

## Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México

EDMUNDO, DIAZ-PRADO\*, MARIO A. GODINEZ-RODRIGUEZ,  
EUGENIA LOPEZ-LOPEZ\* y EDUARDO SOTO-GALERA

Laboratorio de Ictiología y Limnología  
Departamento de Zoología  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN  
Prol. de Carpio y Plan de Ayala  
Col. Santo Tomás  
Apartado Postal 42-186  
11340 México, D.F.

DÍAZ-PRADO, E.; M. A. GODINEZ-RODRÍGUEZ; E. LÓPEZ-LÓPEZ Y E. SOTO-GALERA, 1993. Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México. *An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx.*, 39: 103-127.

**RESUMEN:** La ictiofauna de la cuenca del río Lerma se ha visto afectada por las alteraciones ecológicas asociadas a las actividades de esta región.

Este estudio revela los cambios que en la composición de las comunidades ícticas se han venido sucediendo en toda el área de la cuenca, así como la tolerancia de las especies a las condiciones ambientales prevalecientes.

Los resultados se basan en la comparación de registros anteriores con los obtenidos en colectas entre 1985 y 1989, así como la relación de estas últimas con los factores ambientales evaluados.

Las características ambientales e ictiogeográficas permiten proponer la división en las subprovincias: Alto Lerma, Medio Lerma y Bajo Lerma.

De 43 especies registradas para la cuenca, 25 han restringido su área de distribución natural como consecuencia de la desaparición de hábitats. El análisis realizado muestra la existencia de tres grupos de peces en función de sus tolerancias.

Por último, el grado extremo de alteración ecológica se refleja en la probable desaparición de *Algansea barbata* y *Hubbsina turneri*.

### INTRODUCCIÓN

El sistema Lerma-Chapala constituye el curso hidrológico más importante de la Mesa Central, ha pasado por una larga historia de inestabilidad geológica, cambios fisiográficos y anastomosis de ríos, que han dado lugar a la dispersión de grupos de peces primarios y al desarrollo de una fauna característica. Como resultado, en la actualidad esta zona presenta endemismo a nivel de familia, género y especie, como es el caso del género *Chirostoma* con 18 especies, la familia Goodeidae con 35, y los ciprínidos de los géneros *Algansea* y *Yuriria* con siete y una especie respectivamente, que en conjunto son las do-

---

\* Becario de COFAA, IPN.

minantes e indicadoras de la Mesa Central (Barbour, 1973; Echelle y Echelle, 1984).

Por su importancia ictiofaunística y alto grado de endemismo, el sistema Lerma-Chapala-Santiago fue considerado desde 1906-1908 como subregión mexicana por Regan (Miller y Smith, 1986) y también como provincia del Lerma (Miller, 1966 y 1982).

Tradicionalmente en esta región se ha llevado a cabo una gran explotación de recursos naturales entre los que se encuentran las pesquerías artesanales de pescado blanco, charales, acumara, popocha, algunos goodeidos e incluso de peces exóticos. Aunado a esto se han favorecido grandes asentamientos urbanos como es el caso de las ciudades de Toluca, Querétaro, Salamanca, Guanajuato y Morelia, entre otras, constituyendo esta región una de las más densamente pobladas de la República Mexicana; así también, ha tenido lugar el desarrollo de zonas agrícolas de gran importancia económica como es el Bajío, y de zonas pecuarias como La Piedad, Mich. Más aún, se han establecido importantes corredores industriales como es el caso de Toluca, Atlacomulco, Morelia y Salamanca; en esta última se ubica la refinería petrolera de mayor producción hasta 1980 (INEGI, 1983).

En conjunto, estas causas han contribuido a que el río Lerma figure como uno de los más contaminados del país; el más grave de los daños es causado por los desechos líquidos que sobre él arrojan las decenas de industrias instaladas a lo largo de su cauce, que han provocado prácticamente la desaparición de la fauna y flora de sus aguas (Athie, 1987) en algunas de sus porciones.

Este río es la principal fuente de contaminación del lago de Chapala; dichas aguas lóxicas se caracterizan por carecer casi por completo de oxígeno disuelto y se ha calculado que de la carga total de contaminantes que vacía a la laguna de Chapala, 60% corresponden a desechos industriales, 25% es de origen doméstico, 10% lo aportan los desechos agrícolas y 5% basura (Athie, *op.cit.*).

Estas modificaciones ambientales, a las que se agregan obras hidráulicas, extracción de mantos acuíferos, embalsamiento y canalización de cuerpos de agua, han repercutido en diferente medida a la modificación e incluso desaparición de hábitats en la cuenca.

Se sabe que en los sistemas dulceacuícolas los factores limnológicos como temperatura, oxígeno disuelto, pH y química del agua, influyen en la distribución específica, y puesto que están estrechamente relacionados, cualquier modificación en algunos de ellos repercute en variaciones sobre los otros, provocando cambios en la estructura del ambiente e influyendo en la composición específica, abundancia e incluso en la dispersión de los peces en el sistema (Smith y Miller, 1986).

De esta manera, las alteraciones que se presentan en los sistemas acuáticos actúan limitando el desarrollo de las comunidades y provocan, en el mejor de los casos, la migración de especies hacia zonas que les sean más favorables y, en el peor de ellos, la desaparición o extinción de especies (Contreras, *et al.*, 1976). Tal es el caso de *Chirostoma compressum* que se considera extinto desde la prolongada sequía de 1941 (Barbour, 1973).

Por lo anterior, resulta indispensable realizar estudios con objeto de evaluar el estado actual del cuerpo de la cuenca del río Lerma desde el punto de vista limnológico, así como la composición de las comunidades de peces y en una etapa posterior emitir medidas preventivas en las porciones de menor o nula alteración y correctivas para las más dañadas.

#### AREA DE ESTUDIO

El curso del río Lerma-Chapala tiene una longitud aproximada de 700 km y cuenta con un área tributaria de 52,500 km<sup>2</sup> (Secretaría de Recursos Hidráulicos, SRH, 1974). Du-

rante su recorrido, drena parte de los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

De acuerdo con la topografía del lugar la SRH (1968) divide al río Lerma en cinco subcuencas: 1) Alto Lerma, donde se ubica la cabecera del río, 2) Medio Lerma, que incluye la cuenca endorreica del río Grande de Morelia y el lago de Cuitzeo, 3) el río Turbio-Silao-Guanajuato, 4) río de La Laja, estos dos últimos constituyen los principales afluentes y confluyen en la parte media del Lerma, y 5) el Bajo Lerma que es la última porción, desemboca en la laguna de Chapala y donde se incluye también a las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Zirahuén (Fig. 1).

### OBJETIVOS

- 1) Determinar características ambientales e ictiofaunísticas que permitan establecer diferentes regiones dentro de la cuenca Lerma-Chapala.
- 2) Detectar las zonas de mayor alteración ecológica en las distintas porciones de la cuenca.
- 3) Establecer los cambios en la riqueza específica y en la amplitud de las áreas de distribución de la ictiofauna.
- 4) Indicar el grado de tolerancia de las distintas especies a los factores ambientales evaluados.

### METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en diferentes etapas, una que consistió en la revisión bibliográfica y registros de la Colección de Peces Dulceacuícolas de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, obteniendo un listado taxonómico de las especies dentro de la cuenca, así como su distribución que fue la base para establecer las localidades por muestrear.

Una segunda etapa consistió en el trabajo de campo, se seleccionaron 116 localidades de muestreo en las cinco subcuencas mencionadas, mismas que desde 1985 a 1989 fueron visitadas en dos épocas del año, la de estiaje (febrero a mayo) y al final de la de lluvias (octubre a diciembre). En cada una de las localidades se registraron: altitud y temperatura, ambiental y del agua; oxígeno y pH, y se tomaron muestras de agua para su posterior análisis químico, tomando también datos sobre profundidad, tipo de sustrato, y vegetación circundante; finalmente, el muestreo biológico consistió en la captura de peces con diferentes sistemas de pesca.

En el laboratorio se procesaron las muestras de agua empleando las técnicas espectrofotométricas HACH-DREL/2 (Hach, 1976), cuantificándose los nitratos, sulfatos, fosfatos, carbonatos, sólidos suspendidos y turbiedad.

Los peces fueron identificados siguiendo los criterios de Alvarez (1970); Barbour (1973); Barbour y Miller (1978); Hubbs y Turner (1939) y Chernoff y Miller (1986).

Por otro lado, para detectar los cambios en la riqueza específica se hizo una comparación de los antecedentes con las colectas realizadas durante este estudio.

Los cambios distribucionales se detectaron mediante gráficas de barra elaboradas considerando el total de registros en antecedentes como el 100 por ciento de la amplitud de distribución de cada especie, y la que actualmente presentan corresponde al porcentaje de las localidades en las que se capturaron durante el periodo 1985-1989.

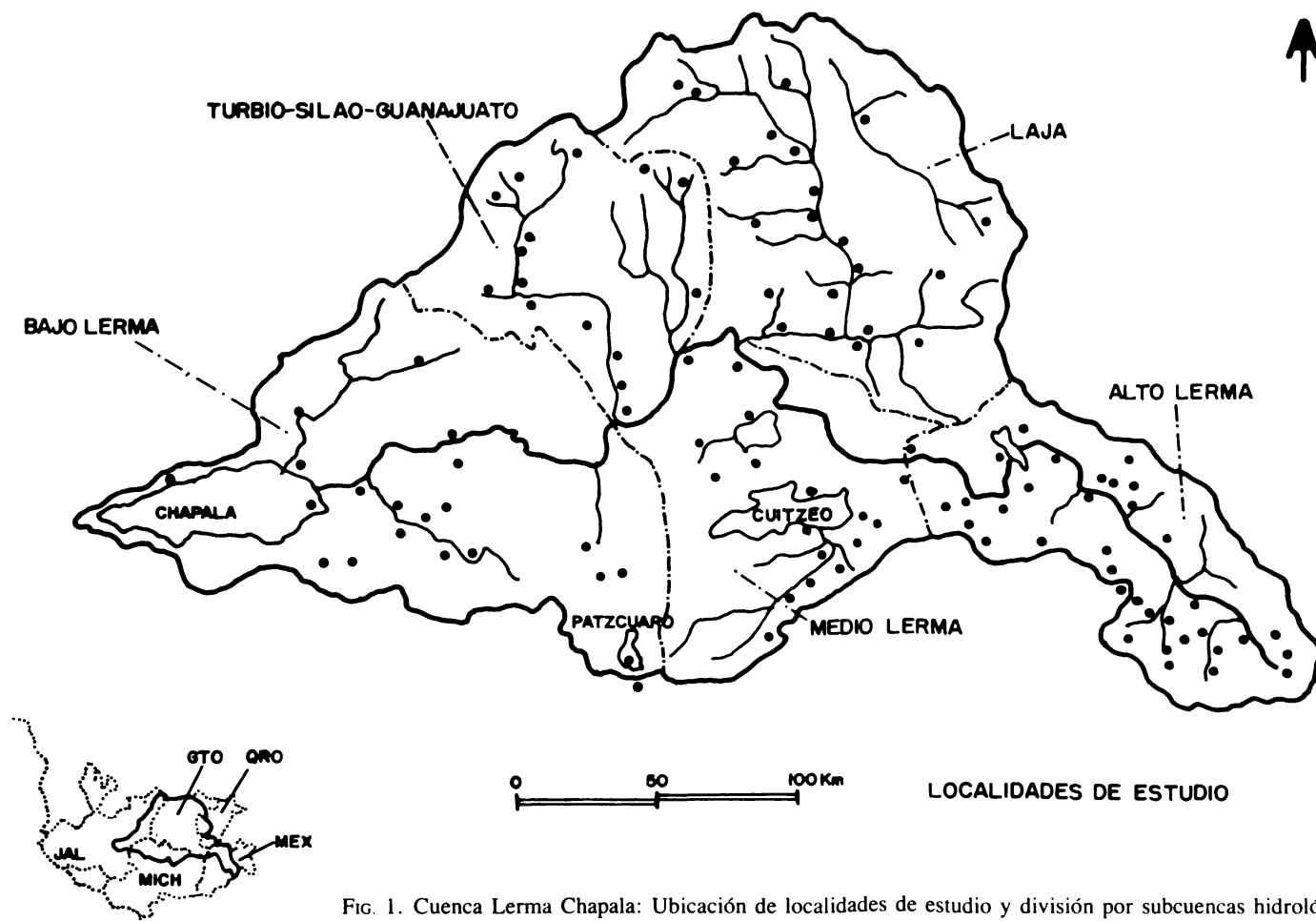
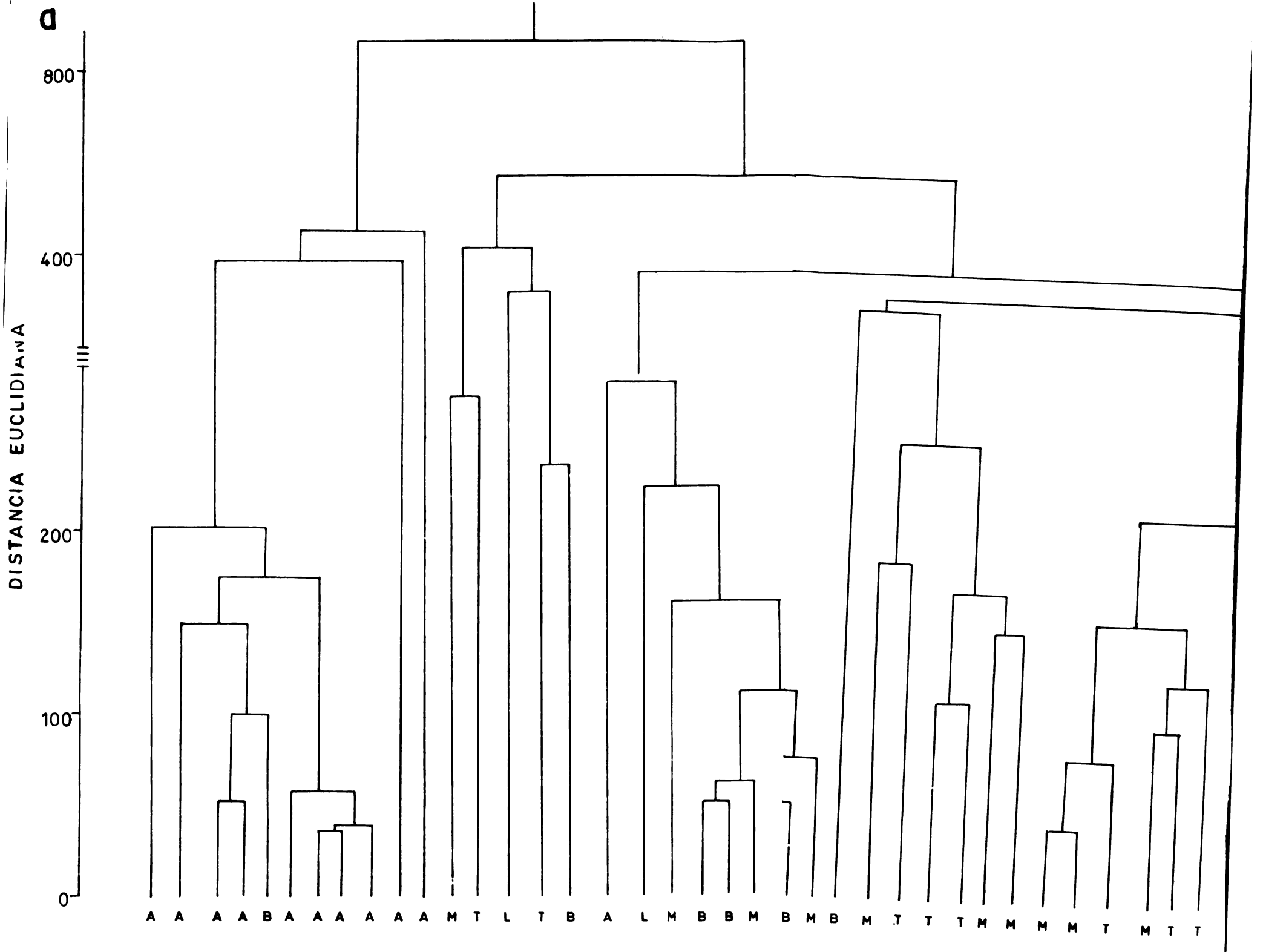
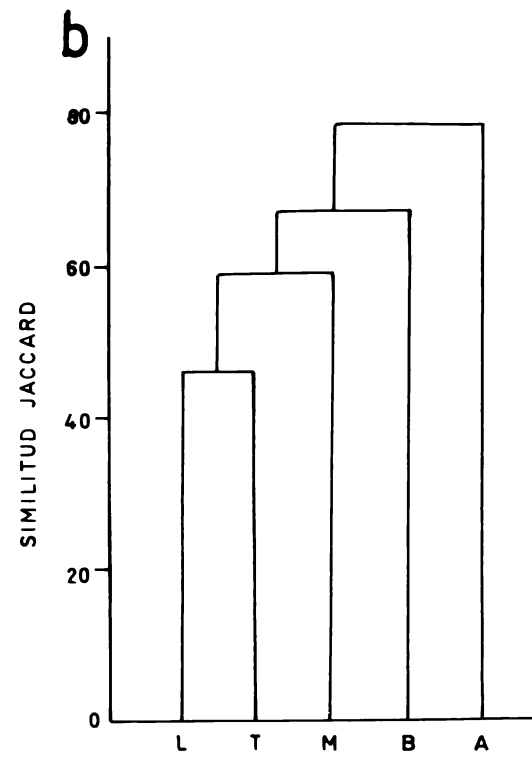
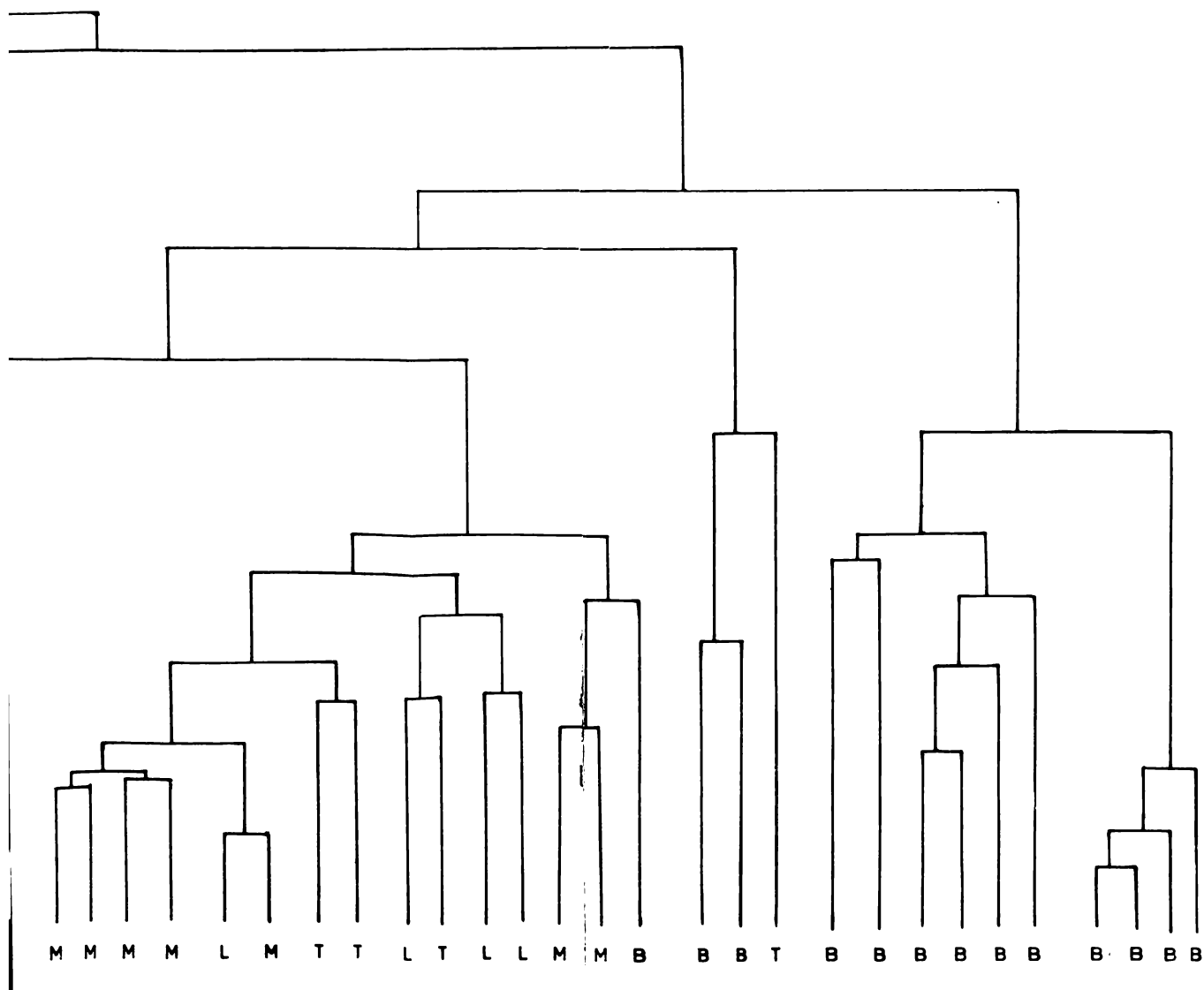


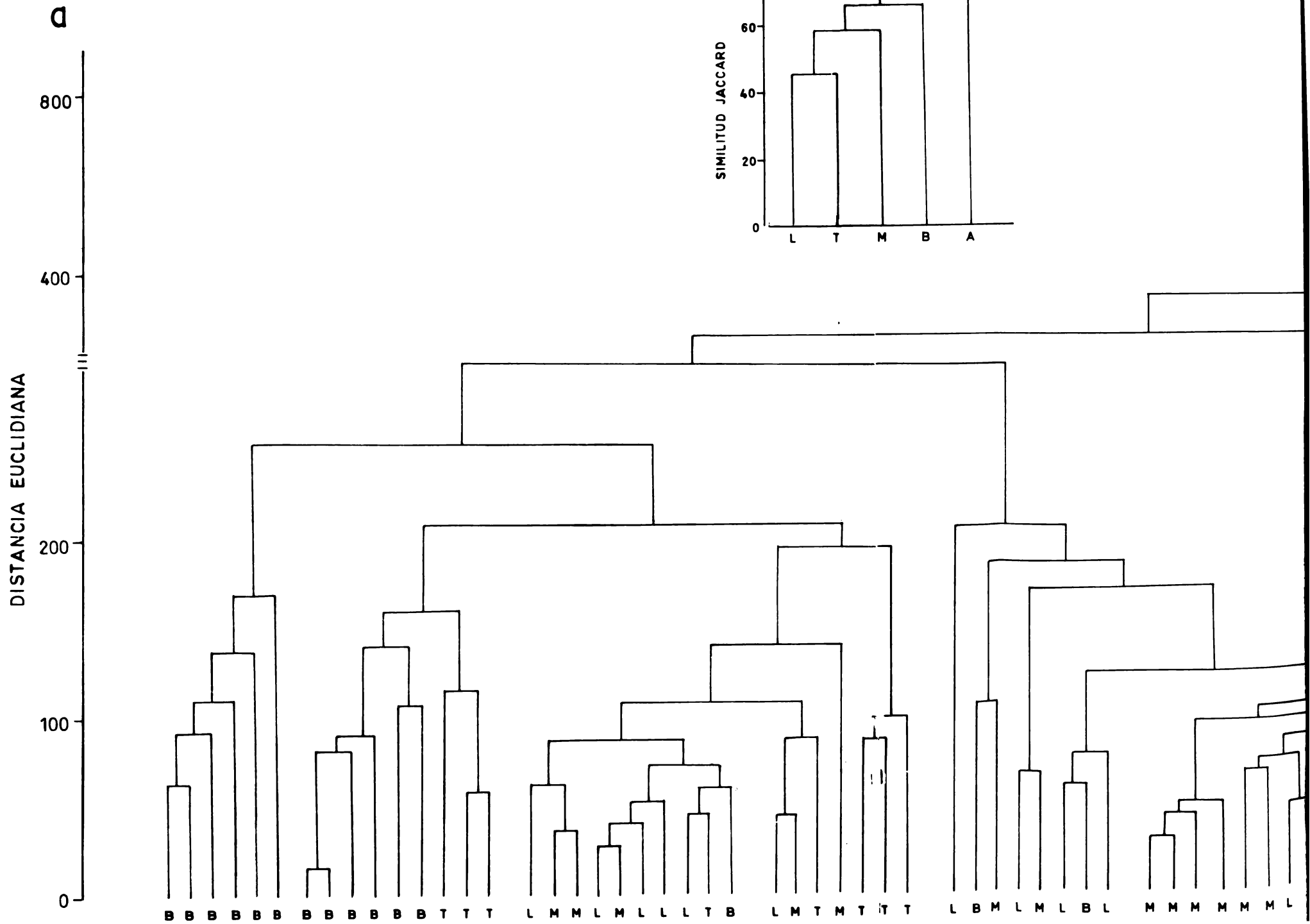
Fig. 1. Cuenca Lerma Chapala: Ubicación de localidades de estudio y división por subcuencas hidrológicas.

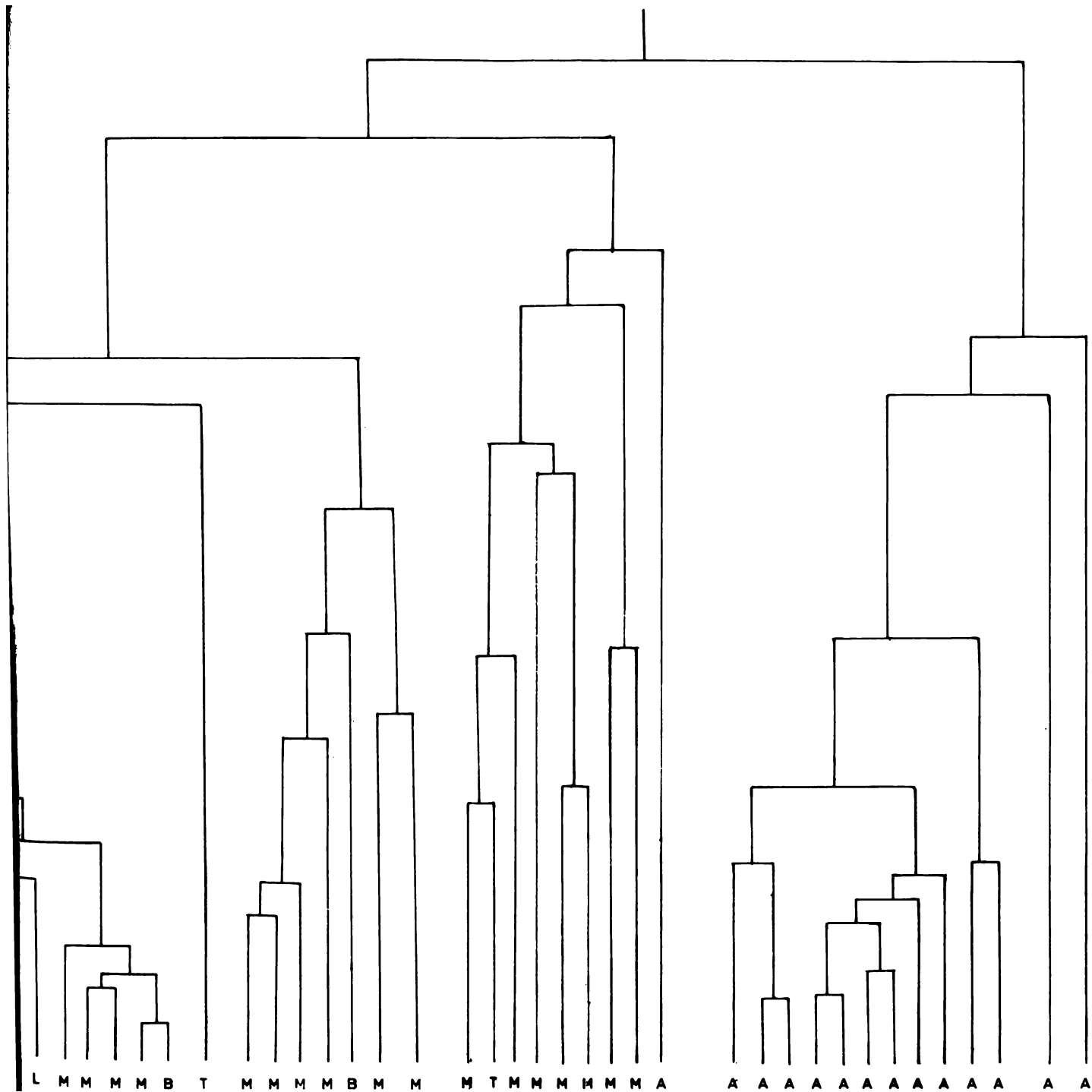




A: ALTO LERMA  
 B: BAJO LERMA  
 T: RIO TURBIO-SILAO-GUANAJUATO  
 L: RIO DE LA LAJA  
 M: MEDIO LERMA

Fig. 2. a) Agrupación de localidades a partir de parámetros ambientales utilizando distancias euclidianas y agrupación UPGMA en el periodo de lluvias. b) Agrupación de subcuencas considerando la presencia-ausencia de especies utilizando el índice de similitud de Jaccard y agrupación UPGMA.





A: ALTO LERMA  
 B: BAJO LERMA  
 T: RIO TURBIO-SILAO-GUANAJUATO  
 L: RIO DE LA LAJA  
 M: MEDIO LERMA

FIG. 3. a) Agrupación de localidades a partir de parámetros ambientales utilizando distancias euclidianas y agrupación UPGMA en el periodo de estiaje.  
 b) Agrupación de subcuencas considerando la presencia-ausencia de especies a partir del índice de similitud de Jaccard y agrupación UPGMA.



Por otra parte se utilizaron métodos multivariados de agrupación y ordenación con el programa para P.C. Multivar (Sánchez 1988). Para establecer regiones ambientales se utilizó el índice de similitud por distancias euclidianas y la agrupación por promedios no ponderados (UPGMA). El mismo procedimiento se siguió utilizando los datos de presencia-ausencia de especies por subcuenca.

El método de ordenación de análisis de componentes principales (ACP) se manejó en cada una de las regiones encontradas por el método de agrupación para los parámetros físicoquímicos por localidad en cada época de muestreo. Por último se aplicó el ACP a la magnitud del intervalo de tolerancia de cada especie a los diferentes factores ambientales.

## RESULTADOS

De 116 localidades establecidas para el estudio, en 29 (25%) no fue posible realizar ningún tipo de muestreo, ya que éstas se encontraron formando parte del sistema de alcantarillado de alguna ciudad, están comprendidas ahora en la mancha urbana o constituían cuerpos de agua completamente secos como resultado de actividades agrícolas.

Con la finalidad de establecer regiones dentro de la cuenca que estuvieran identificadas tanto por parámetros ambientales como por la distribución de la ictiofauna, se realizó el análisis de agrupación con las 81 localidades restantes, considerando las evaluaciones de los parámetros ambientales por localidad y la presencia-ausencia de especies para cada una de cinco subcuencas propuestas por la SRH (1968).

Esta agrupación refleja que, si bien las cinco subcuencas propuestas por la SRH (1968) tienen diferencias en cuanto a características hidrográficas, sólo el Alto y Bajo Lerma funcionan individualmente desde el punto de vista ictiogeográfico y de características ambientales. Sin embargo, las subcuencas del Medio Lerma, río de La Laja y río Turbio-Silao-Guanajuato, revelan similitud en cuanto a las características ambientales, además de presentar entre ellas una mayor afinidad faunística (Figs. 2 y 3).

De acuerdo con estas evidencias, se propone la existencia de tres subprovincias: Alto Lerma, Medio Lerma (con los ríos de La Laja y río Turbio-Silao-Guanajuato) y Bajo Lerma. El examen de esta regionalización muestra lo siguiente:

**Alto Lerma.** Para esta subcuenca los registros en los antecedentes señalan 36 localidades, de las cuales 20 han desaparecido (55.5%). Siendo los principales determinantes de este fenómeno el crecimiento de centros urbanos, como sería el caso de Lerma de Villada, Toluca, Ixtlahuaca de Rayón, Atlacomulco, Ocoyoacac y Santo Domingo de Guzmán (Chávez, 1987).

El análisis por componentes principales con las 16 localidades restantes indica que los tres primeros componentes explican el 61.5% y el 61.1% de la varianza en las épocas de lluvias y en las de estiaje respectivamente.

La ubicación de estas mismas en los gradientes ambientales sugiere la existencia de tres tipos de localidades, una que se caracteriza por la ausencia de peces, otra en el que las especies son en su mayoría tolerantes a cambios ambientales como sería el caso de *Tilapia mossambica*, *Xenotoca variata*, *Carassius auratus* y *Goodea atripinnis*; ambos grupos se ubican en el margen donde los valores de nitratos y fosfatos son altos, lo que indica un mayor grado de alteración. El último grupo se ubica en la porción donde estos valores son menores y se caracterizan por la presencia de especies menos tolerantes, y por tanto, más restringidas en su distribución, las cuales estarían representadas por *Notropis sallei*,

*Chirostoma riojai* y *Ch. humboldtianum*. Este patrón se presenta en ambas épocas de muestreo (Figs. 4 y 5).

En los antecedentes se señala la presencia de 16 especies en el Alto Lerma, dos de las cuales han sido introducidas con fines de piscicultura extensiva. En las colectas de 1985 se capturó un total de 11 especies siendo cuatro de ellas exóticas, lo que indica una reducción del 50% de las nativas. Las que no fueron colectadas durante este periodo fueron: *Algansea barbata*, *A. tincella*, *Notropis calientis*, *N. sallei*, *Yuriria alta*, *Allophorus robustus* y *Allotoca dugesi*, cuya área de distribución comprendía en gran proporción las localidades que actualmente han desaparecido o donde las condiciones de alteración ecológica no permiten el sostenimiento de comunidades ícticas. Los nuevos registros corresponden a las especies introducidas *Tilapia mossambica* y *Poecilia reticulata*.

En la figura 6 se observa que las diez especies nativas capturadas presentan una clara disminución en sus áreas de distribución, siendo esto más evidente en *Girardinichthys multiradiatus*, *Notropis sallei* y *Chirostoma riojai*. Las menos afectadas son *Goodea atripinnis* y *Ch. humboldtianum* que reflejan una mayor tolerancia a los cambios ambientales que se han experimentado en esta región.

**Medio Lerma.** Los antecedentes mencionan para esta región un total de 50 localidades registradas. Durante los muestreos de 1985-1988 se detectó la desaparición de nueve de ellas (18%) como consecuencia del crecimiento de la mancha urbana de ciudades como Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, León, Guanajuato y Morelia; la utilización de los cauces naturales como afluentes de los sistemas de alcantarillado como sería el caso de los ríos Grande de Morelia, León, Guanajuato y Pueblito, este último en la ciudad de Querétaro; además del efecto producido por obras de canalización o represamiento ya sea con propósitos agrícolas o de control de avenidas.

Las 59 localidades muestreadas durante ese estudio se constituyeron por 41 localidades restantes y 18 nuevas. Los tres primeros componentes en el ACP de estas últimas explican el 57% de la varianza en la temporada de lluvias y el 54% en la de estiaje, y muestran el siguiente patrón de agrupación. Las que se ubican en la porción con una elevada concentración de nitratos y fosfatos comprenden algunas con ausencia total de peces, y otras donde la diversidad y/o dominancia está representada por especies tolerantes como *Xenotoca variata*, *Goodea atripinnis*, *Poeciliopsis infans*, *Tilapia mossambica*.

En el otro grupo de localidades, caracterizado por bajas concentraciones de los iones indicadores de alteración, se detecta la presencia de especies más susceptibles a alteraciones ambientales, entre ellas *Ictalurus dugesi*, *Yuriria alta*, *Algansea tincella*, *Moxostoma austrinum*, *Chirostoma aculeatum* y *Ch. labarcae*. Al igual que en el Alto Lerma, no se determinaron cambios evidentes en cuanto a este patrón entre las dos épocas de muestreo (Figs. 7 y 8).

De las 26 especies registradas en los antecedentes, dos de ellas son exóticas introducidas. Durante el periodo de estudio se colectaron 29 (23 nativas y seis introducidas), se registró la presencia de *Ch. labarcae*, y la ausencia de *Ch. compressum*, *Hubbsina turneri*; esto representa una reducción del 9.3% de la riqueza específica original.

En la figura 9 se observa una disminución en el área de distribución de *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Algansea tincella*, *Skiffia lermæ*, *Allotoca dugesi*, *Notropis sallei*, *Chirostoma humboldtianum*, *Allophorus robustus*, *Neotoca bilineata* y *Moxostoma austrinum*. Con excepción de las tres últimas, el resto sufrieron una restricción de más del 50% en su distribución.

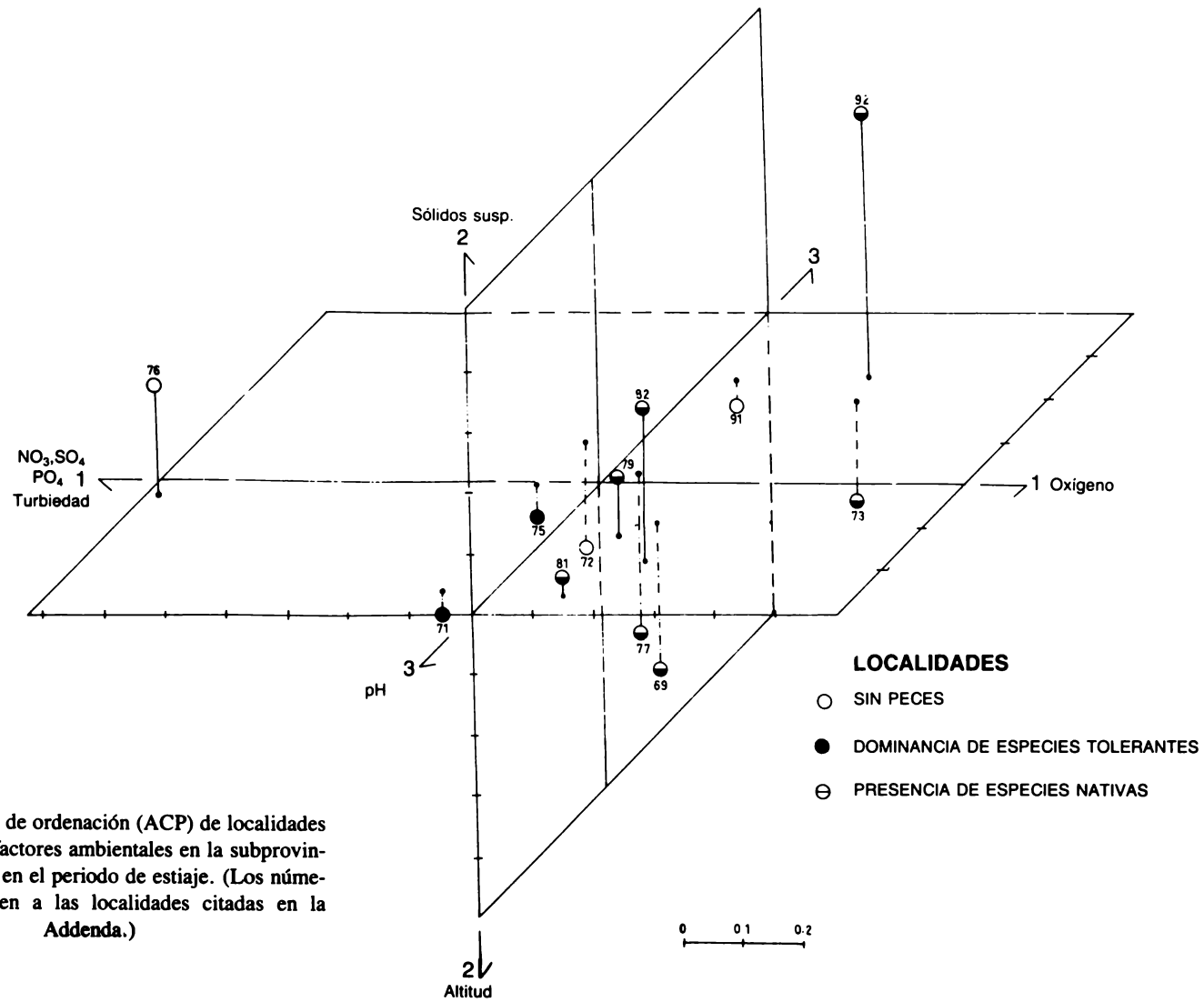


FIG. 4. Análisis de ordenación (ACP) de localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Alto Lerma en el periodo de estiaje. (Los números corresponden a las localidades citadas en la Adenda.)

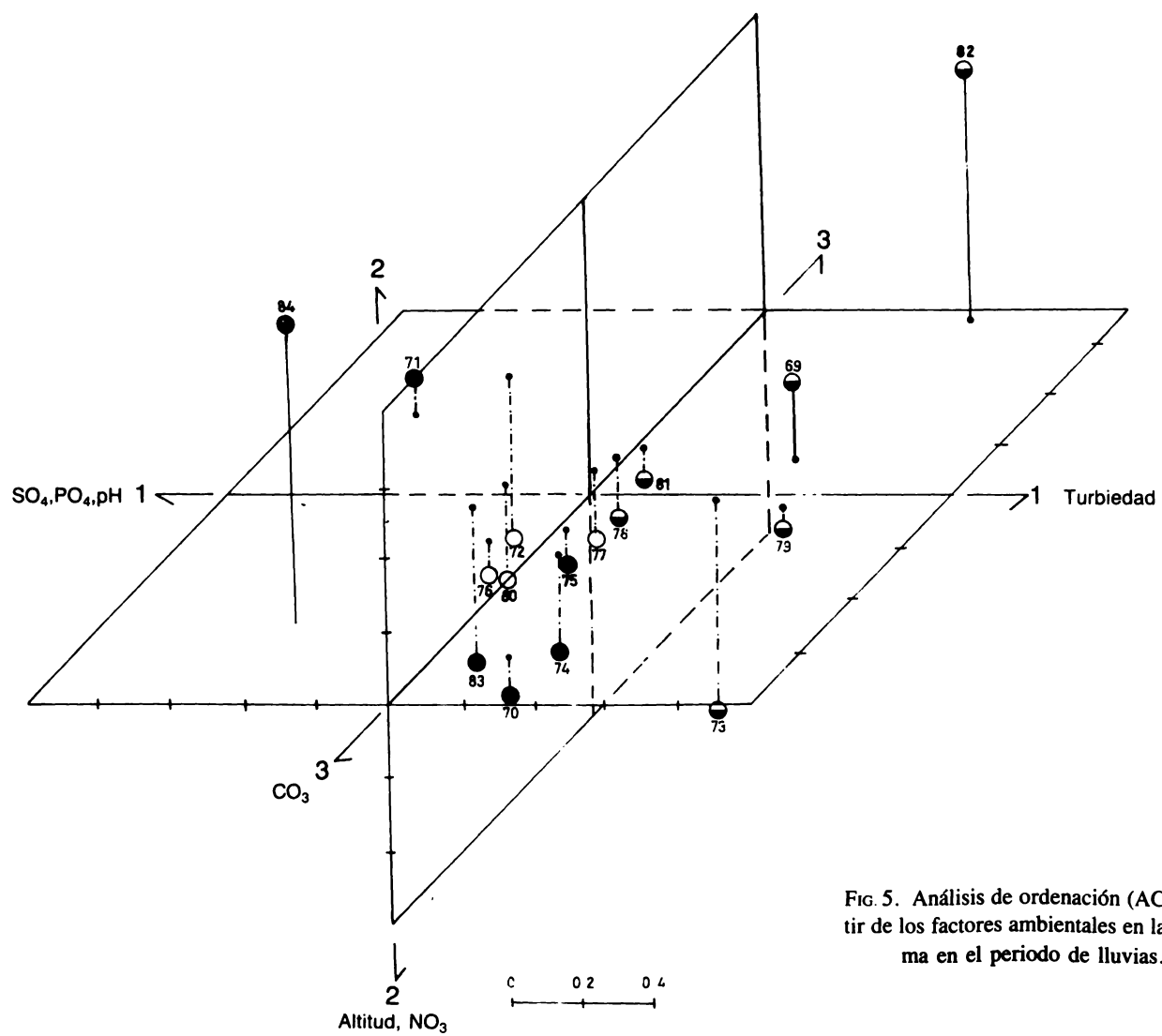
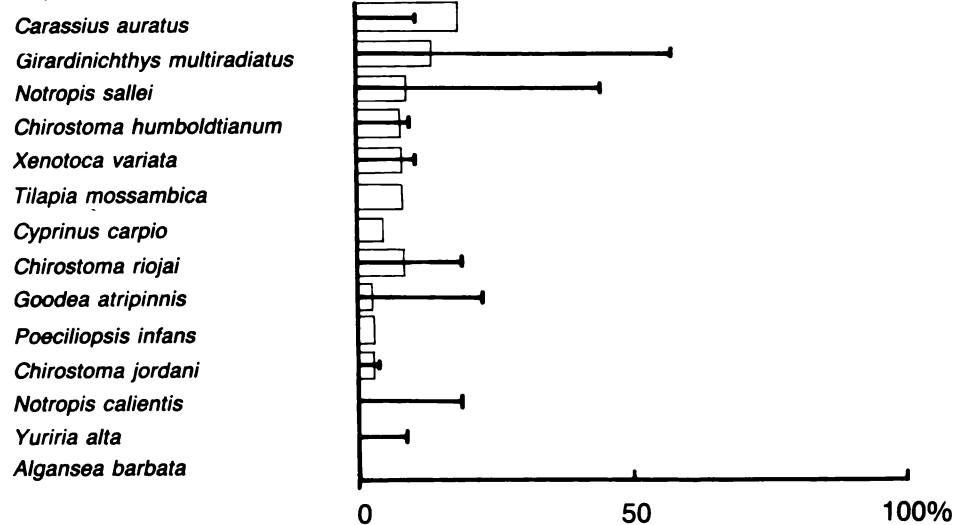


FIG. 5. Análisis de ordenación (ACP) de localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Alto Lerma en el periodo de lluvias. (IDEM Fig. 4.)

## ALTO LERMA

## especies



## AMPLITUD EN LA DISTRIBUCION

— ANTECEDENTES

□ COLECTAS 1985-89

FIG. 6. Amplitud de la distribución de las especies en la subprovincia Alto Lerma.

La distribución de *Yuriria alta*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Poeciliopsis infans*, *Chirostoma jordani* y *Ch. arge*, sugiere un incremento en su área de distribución; sin embargo, esto es atribuible a que las cuencas drenadas por los ríos Laja y Turbio habían sido poco estudiadas, por lo que no se conocía con precisión la amplitud del área ocupada en esta subregión. Los resultados de este estudio, reflejan su área natural de distribución en esta porción de la cuenca, ya que estas mismas especies suelen presentar la mayor frecuencia de aparición y gran tolerancia a las condiciones ambientales prevaletientes en toda la cuenca Lerma-Chapala.

**Bajo Lerma.** Los antecedentes mencionan 21 localidades muestreadas (considerando todas las localidades registradas para Chapala, Pátzcuaro y Zirahuén como una sola para cada caso). A diferencia de las otras subprovincias, no se detectó la desaparición de localidades, aun cuando es clara la alteración ecológica manifestada en la calidad del agua como consecuencia de la contaminación, que se acentúa en las porciones del río Lerma en la Piedad y Pénjamo, provocada por agroindustrias y desechos urbanos; río Zula en Arandas, provocada por la industria tequilera y en el caso muy particular de la laguna de Chapala por la contaminación y la disminución en el nivel del agua como consecuencia del control del flujo en diversas secciones del río.

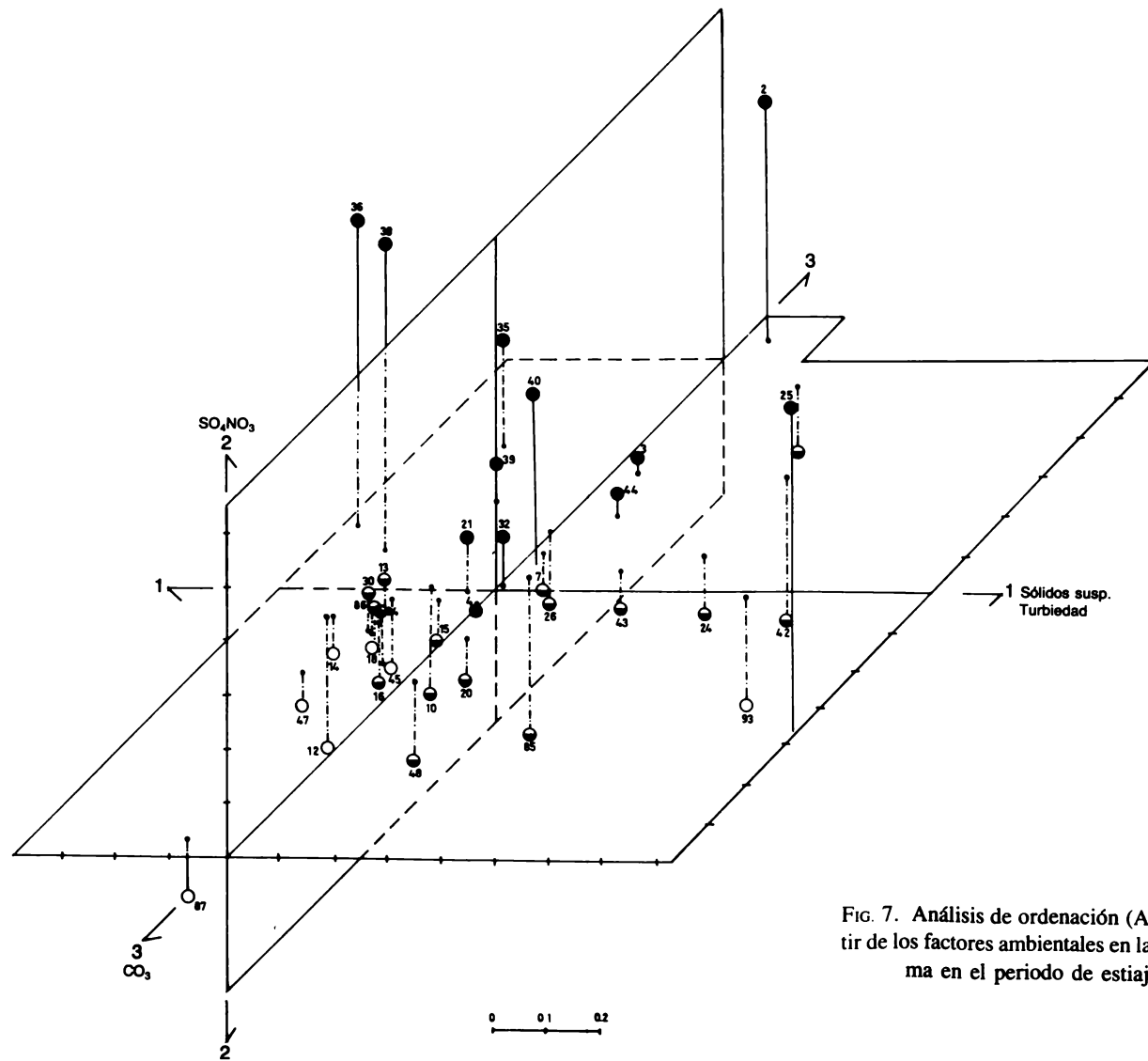


FIG. 7. Análisis de ordenación (ACP) de localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Medio Lerma en el periodo de estiaje. (IDEM Fig. 4.)

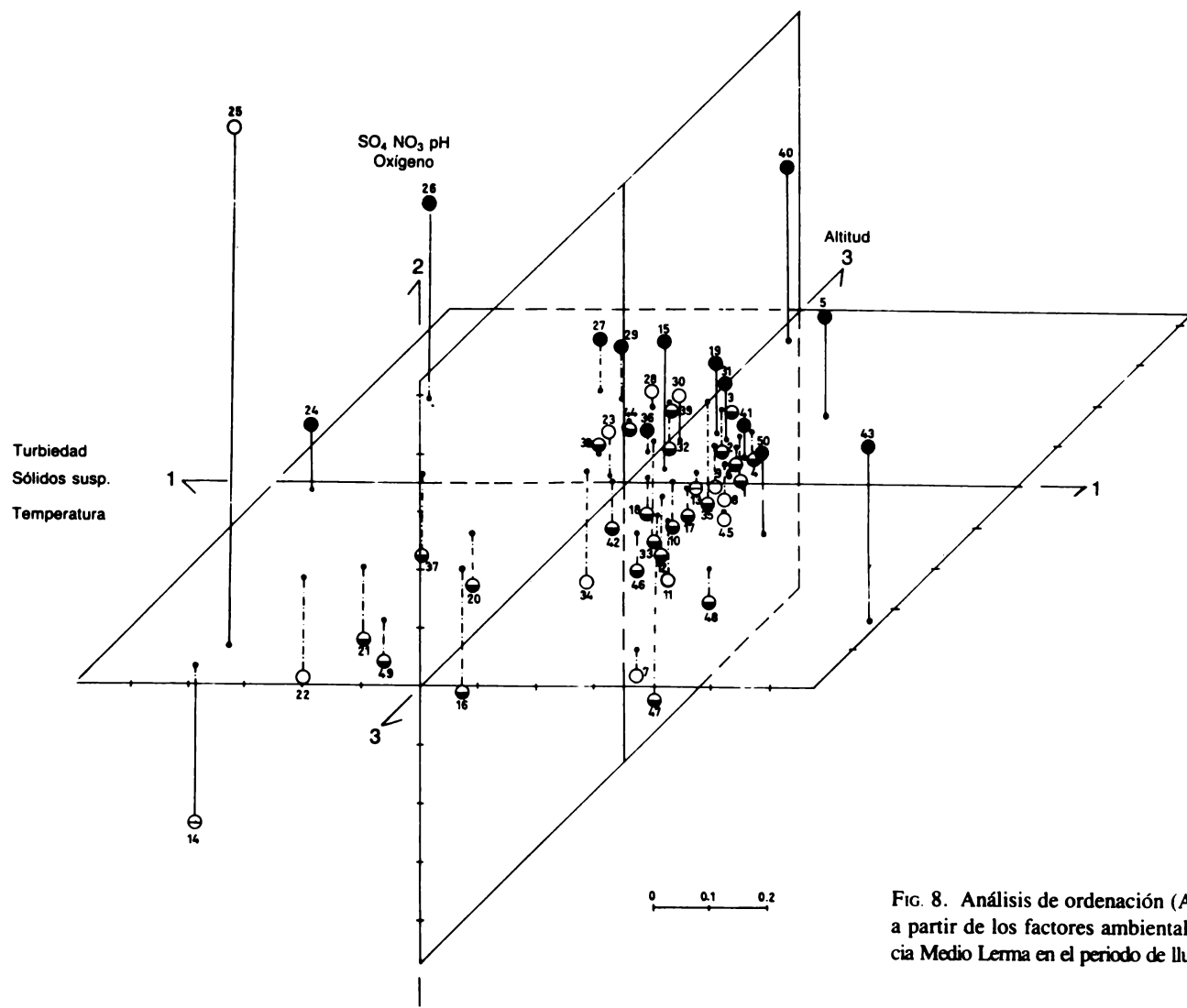


FIG. 8. Análisis de ordenación (ACP) de localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Medio Lerma en el periodo de lluvias. (IDEM Fig. 4.)

MEDIO LERMA

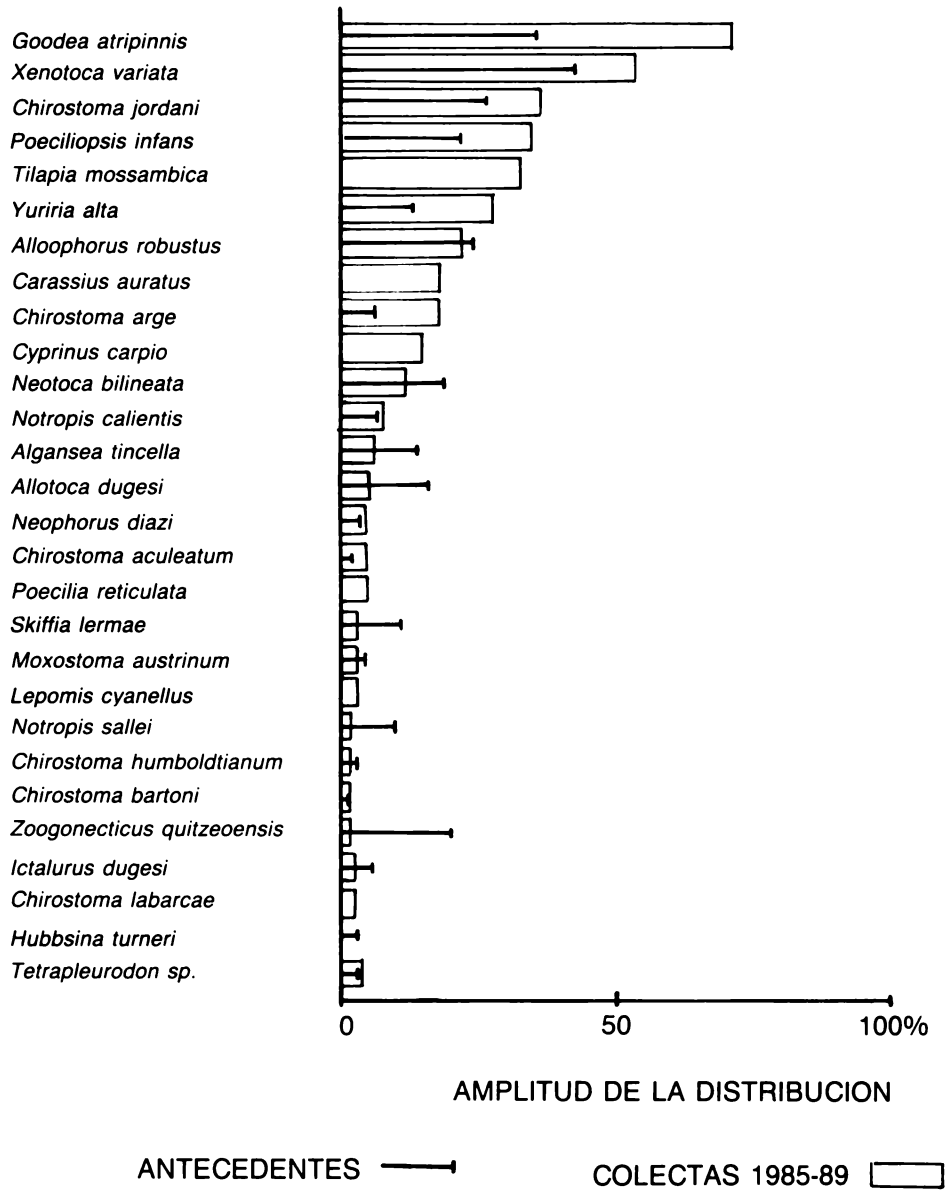


Fig. 9. Amplitud de distribución específica en la subprovincia Medio Lerma.



La tendencia en la agrupación de las localidades, considerando los tres primeros componentes que explican el 62.8% de la varianza en sequía y el 64.5% en lluvias, es la siguiente:

El grupo de localidades con ausencia de peces, en general presenta altos niveles de fosfatos, nitratos, sulfatos, y turbiedad. El segundo grupo en el que los valores de estos factores son ligeramente menores, se caracteriza por la presencia de las especies más comunes, *Chapalichthys encaustus*, *Goodea atripinnis* y *Tilapia mossambica* y finalmente, el conjunto donde estos mismos parámetros son mínimos y en el que se aprecia la existencia de especies susceptibles como *Zoogonecticus quitzeoensis* y *Ollentodon multiplicatus* (Figs. 10 y 11).

Los antecedentes mencionan 39 especies registradas, cinco de ellas introducidas. Durante el periodo 1988-1989, se capturaron un total de 36 especies, de ellas seis son exóticas, indicando una reducción del 13%; las no encontradas fueron *Notropis calientis*, *Chirostoma aculeatum*, *Allotoca dugesi* y *Skiffia lermae*.

Las especies que han experimentado una reducción en su área de distribución en más del 50% son *Yuriria alta*, *Moxostoma austrinum*, *Xenotoca variata*, *Ollentodon multiplicatus* y *Chirostoma humboldtianum*, mientras que muestran un aumento distributivo *Algansea tincella*, *Tilapia mossambica* y *Cyprinus carpio* aparentemente beneficiadas por el aumento en el número de presas y bordos, y porque las dos últimas son objeto de piscicultura extensiva. El nuevo registro para esta subcuenca corresponde a *Xiphophorus helleri* (Fig. 12).

La integración de los resultados de las tres subprovincias indica la existencia previa de 116 localidades con peces, de las cuales 29 han desaparecido (25% de reducción), debido al crecimiento urbano, utilización de cauces naturales como drenajes y al aumento en la construcción de obras hidráulicas.

Otras 21 localidades (18.1%) no reúnen condiciones de calidad de agua para el sustento de poblaciones ícticas, como consecuencia de las graves alteraciones ambientales.

La propuesta de división de la cuenca Lerma-Chapala en tres subprovincias apoyada en la agrupación de localidades por características ambientales y similitudes faunísticas, también está sustentada por la presencia actual de especies indicadoras de cada porción. Así, *Chirostoma riojai* y *Girardinichthys multiradiatus* son características de la subprovincia del Alto Lerma; la del Medio Lerma se identifica por la presencia de *Neotoca bilineata* y *Chirostoma bartoni*, esta última restringida a Valle de Santiago, Gto. Finalmente, del Bajo Lerma son peculiares *Ollentodon multiplicatus* y *Chapalichthys encaustus*, además de los aterínidos endémicos de los lagos de Chapala, Pátzcuaro y Zirahuén.

Los grupos más ampliamente distribuidos en toda la cuenca son: *Yuriria alta*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Poeciliopsis infans* y *Chirostoma jordani*, razón por lo que consideramos que son las más tolerantes a las condiciones ambientales prevalecientes.

Las especies más afectadas por el deterioro ambiental son: *Tetrapleurodon* sp., *Moxostoma austrinum*, *Notropis calientis*, *N. sallei*, *Algansea tincella*, *Ictalurus dugesi*, *Ollentodon multiplicatus*, *Zoogonecticus quitzeoensis*, *Neotoca bilineata*, *Allotoca dugesi*, *Neophorus diazi*, *Skiffia lermae*, *Chirostoma riojai* y *Ch. humboldtianum*. Todas ellas son generalmente capturadas en localidades cuya calidad del agua no muestra altos niveles de contaminación. Por ello, a las especies recién mencionadas las ubicamos como sensibles.

Es lamentable mencionar que durante un periodo de cinco años de muestreo intensivo no fue posible capturar *Hubbsina turneri* ni *Algansea barbata*.

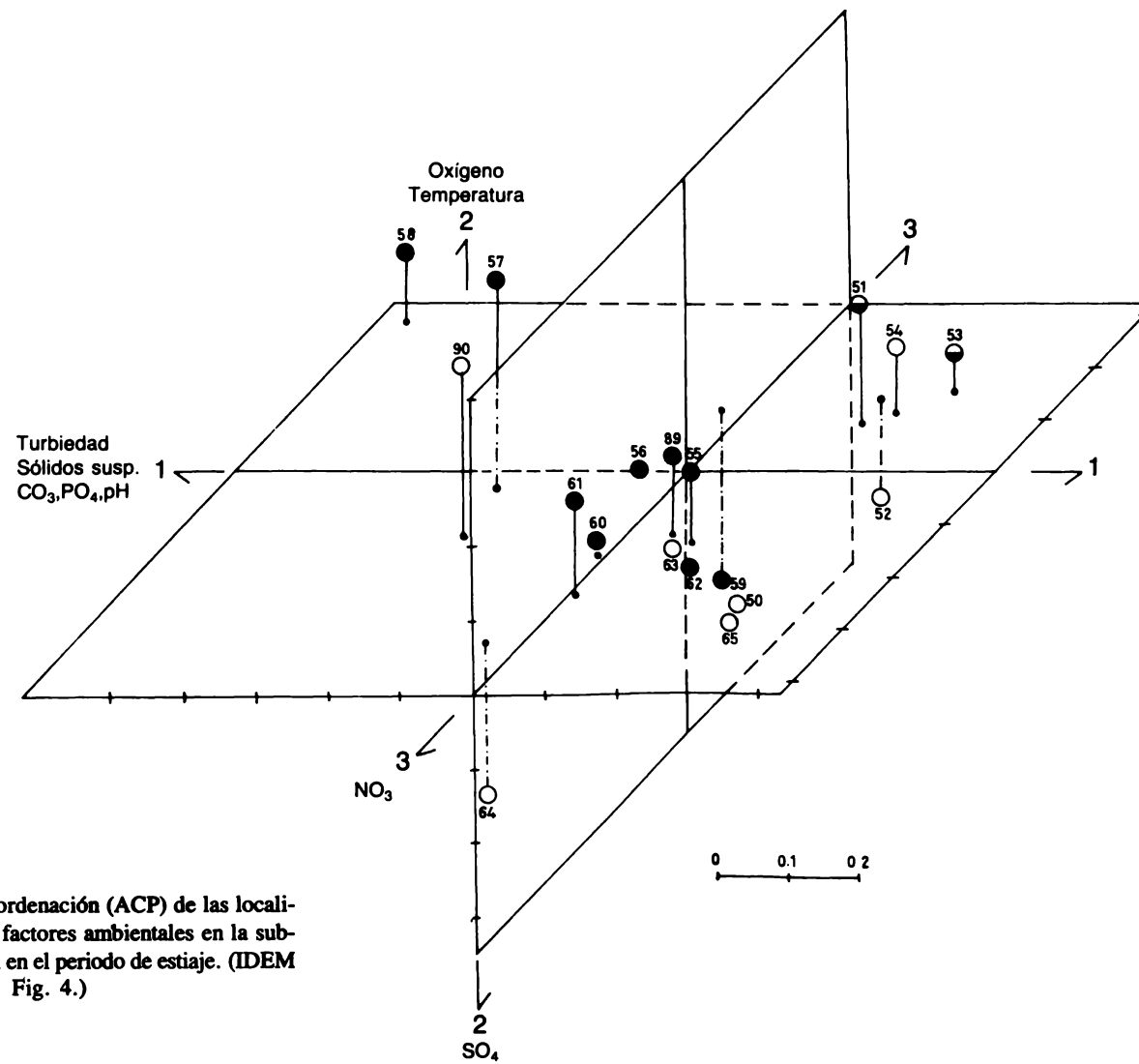


FIG. 10. Análisis de ordenación (ACP) de las localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Bajo Lerma en el periodo de estiaje. (IDEM Fig. 4.)

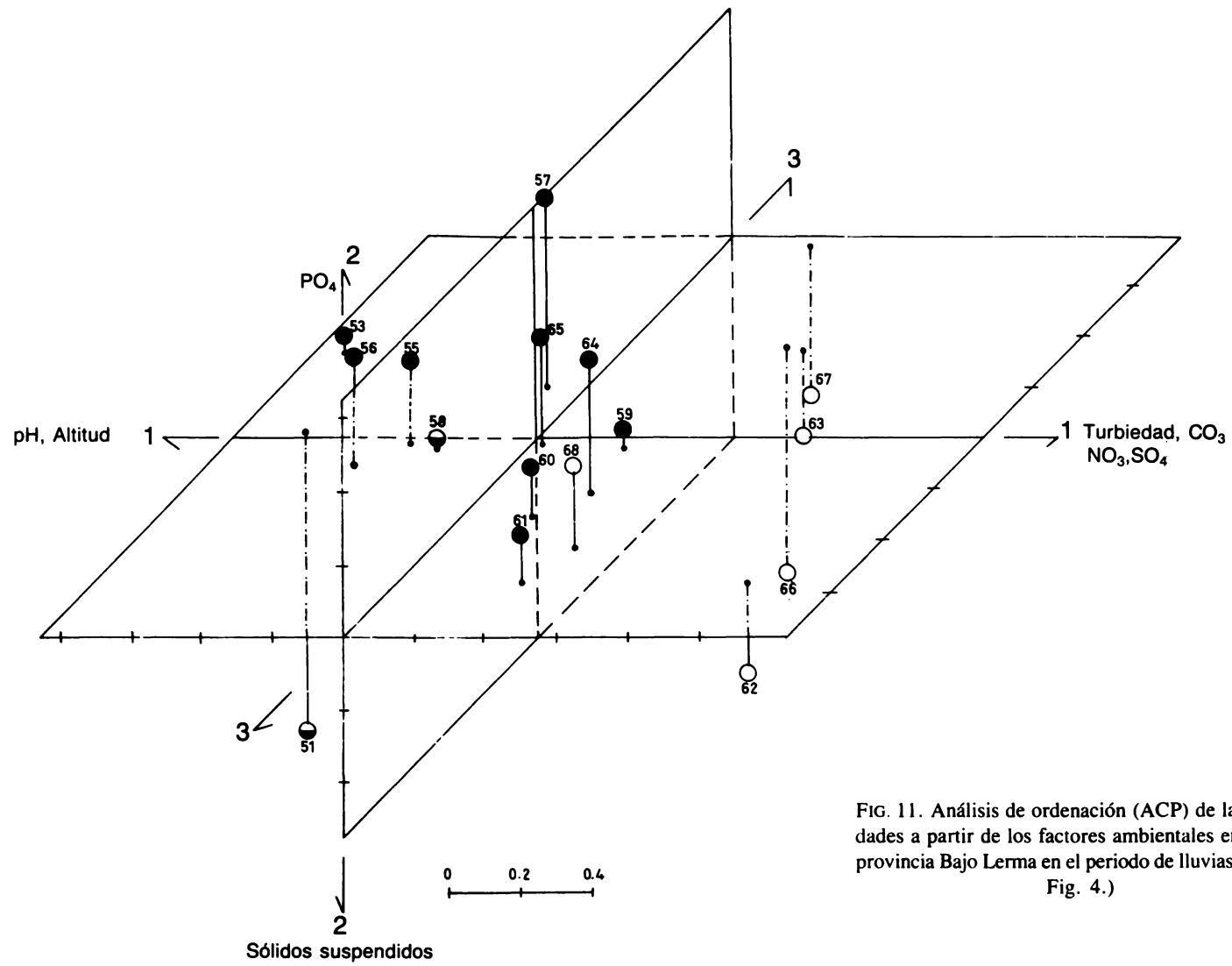


FIG. 11. Análisis de ordenación (ACP) de las localidades a partir de los factores ambientales en la subprovincia Bajo Lerma en el periodo de lluvias. (IDEM Fig. 4.)

## BAJO LERMA

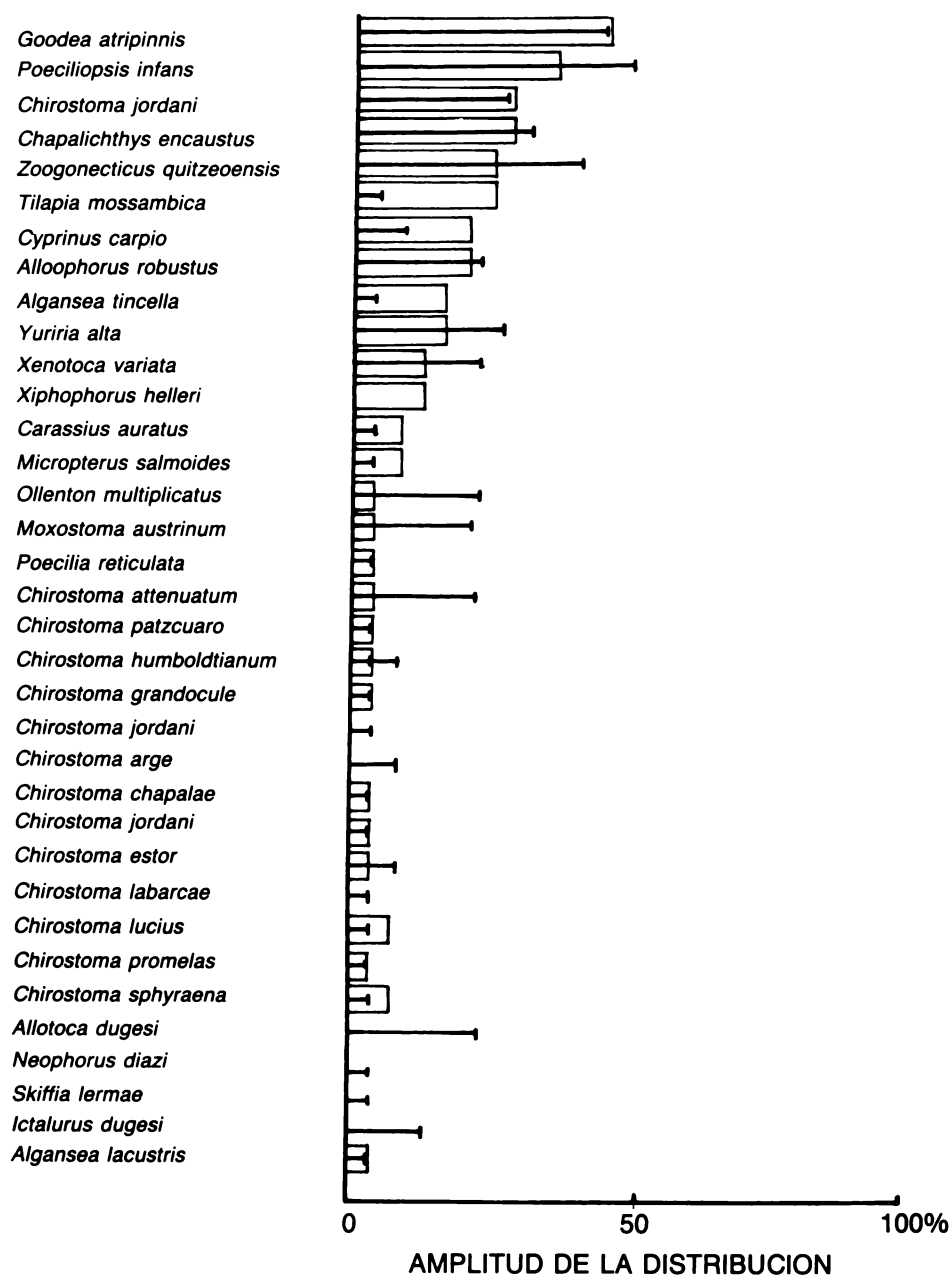


Fig. 12. Amplitud de distribución específica en la subprovincia Bajo Lerma.

Con la finalidad de establecer con claridad el grado de tolerancia específico a los parámetros ambientales determinados, se aplicó un ACP a partir de la magnitud de los intervalos de tolerancia que se muestran en la tabla 1. El análisis explica en sus dos primeros componentes el 68% de la varianza, el cual se ilustra en la figura 13 y en donde aparece un grupo (I) de especies con amplios intervalos de tolerancia a todos los factores, con excepción de los fosfatos, estas mismas tienen las mayores áreas de distribución, por lo que consideramos que *Yuriria alta*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Poeciliopsis infans*, *Chirostoma jordani* y *Tilapia mossambica* son las más resistentes a cambios en el ambiente.

Un segundo (II) grupo se compone de especies con intervalos de tolerancia muy estrechos y por tanto muy vulnerables a cambios ambientales, está formado por *Tetrapleurodon* sp., *Ictalurus dugesi*, *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Ollentodon multiplicatus*, *Skiffia lermae*, *Neophorus diazi*, *Poecilia reticulata*, *Chirostoma labarcae*, *Micropterus salmoides* y *Lepomis cyanellus*, las que a su vez ocupan áreas muy restringidas en la cuenca, de tal forma que han sido las más afectadas por la alteración ecológica.

El tercer conjunto (III) está constituido por: *Algansea tincella*, *Notropis calientis*, *N. sallei*, *Moxostoma austrinum*, *Girardinichthys multiradiatus*, *Allophorus robustus*, *Chapalichthys encaustus*, *Allotoca dugesi*, *Neotoca bilineata*, *Chirostoma riojai*, *Ch. bartoni*, *Ch. aculeatum*, *Ch. arge* y *Ch. humboldtianum*, que manifiestan tolerancias intermedias, por lo que si bien su distribución no es muy restringida, sí se encuentran limitadas por condiciones de alteración ambiental severa.

Un caso particular es *Xiphophorus helleri*, pues su presencia en la cuenca es tan reciente que determinó su ubicación en este tercer grupo.

## CONCLUSIONES

Las características ambientales e ictiogeográficas permiten proponer la división de la provincia del río Lerma en tres subprovincias: Alto Lerma, Medio Lerma y Bajo Lerma.

La alteración ecológica ha provocado una fuerte restricción del hábitat natural de los peces en la cuenca del río Lerma.

Esta alteración se manifiesta principalmente, por expansión de la mancha urbana de las principales ciudades, uso indiscriminado de los cauces naturales como sistemas de drenaje municipales e industriales (lo cual se ha manifestado en niveles alarmantes de contaminación), acelerada extracción de manios acuíferos y construcción de obras hidráulicas.

El presente estudio revela la existencia de sólo ocho especies tolerantes a las alteraciones ecológicas, en comparación con las 25 restantes que en mayor o menor medida se han visto afectadas. De no tomarse las medidas adecuadas de recuperación de los sistemas acuáticos de esta importante cuenca, se corre el peligro de que las diez especies más sensibles pudieran tener la misma suerte que *Hubbsina turneri* y *Algansea barbata*, que no fueron colectadas durante el periodo de estudio y que aparentemente no han sido registradas en la última década.

TABLA. 1. Intervalos específicos de tolerancia a los factores ambientales en la cuenca del río Lerma.

	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (ppm)	Turbiedad (UFT)	Sólidos suspendidos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza (mg/l)	pH
<b>GRUPO I</b> 1 <i>Goodea atripinnis</i> 2 <i>Xenotoca variata</i> 3 <i>Chirostoma jordani</i> 4 <i>Poeciliopsis infans</i> 5 <i>Tilapia mossambica</i> 6 <i>Yuriria alta</i> 7 <i>Carassius auratus</i> 8 <i>Cyprinus carpio</i>	11-30.5	0.8-15	ND-706	ND-850	ND-170	ND-33	ND-4.9	ND-280	6.1-9.1
<b>GRUPO III</b> 9 <i>Allophorus robustus</i> 10 <i>Chirostoma riojai</i> 11 <i>Neotoca bilineata</i> 12 <i>Allotoca dugesi</i> 13 <i>Chirostoma arge</i> 14 <i>Chirostoma aculeatum</i> 15 <i>Notropis sallei</i> 16 <i>Chapalichthys encaustus</i> 17 <i>Xiphophorus helleri</i> 18 <i>Chirostoma bartoni</i> 19 <i>Notropis calientis</i> 20 <i>Algansea tincella</i> 21 <i>Girardinichthys multiradiatus</i> 22 <i>Chirostoma humboldtianum</i> 23 <i>Moxostoma austrinum</i>	13-28	2.4-15	ND-600	ND-560	ND-170	ND-35.2	ND-6.0	19-280	6.3-9.4

TABLA 1. Intervalos específicos de tolerancia a los factores ambientales en la cuenca del río Lerma.  
(Continuación)

	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (ppm)	Turbiedad UFT	Sólidos suspendidos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Dureza (mg/l)	pH
GRUPO II									
24 <i>Neophorus diazi</i>									
25 <i>Chirostoma labarcae</i>									
26 <i>Lepomis cyanellus</i>									
27 <i>Skiffia lermae</i>									
28 <i>Ollentodon multiplicatus</i>									
29 <i>Ictalurus dugesi</i>	15-24	0.8-8.2	ND-500	ND-500	ND-200	ND-17.6	ND-2.5	21-124	6.5-8
30 <i>Tetrapleurodon</i> sp									
31 <i>Zoogonecticus quitzeoensis</i>									
32 <i>Micropterus salmoides</i>									
33 <i>Poecilia reticulata</i>									

ND= No detectable

Los valores anotados corresponden a la amplitud de tolerancia de cada uno de los tres grupos y no a alguna especie en particular.

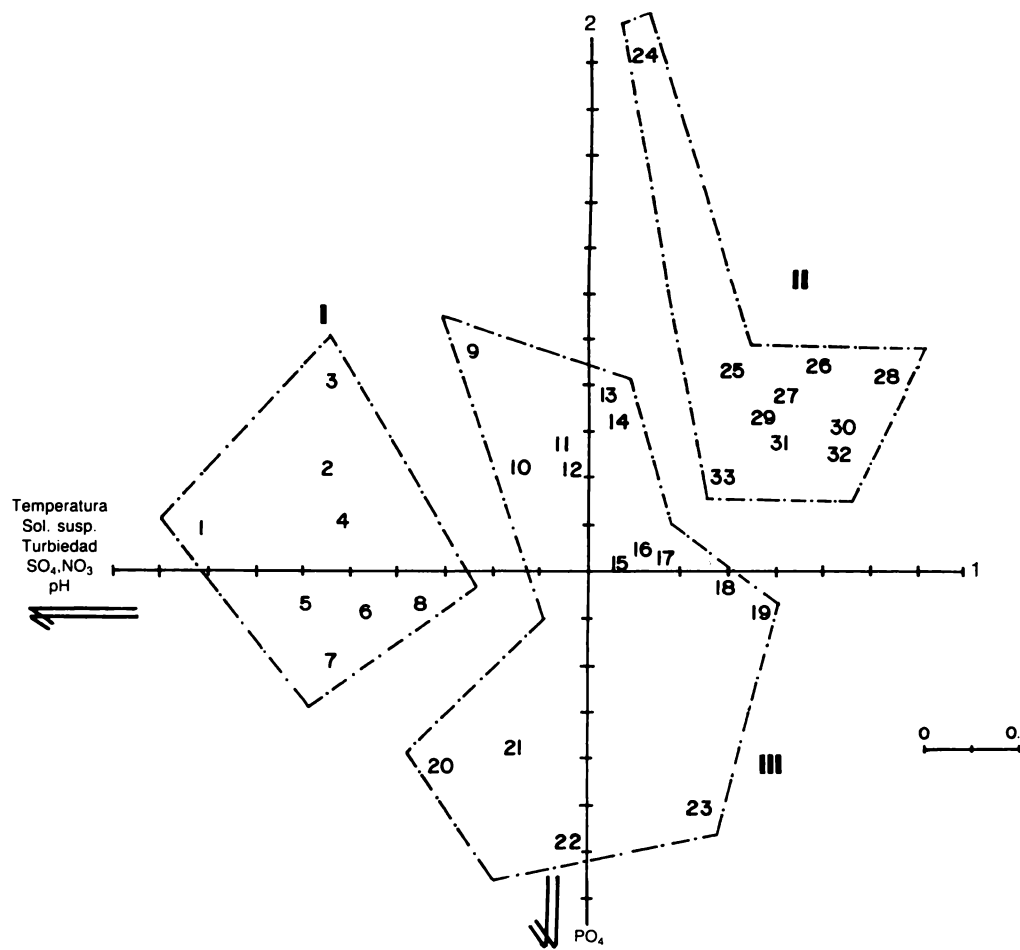


FIG. 13. Análisis de ordenación (ACP) de las especies de la cuenca del río Lerma, considerando la magnitud del intervalo de tolerancia a los factores ambientales. (Los números corresponden con el listado presentado en la tabla 1.)



### AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos expresar nuestro reconocimiento a los biólogos Einar Topiltzin Contreras, Alfonso Díaz Rojas, Humberto Mojica, Mauricio Villaseñor, Paul Vallejo de Aquino y Edmundo Teniente Nivón por el auxilio en las labores de campo. En las actividades de identificación taxonómica, análisis químicos, recopilación bibliográfica y análisis parciales de resultados, contamos con la valiosa cooperación de los biólogos Julieta Barragán Severo y Carlos Chávez Toledo; algunas de las figuras que ilustran nuestro trabajo fueron elaboradas por la bióloga Celia Guerra Magaña.

La investigación contó con el apoyo financiero del CONACyT (P218CCOC-881384) y de la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación, IPN (851064).

A todos ellos nuestros más sinceros agradecimientos.

NOTA: Al término de este trabajo, los autores tuvimos la oportunidad de revisar material de la Colección de Peces de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y constatamos la presencia actual de *Hubbsina turneri* en una sola localidad, la Laguna de Zacapu, cerca del poblado del mismo nombre, en Michoacán.

### SUMMARY

This paper is concern with changes in fish communities of Río Lerma basin, Mexico, as a result from ecological alterations.

The environmental and ichthyogeographic characteristics suggest a division in three sub-provinces: Alto Lerma, Medio Lerma and Bajo Lerma.

The fish fauna registered in this basin is composed of 43 species, the results show the restriction in their natural range of 25 species due to disappearance of habitats. Also reveal that exist three groups of fishes based in their ambiental tolerances.

Finally, the ecological alteration has provoked the possible disappearance of *Algansea barbata* and *Hubbsina turneri*.

### ADDENDA

#### LOCALIDADES DE ESTUDIO EN LA CUENCA DEL RIO LERMA

(Los números corresponden con los citados en las figuras)

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. San José Iturbide, Qro.   | 12. Apaseo El Grande, Gto.                |
| 2. Presa Sta. Catalina, Qro. | 13. Los Manantiales, Gto.                 |
| 3. Presa El Gallinero, Gto.  | 14. Salamanca, Gto.                       |
| 4. Dolores Hidalgo, Gto.     | 15. Valle de Santiago, Gto.               |
| 5. Atotonilco, Gto.          | 16. Jaral del Progreso, Gto.              |
| 6. La Conoxtle, Gto.         | 17. Laguna Yuriria, en La Loma, Gto.      |
| 7. Presa Begonias, Gto.      | 18. Laguna Yuriria, en La Angostura, Gto. |
| 8. Apaseo El Alto, Gto.      | 19. Laguna Yuriria, en Yuriria, Gto.      |
| 9. Juventino Rosas, Gto.     | 20. Canal Yuriria-Cuitzeo, Gto.           |
| 10. Empalme Escobedo, Gto.   | 21. Salvatierra, Gto.                     |
| 11. El Sauz, Gto.            | 22. Uriangato, Gto.                       |

23. Fresno de Zárate, Mich.  
 24. Cuitzeo, Gto.  
 25. Congosio, Mich.  
 26. Chehuayo, Mich.  
 27. San Agustín del Pulque, Mich.  
 28. Chucándiro, Mich.  
 29. Mariano Escobedo, Mich.  
 30. Araró (Arroyo), Gto.  
 31. Araró (Manantial), Gto.  
 32. Zinapécuaro, Gto.  
 33. Queréndaro, Mich.  
 34. Charo, Mich.  
 35. Parque Morelos, Mich.  
 36. El Parián, Mich.  
 37. Cointzio, Mich.  
 38. La Mintzita, Mich.  
 39. Agua Caliente, Mich.  
 40. Comanjilla, Gto.  
 41. Presa Palote, Gto.  
 42. Presa Vieja Jalpa, Gto.  
 43. El Tecolote, Gto.  
 44. Presa San Antonio, Gto.  
 45. Río Colorado, Gto.  
 46. Maravillas, Gto.  
 47. Pueblo Nuevo, Gto.  
 48. Irapuato, Río Turbio, Gto.  
 49. Abasolo, Río Turbio, Gto.  
 50. Río Lerma en La Piedad, Mich.  
 51. Pátzcuaro, Mich.  
 52. Copándaro, Mich.  
 53. Bellas Fuentes, Mich.  
 54. Carapan, Mich.  
 55. Zamora, Mich.  
 56. Manantial La Luz, Mich.  
 57. Presa Jaripo, Mich.  
 58. Presa Huaracha, Mich.  
 59. Ocotlán, Jal.  
 60. Briseñas, Mich.  
 61. La Barca, Jal.  
 62. Ixtlán, Mich.  
 63. Tanhuato, Mich.  
 64. Yurécuaro, Mich.  
 65. Atotonilco, Jal.  
 66. Arandas, Jal.  
 67. El Salto, Jal.  
 68. Poncitlán, Jal.  
 69. Presa Trinidad Fabela, Méx.  
 70. Laguna Santiago Tilapa, Méx.  
 71. Parque Sierra Morelos, Méx.  
 72. Ocoyoacac, Méx.  
 73. Presa Villa Victoria, Méx.  
 74. Carretera Fed. 15 México-Guadalajara, km 100  
 75. Presa Ignacio Ramírez, Méx.  
 76. Río Lerma, Carretera Federal 15, Méx.  
 77. Ciénega Lerma, Méx.  
 78. Presa Tepetitlán, Méx.  
 79. Represa San Felipe del Progreso, Méx.  
 80. Río Lerma en Ixtlahuaca, Méx.  
 81. Presa Tepuxtepec, Méx.  
 82. Senguio, Mich.  
 83. Presa Solís, Gto.  
 84. Agua Caliente (Arroyo), Mich.  
 85. Pénjamo, Gto.  
 86. Cuerámaro, Gto.  
 87. San Gabriel, Gto.  
 88. Zirahuén, Mich.  
 89. Camécuaro, Mich.  
 90. Chapala, Jal.  
 91. Ixtlahuaca de Rayón, Méx.  
 92. Buena Vista, Méx.  
 93. Manuel Doblado, Gto.  
 94. Corralejo, Gto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, J., 1970. Peces Mexicanos (Claves) Inst. Nal. Invest. Biól. Pesq., Serie de Investigación Pesquera. Est. No. 1-166 pp.  
 ATHIE, M., 1987. Calidad y cantidad del agua en México. Fund. Universo Veintiuno, Col. Medio Ambiente, México, 1-152 pp.  
 BARBOUR, C.D., 1973. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swanson (Pisces: Atherinidae). *Tulane Stud. Zool. Bot.* 18 (3): 97-141.  
 BARBOUR, C.D., and R.R. MILLER, 1978. A revisión of the mexican cyprinid fish genus *Algansea*. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Mich.*, 155:1-72.

- CONTRERAS, B.S.; V. LANDA; T. VILLEGAS y G. RODRÍGUEZ, 1976. Peces, Piscicultura, Presas, Polución, Planificación Pesquera y Monitoreo en México. Mems 1er. Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales, 16 pp. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- CHAVEZ-TOLEDO, C., 1987. Ictiofauna del Alto Lerma: Aspectos sistemáticos, zoogeográficos y ecológicos. Tesis profesional E.N.C.B., IPN, México, D.F.
- CHERNOFF, B. and R.R. MILLER, 1986. Fishes of the *Notropis calientis* complex with a key to the Southern Shiners of Mexico. *Copeia* (1): 170-183.
- EHELLE, A. and A.F. EHELLE, 1984. Evolutionary genetics of a "species flocks" atherinid fishes from the Mesa Central 93-109. A.A. Echelle. I Kornfield eds. Evolution of fish species flocks. Univ. Maine Press Orono.
- HACH CHEMICAL COMPANY, 1976. DR-EL/2 methods (Manual). 2nd. Printing. Hach Europe S.A. Inv. Iowa. USA. 83 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA. 1983. X Censo General de Población y Vivienda 1980. Resumen. México, D.F.
- MILLER, R.R., 1966. Geographical distribution of Central America Freshwater Fishes. *Copeia* (4): 773:-800.
- MILLER, R.R., 1982. Pisces. In: Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies. S.H. Hilbert and A. Villalobos. Figueroa eds. San Diego State University. Sn. Diego Calif. 1982.
- MILLER, R.R., and M.L. SMITH, 1986. Origin and Geography of the fish fauna Central Mexico. pp. 491-519. In: the Zoogeography of North American Freshwater Fishes C.R. Howtt and E.O. Wiley Interscience New York.
- SÁNCHEZ-COLÓN, S., y J.L. ORNELAS de ANDA, 1988. Multivar Análisis estadístico multivariado en Ecología. Esc. nac. Cienc. biól., IPN.
- SMITH, M.L., and R.R. MILLER, 1986. The evolution of the Rio Grande Basin as inferred from its fish fauna. In: Zoogeographic of North America Freshwater. Ed. by Charles H. Hocutland and E.O. Wiley. John Wiley & Sons. Inc.
- SECRETARÍA de RECURSOS HIDAULICOS (S.R.H.). 1968. Información Regional. Plan Lerma. Asistencia Técnica. Guadalajara, Jal., México. 91 pp.
- \_\_\_\_\_, 1974. Resumen de las condiciones actuales de la cuenca del río Lerma. S.R.H. Subsecretaría de Construcción. Dirección General de Irrigación y Control de Ríos. pp. 1-54.