

Distribución espacio-temporal de la ictiofauna del río Cutzamala, Michoacán, México

Joel Paulo-Maya y Adriana Ramírez-Enciso.

Laboratorio de Ictiología y Limnología. Departamento de Zoología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. Prol. Carpio y Plan de Ayala, Col. Casco de Santo Tomás. Apartado postal 42-186 cp 11340 México, D.F., México

Abstract: The fish community in the Cutzamala river, Mexico was sampled six times between December 1985 and November 1986; it showed changes in patterns of distribution and abundance according to rainfall regime. *Hybopsis boucardi*, *Poecilia butleri* and *Ilyodon whitei* were dominant during the dry season; in the rainy season, juveniles of *P. butleri* comprised 80 % of the total capture. Diversity and evenness values increased in middle and low portions of the river during the dry season; on the other hand these parameters showed high values in headwaters during rainy season. Three fish assemblages were identified with classification methods: (1) in the high section of the river; only Cyprinds were found, (2) *Astyanax fasciatus*, *I. whitei* and *P. butleri* located in the middle section and (3) *Heterandria bimaculata*, *I. balsamus*, *Poeciliopsis balsas* and *Ctenopharyngodon idellus* in the low section. There may be a shift of the second assemblage to the high section early after of the spawning season.

Key words: fishfauna, species richness, diversity, evenness, assemblages, Mexico

En lo general, los patrones distribucionales de los peces dulceacuicolas de rios templados y tropicales están altamente influenciados por factores como la cantidad y calidad de agua, así como por la fluctuación diaria o estacional. La mayoría de estos peces pueden mantener sus poblaciones bajo una gran variedad de condiciones físicas y químicas, siendo capaces de interactuar con una gran diversidad de especies y colonizar hábitats disponibles (Wootton 1991). A pesar de las condiciones cambiantes, las especies tropicales tienden a formar conjuntos faunísticos particulares con un alto número de especializaciones alimentarias y reproductivas, además de los aspectos zoogeográficos inherentes, que hacen únicas a estas comunidades ícticas (Moyle & Cehc 1988). Estas comunidades apenas están siendo estudiadas en México y otros países tropicales (Ibarra & Stewart 1989, Lyons &

Schneider 1990, Edds 1993) y al mismo tiempo, están siendo alteradas por los asentamientos humanos, la minería, trabajos hidráulicos, construcción de presas y la introducción de especies exóticas, entre otras actividades.

Por lo anterior este trabajo plantea conocer algunos aspectos básicos de la comunidad íctica a lo largo del río Cutzamala, resaltando los posibles conjuntos existentes en las distintas partes del mismo, en dos épocas del año y su cambio en relación con algunos factores ambientales.

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio: El río Cutzamala se ubica entre los 18° 15' y 19° 49' N y los 100° 07' y 101° 12' W, con una superficie

aproximada de 7 135 km² (Fig. 1A). En lo general, la zona presenta una gran variedad de climas, aunque en las partes altas predomina el cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm y en las partes bajas el semiseco, muy cálido, con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm (Anónimo 1985). El río Cutzamala presenta en su perfil longitudinal tres zonas principales (Fig. 1B): La alta se ubica en los primeros 30 kilómetros del río. La zona presenta arroyos de aguas claras y fondos pedregosos, tienen ordenes de uno a dos. La zona intermedia abarca los siguientes cinco kilómetros del río, donde se unen algunos tributarios, que junto con el cambio importante de altitud de 550 m propicia la formación de rápidos y el incremento a tres del orden del río. Por último, la zona baja que abarca un intervalo de 115 kilómetros entre altitudes de 701 a 482 msnm. Es la zona más estable del río, con un aporte más regular de agua y fondos de arenosos a limosos, presenta pequeños meandros a lo largo del tramo. En esta zona el orden del río se incrementa a cuatro.

Captura de peces: Se recolectó un total de 2649 peces en 16 estaciones (Fig. 1A) a lo largo de la corriente principal en dos épocas del año: la de estiaje en los meses de diciembre de 1985, febrero y mayo de 1986, y la inmediata a las lluvias en septiembre, octubre y noviembre de 1986. La recolecta se realizó con redes tipo chinchorro de 2 a 30 m de longitud, 60 cm a 1 m de altura y de 1 cm de luz de malla. De las localidades establecidas en el área de estudio, 16 se muestrearon en estiaje y 13 en la inmediata a las lluvias.

Factores ambientales: En cada sitio de recolecta, se registró *in situ* altitud, profundidad, transparencia, p^H, temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto con la técnica de Winkler (Schoworbel 1975). Para caracterizar los sitios de muestreo con base en los factores ambientales, para cada época del año, se

aplicó el análisis de componentes principales a las matrices de localidad y factores

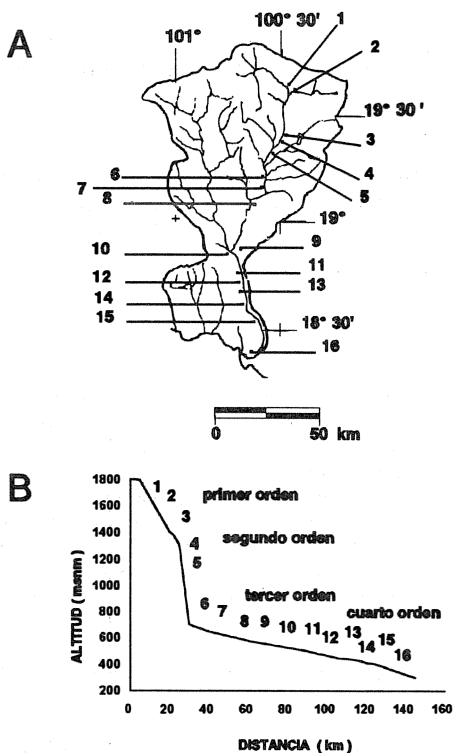


Fig. 1. area de estudio. (A) Ubicación de los sitios de colecta y (B) perfil longitudinal y orden del río. Los números indican las localidades.

ambientales, en la modalidad centrado y estandarizado por factor. (Angermeier 1987)

Análisis de la comunidad: Se calcularon los índices de Diversidad y Equidad de Shannon-Wiener (Krebs 1989) y junto con los datos de abundancia y riqueza específica se determinó la correlación de estos con los factores ambientales registrados, por medio del método de rangos de Spearman (Lyons & Schneider 1990). Se consideró una correlación significativa si $p < 0.05$.

Para determinar en cada época del año los posibles conjuntos ictiofaunísticos existentes, se procedió a realizar una clasificación aglomerativa jerárquica utilizando los índices de similitud de Jaccard obtenidos apartir de la matriz de abundancia para los distintos sitios,

para las épocas trabajadas realizando un dendograma aplicando la unión media no ponderada (Gauch 1989). Dichos conjuntos se ubicaron en el espacio fluvial por medio de una clasificación aglomerativa de sitios utilizando la matriz de presencia-ausencia en los distintos sitios y el índice de similitud de Jaccard. Para la elaboración del dendograma se aplicó la unión media no ponderada (Krebs 1989).

RESULTADOS

Caracterización ambiental: en el estiaje, los dos primeros componentes principales, con un 74.42 % de la varianza explicada, permitieron reconocer a tres grupos de localidades tomando en cuenta a la temperatura, altitud y a la transparencia en el primer componente; mientras que la profundidad, p^H y oxígeno disuelto en el segundo (Fig. 2A). El primer grupo (a) se formó con las estaciones 4 y 5 que se distinguieron por ser las localidades con las

mayores altitudes, temperaturas más bajas y alta transparencia; fueron también estaciones con una mayor cantidad de oxígeno disuelto, menor profundidad y ligeramente ácidas. El segundo grupo (b) se formó por las estaciones seis a diez, con altitudes y transparencias menores y mayores temperaturas a las encontradas en las localidades del primer grupo; del mismo modo se observó un incremento en la profundidad y en los valores de p^H así como una disminución en el oxígeno disuelto. El último grupo (c) conjunta a las seis localidades restantes por su menor altitud, sus mayores valores de temperatura y su disminución en la transparencia. Estas estaciones presentaron profundidades un poco menores y valores de p^H ligeramente más ácidos.

En la época de lluvias (Fig. 2B) los dos primeros componentes, con el 59.53 % de la varianza total, agruparon a las localidades en dos conjuntos, de acuerdo a un gradiente ambiental compuesto por la temperatura, oxígeno disuelto y altitud como factores

primarios. El primero (a) se formó con las cinco primeras localidades presentando mayores altitudes y concentración de oxígeno disuelto, menor temperatura y además un p^H ligeramente más ácido, con excepción de la estación uno, que presenta una cantidad de oxígeno disuelto menor y un p^H más básico. El segundo grupo (b) se formó por el resto de las localidades con valores de altitud y oxígeno disuelto menores y una mayor temperatura.

Análisis de la comunidad: durante las dos épocas estudiadas se registraron 14 especies (Cuadro 1 y 2). Nueve se consideran nativas, de ellas tres son neárticas: *Hybopsis boucardi*, *Notropis sallei* e *Ictalurs balsanus*, cinco más son de origen neotropical y, de estas tres son propias del Balsas: *Ilyodon whitei*,

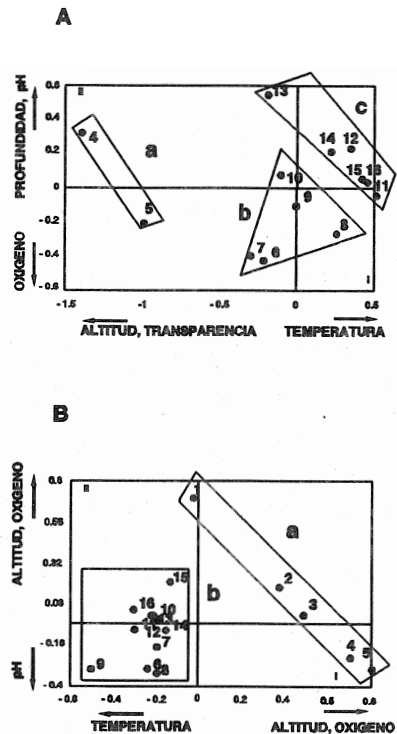


Fig. 2. Ordenación de las localidades de acuerdo con los factores ambientales utilizando el análisis de componentes principales (I vs II). (A) estiaje. (B) lluvias.

Poeciliopsis balsas y *Cichlasoma istlanum*. Además se observó la presencia de una especie de afinidad marina: *Atherinella balsana*.

CUADRO 1

Matriz de abundancia de los sitios de colecta en el río Cutzamala en época de estiaje

Origen	Especies	Localidades															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Neártica	<i>Hybopsis boucardi</i>	62	63	75							1						
Neártica	<i>Notropis sallei</i>				59	23											
Exótica	<i>Carassius auratus</i>			2				8									
Exótica	<i>Ctenopharhyngodon idellus</i>															1	
Neotropical	<i>Astyanax fasciatus</i>						10	5	1	1							
Neártica	<i>Ictalurus balsanus</i>								3		1				5		
Neotropical	<i>Poecilia butleri</i>						19	4	15		37	38	14	40		80	
Neotropical	<i>Poeciliopsis balsas</i>						1		4		2				5		
Exótica	<i>Heterandria bimaculata</i>															9	
Neártica	<i>Ilyodon whitei</i>						78	6	5	1	1						
Neotropical	<i>Cichlasoma istlanum</i>										11	4	1			1	2
Exótica	<i>Oreochromis mossambicus</i>									6	7	2		28		5	
Afinidad marina	<i>Atherinella balsana</i>						12		3	4	10				14		

Las otras cinco especies se reconocieron como exóticas: *Carassius auratus*, *Ctenopharhyngodon idellus*, *Xiphophorus helleri*, *Heterandria bimaculata* y *Oreochromis mossambicus*.

Durante las dos épocas estudiadas se presentan cambios drásticos en la abundancia de la mayoría de las especies, siendo la época de lluvias la temporada con mayores abundancias registradas en la mayor parte de las localidades (Fig. 3A). En la época de estiaje (Fig. 3B) la comunidad se ve caracterizada por la presencia de *H. boucardi*, *P. butleri* e *I. whitei* como las especies dominantes con el 25.4, 31.5 y 11.5 % respectivamente del total de individuos capturados. abundancias registradas en la mayor parte de las localidades (Fig. 3A). En la época de estiaje (Fig. 3B) la comunidad se

ve caracterizada por la presencia de *H. boucardi*, *P. butleri* e *I. whitei* como las especies dominantes con el 25.4, 31.5 y 11.5 % respectivamente del total de individuos capturados. Para la época de lluvias, la comunidad se ve dominada de forma marcada por *P. butleri* con el 80% de los individuos colectados. La especie estuvo representada en su mayoría por juveniles que se distribuyeron desde la última porción de la parte alta del río, hasta la parte media y baja. Los cambios de abundancia para ambas épocas no tuvieron alguna relación significativa con los factores ambientales considerados.

La riqueza específica (Fig 4) en las distintas localidades también cambió de acuerdo con la época del año. En el estiaje la parte baja del río fue la zona con mayor presencia de especies registrando un máximo de ocho en el

CUADRO 2

Matriz de abundancia de los sitios de colecta en el río Cutzamala en época de lluvias

Origen	Especies	Localidades												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Neártica	<i>Hybopsis boucardi</i>	58												
Neártica	<i>Notropis sallei</i>	1												
Exótica	<i>Carassius auratus</i>		29											
Exótica	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>											1		
Neotropical	<i>Astyanax fasciatus</i>			5	2	9	7	4						
Neártica	<i>Ictalurus balsanus</i>					2	1				1			
Neotropical	<i>Poecilia butleri</i>			79	248	14	270	9	63	172	57	105	281	171
Neotropical	<i>Poeciliopsis balsas</i>			8	11			15	6				48	38
Exótica	<i>Heterandria bimaculata</i>										1			
Exótica	<i>Xiphophorus helleri</i>	7		13										
Neártica	<i>Ilyodon whitei</i>			24		29						1		
Neotropical	<i>Cichlasoma istlanum</i>				6	21	7	9	3	6	13		4	1

sitio 11, en contraste, la parte alta del río registró sólo la presencia de una especie. Tales cambios estuvieron correlacionados de manera marginal con la temperatura ($r = 0.576$ $p < 0.02$) y con la altitud ($r = -0.677$ $p < 0.01$). Para la época de lluvias las localidades río arriba presentaron mayor número de especies respecto a la parte baja registrando un máximo de cinco especies en las localidades cuatro y cinco. El único factor correlacionado negativa y marginalmente con estos cambios fue la temperatura ($r = -0.561$ $p < 0.05$).

Los índices de diversidad y equidad de Shannon-Wiener permitieron diferenciar en el estiaje, tres áreas distintas a lo largo del río (Fig. 5A). La primera se observó en las primeras seis localidades del río con valores de diversidad menores a la unidad y de equidad por debajo del 0.3 debido a la presencia de una o dos especies en total. La segunda área se observó en las localidades

siete a once donde los valores de diversidad fueron de 1.5 a 2.5, y de equidad cercanos a la unidad. La última área se formó por los sitios 12 a 15 con diversidades de 1 a 1.5 y equidades 0.5 y 1.0. Dicha área se delimitó de la anterior por un marcado cambio en los valores de diversidad y equidad. En general, para el estiaje, dichos parámetros sólo estuvieron marginalmente relacionados con la temperatura ($r = 0.595$ $p < 0.02$ y $r = 0.5$ $p < 0.05$) y la altitud ($r = -0.698$ $p < 0.01$ y $r = -0.687$ $p < 0.01$). En la época de lluvia (Fig. 5B) los valores de diversidad y equidad fueron más uniformes entre las distintas localidades, dando idea que el río fue para esa época más homogéneo. Sin embargo, la diversidad y equidad aumentaron ligeramente hacia las últimas localidades de la parte alta del río. Para esta época no hubo alguna correlación significativa entre los parámetros de la comunidad y los factores ambientales.

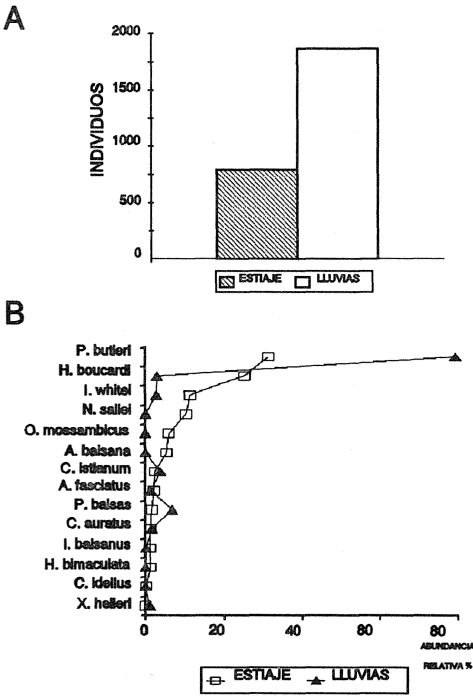


Fig. 3. abundancia total estacional (A) y relativa estacional (B) en el río Cutzamala.

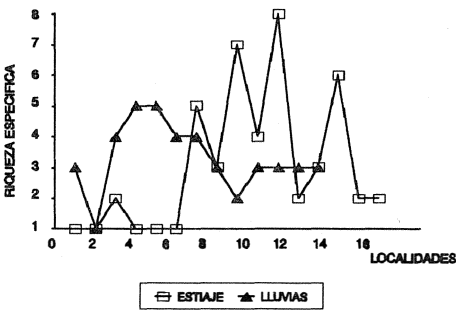


Fig. 8. Riqueza específica por localidades en el río Cutzamala para dos épocas del año.

Respecto a los conjuntos faunísticos, para la época de estiaje se reconocieron tres grupos (Fig. 6A y 7A): el primero (a) se formó por *Hybopsis boucardi*, *N. sallei*, y *Carassius auratus* ubicado en las localidades más altas del Cutzamala. El segundo (b) se caracterizó

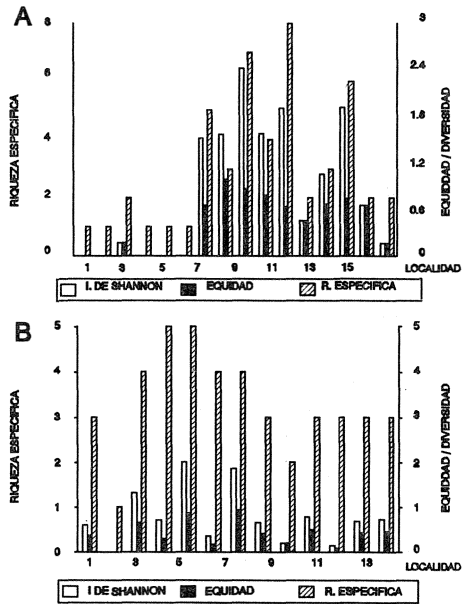


Fig. 5. Diversidad, equidad y riqueza específica a lo largo del río Cutzamala en estiaje (A) y lluvias (B).

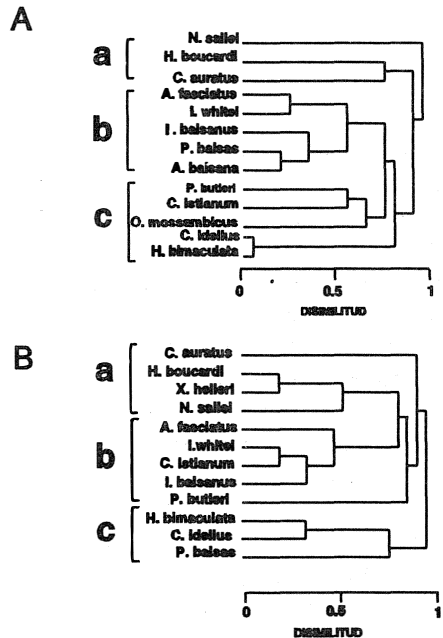


Fig. 6. Reconocimiento de conjuntos ictiofanísticos en el río Cutzamala en estiaje (A) y lluvias (B)

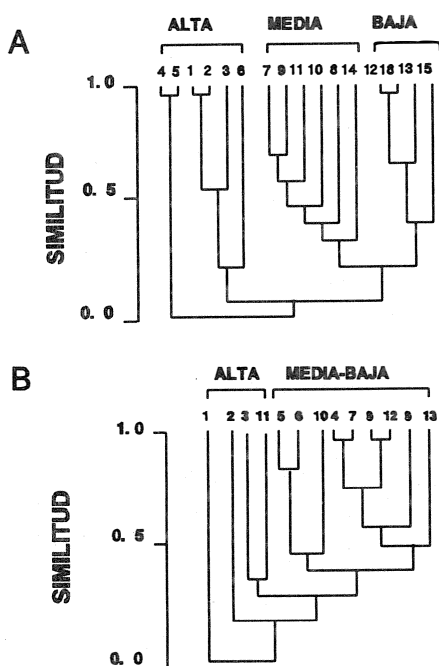


Fig. 7. Clasificación de las localidades de acuerdo a su similitud íctica en estiaje (A) y lluvias (B). Los números corresponden con las localidades.

por *Astyanax fasciatus*, *Ilyodon whitei*, *I. balsanus*, *P. balsas* y *A. balsana* que se localizó entre las localidades seis a once. El tercer conjunto (c) se formó por *Poecilia butleri*, *Cichlasoma istlanum*, *Oreochromis mossambicus*, *Ctenopharyngodon idellus* y *Heterandria bimaculata* ubicándose en las localidades doce a dieciséis. En la época de lluvias se reconocieron tres conjuntos particulares, (Fig. 6B y 7B): el primero (a) se conformó por *H. boucardi*, *N. sallei*, *C. auratus* y *Xiphophorus helleri* y se ubicó en las tres primeras localidades de la parte alta del río. El segundo ensamble (b) se constituyó principalmente por *A. fasciatus*, *I. balsanus*, *I. whitei*, *P. butleri* y *C. istlanum*. El tercer conjunto (c) se formó por *C. idellus*, *H. bimaculata* y *P. balsas*. Los límites y la ubicación de los dos últimos conjuntos no fueron del todo bien delimitados, solo pudiendo situarlos entre la parte media y baja del Cutzamala.

DISCUSION

El perfil longitudinal del río, así como los factores ambientales, permiten señalar a la zona de estudio en dos partes o porciones principales: La primera o parte alta, con una altitud superior a los 1280 msnm con aguas poco profundas, frías, transparentes, ligeramente ácidas, bien oxigenadas y con ordenes de uno a dos. La segunda parte o baja, se caracteriza por localizarse entre los 700 a 300 msnm, tener aguas más profundas y calientes, pero la transparencia y el oxígeno disuelto menores y un p^H tendiendo a la neutralidad, además de tener ordenes de tres a cuatro. Ambas partes del río se separan por un cambio brusco en altitud que crea una zona de rápidos. La caracterización anterior es más clara en la época de lluvias y no en la de estiaje, pues en esta última el río se divide en tres porciones aisladas, debido a que se interrumpe el flujo del mismo de tal forma que existen porciones sin agua. En la sequía la diferencia más importante se presenta en la parte baja del río, pues en ella se puede reconocer una tercera porción formada por las seis últimas localidades, donde la temperatura fue un poco mayor y la transparencia menor.

Estas características y la estacionalidad en el régimen de lluvias parecen influir en los parámetros de la comunidad balseana, siendo en nuestro caso, la altitud y la temperatura los factores más relacionados con los cambios temporales de la comunidad, con excepción de la abundancia, pues sí bien los cambios no pueden ser explicados del todo por la variación de los factores ambientales analizados, consideramos que la influencia conjunta de los mismos pudo afectar de manera indirecta en la abundancia de las diferentes especies. En estiaje, producto de la formación de pozas, las especies se segregan a lo largo del río en sus respectivos nichos reproductivos donde exhiben algunas características sexuales secundarias relacionadas con la obtención de parejas y de sitios para la reproducción (Contreras-

McBeath 1995). Durante este periodo los lechos de las pozas con altos contenidos de nutrientes poco a poco se cubren de algas filamentosas que sirven de alimento a los primeros estadios de vida de los peces. Con la llegada de la temporada de lluvias, se propicia que los estanques se conecten al flujo principal y junto con la entrada de nutrientes de origen terrestre promuevan el crecimiento exponencial de microorganismos y algas que sirven a los peces como recursos para un crecimiento acelerado. Esta concordancia se observa con claridad en *P. butleri* que tiene un avivamiento explosivo de juveniles en la época de lluvias.

Respecto a la riqueza específica, equidad y diversidad, en la época de estiaje, se observó una relación directa negativa con la altitud y positiva con la temperatura pues a menor altitud y mayor temperatura, se observaron valores más altos en los parámetros aludidos. Esto se puede explicar por la ubicación de los distintos conjuntos faunísticos a sitios delimitados: río arriba, en puntos donde el flujo de agua es regular durante todo el año o bien, en la parte media y baja del curso, en pozas y meandros aislados donde se confinan la mayor parte de las especies. Así la parte alta es dominada por el conjunto que forman *H. boucardi*, *N. sallei* y *C. auratus* quienes conforman casi la totalidad de los peces capturados. Hacia la parte media se ubica el conjunto de *A. fasciatus*, *I. whitei*, *I. balsanus*, *P. balsas* y *A. balsana* y en la baja a *P. butleri*, *C. istlanum*, *O. mossambicus*, *C. idellus* y *H. bimaculata* que forman conjuntos más homogéneos y equitativos, donde no se observa la predominancia de una especie en particular. En la época de lluvias no hubo alguna correlación directa aparente entre los cambios de la riqueza específica, equidad y diversidad con los factores ambientales, quizá debido a el desplazamiento río arriba, de *A. fasciatus*, *I. whitei*, *P. butleri*, *I. balsanus* y *C. istlanum*, hecho que parece estar relacionado con un movimiento inmediatamente posterior a la época reproductiva (Díaz-Rojas & Díaz-Pardo 1991,

Mejía-Mojica 1991). Como resultado de este movimiento las partes media y baja del Cutzamala se hacen más parecidas en equidad y diversidad.

No obstante lo anterior, para la época de lluvias los conjuntos faunísticos señalados en el estiaje parecen conservarse con algunas variaciones menores: *N. sallei* y *H. boucardi* como especies nativas y *Carassius auratus* y *H. helleri* como introducidas, que se localizan únicamente en la parte alta del río. El segundo grupo, formado por el resto de la fauna balseana se ubica en la parte media del río, con excepción de *Poeciliopsis balsas*, *Ctenopharhyngodon idellus* y *Heterandria bimaculata* que forman el tercer grupo y que se localiza en las últimas seis localidades. Algunas especies que en el estiaje se encontraban solo en la parte baja del río, pueden encontrarse en la parte alta del mismo como se observó con *P. butleri* y *Poeciliopsis balsas*.

RESUMEN

La comunidad íctica en el río Cutzamala, México, fue visitada seis veces entre Diciembre de 1985 y Noviembre de 1986; esta mostró cambios en los patrones de distribución y abundancia, de acuerdo al régimen de lluvias. *Hybopsis boucardi*, *Poecilia butleri* e *Ilyodon whitei* fueron predominantes en la época de estiaje; en la temporada de lluvias los juveniles de *P. butleri* constituyeron el 80 % del total de individuos capturados. La diversidad y equidad se incrementaron hacia la parte media y baja del río durante el estiaje; por otro lado en época de lluvias aumentó hacia las estaciones de la zona alta del río. Por métodos de clasificación se reconocieron tres conjuntos ictiofaunísticos: (1) Ciprínidos sólo en la porción alta del río, (2) *Astyanax fasciatus*, *I. whitei* y *P. butleri* en la porción media y (3) *Heterandria bimaculata*, *Oreochromis mossambicus*, *Poeciliopsis balsas* y *Ctenopharhyngodon idellus* en la porción baja

del río. Se presume el movimiento del segundo conjunto hacia la porción alta, poco después de la época de desove.

REFERENCIAS

- Angermeier P.L. 1987. Spatiotemporal Variation in Habitat Selection by Fishes in Small Illinois Streams. p. 52-60
In W. J. Matthews & D. C. Heins (eds.) Community and Evolutionary Ecology of North American Stream Fishes. University of Oklahoma. Oklahoma.
- Anónimo. 1985. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Síntesis geográfica del estado de Michoacán. Dirección General de Geografía. México D.F. 316 p.
- Contreras-McBeath, T. 1995. Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos con énfasis en los peces. Ciencia y Desarrollo. Nueva época. México 20: 42-51.
- Díaz-Rojas, A. & E. Díaz-Pardo 1991. Biología reproductiva del bagre del Balsas *Istilarius balsanus* (Pisces: Ictaluridae), del río Amacuzac, Morelos. An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx. 34 : 173-189
- Edds, D.R. 1993. Fish Assemblage Structure and Environmental Correlates in Nepal's Gandaki River. Copeia 1993: 48-60.
- Gauch, H. G. Jr. 1989. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University. Nueva York. 298 p.
- Ibarra, M. & D.J. Stewart. 1989. Longitudinal Zonation of Sandy Beach Fishes in Napo River Basin, Eastern Ecuador. Copeia. 1989: 364-381.
- Krebs C.J. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row. Nueva York . 654 p.
- Lyons, J. & D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. Hydrobiologia. 203:1-14.
- Mejía-Mojica, H. 1991. Biología reproductiva de *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae) del río Amacuzac, Morelos. Univ. Cienc. Tecnol. Morelos. Mx. 1 : 45-52.
- Moyle, P. B. & J. J. Cech Jr., 1988. Fishes. An Introduction to Ichthyology. 2nd ed. Prentice Hall. Nueva Jersey. 559 p.
- Schoworbel, J. 1975. Métodos de Hidrobiología. H. Blume. Madrid. :13-15.
- Wootton, R.J. 1991. Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries series: 1. Chapman & Hill . Londres. 404 p.