estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.



Variación mensual de la densidad absoluta de los grupos del zoobentos presentes en el estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



Variación mensual de la densidad absoluta de los grupos del zoobentos presentes en el estanque JC (barras grises) y GL (barras blancas) durante el periodo de cultivo.