



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA

VARIACION TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES
MACROBENTONICAS DE LOS LAGOS DE LA REGION
DE LOS LLANOS, PUEBLA, MEXICO.
(COMPOSICION, ABUNDANCIA, DISTRIBUCION,
ASOCIACIONES)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A N :
MARGARITA UBEDA AMEZCUA
SANDINO ESTRADA MONDACA

DIRECTOR DE LA TESIS: DR. JAVIER ALCOGER DURAND.



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.

INDICE

ABSTRACTS	2
RESUMEN	2
I INTRODUCCIÓN	3
II ÁREA DE ESTUDIO	5
III ANTECEDENTES	8
IV MATERIAL Y MÉTODO	8
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
1 CARACTERIZACION AMBIENTAL	11
2 CARACTERIZACION BIOLÓGICA	16
2.1 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA Y RIQUEZA ESPECIFICA	16
2.2 ABUNDANCIA	19
2.3 DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD	22
2.4 FRECUENCIAS	23
2.5 ABUNDANCIA VS. FRECUENCIA	26
2.6 RELACIÓN ORGANISMOS-AMBIENTE	27
2.7 CORRELACIONES / ORGANISMOS	30
2.8 CARACTERIZACION BIOLÓGICA DEL ESTADO SAPROBIO	31
VI CONCLUSIONES	32
VII BIBLIOGRAFÍA	33

INDICE TABLAS

TABLA 1	PARAMETROS AMBIENTALES	41
TABLA 2	LISTA TAXONOMICA	42
TABLA 3	LISTA AUSENCIAS-PRESENCIAS POR LAGO	43
TABLA 4	LISTA AUSENCIAS-PRESENCIAS POR ESTACION	44

Agradecimientos:

CONACYT, proyectos Nos. P-220-ccor y 0956-N9111, por el apoyo económico recibido para el desarrollo de este trabajo.

Dr. Bohdan Bilys (University of Crescent, Can.) - Quironómidos
Dr. David jB. Herbst (University of California, EUA) - Ephydriidae
Dr. Ken J. Tennessen - Odonata
Dr, Robert D. Waltz (Indiana Department of Natural Resources)- Baetidae

Por su valiosa ayuda en la identificación taxonómica de esta investigación.

Yolanda Molina
Ma. del Rosario Sánchez
Alfonso Lugo
Julio César Fabela Tavera
Mario Chávez
Elva Escobar

Por su participación y ayuda en el trabajo de campo.

Dr. Fermín Rivera

Por el apoyo recibido en la realización de la investigación en instalaciones de CyMA.

M. en C. Enrique Kato Miranda
Biol. Rafael Chávez López
Biol. Mario A. Fernández Araiza
Biol. Mario Chávez Arteaga.
Biol. Regina Sánchez Merino.

Por su valiosa intervención para revisar y asesorar este trabajo de investigación.

Agradecemos de manera muy especial al

M. en C. Javier Alcocer Durand

Por su destacada dirección, buen juicio y apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de investigación, por su amistad.

VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS DE LOS LAGOS DE LA REGIÓN DE LOS LLANOS, PUEBLA, MÉXICO. (COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA, DISTRIBUCIÓN, ASOCIACIONES)

ABSTRACT

In this study we describe the littoral macrobenthic communities inhabiting the lakes of the Oriental Valley of the State of Puebla, Mexico.

The area of study comprises six lakes (Alchichica, La Preciosa, Atexcac, Aljojuca, Tecuitlapa and Quechulac). The littoral zone is characterized by temperate temperatures (17.5 to 24.9 °C), basic pH (8.4 - 9.8), saline concentration ranging from 0 to 7.4 g/L. A variety of macrophytes cover the littoral zone where sandy sediments predominate, the sediments are predominantly finely particulated, containing low to medium concentration of organic matter and carbonates. The area was sampled five times every three months, between 09-1989 and 09-1990. Sampling sites were differentiated according to the presence and kind of aquatic vegetation as well as the salinity. Sixty five taxa of littoral benthic macroinvertebrates were identified, with three dominant groups, Oligochaeta (71.27%), Amphipoda (22.73%) and midge larva of Chironomidae (2.14%). The most diverse lake was found in Alchichica, due, probably, to the presence of more macrohabitats suitable for colonization in the littoral zone. Salinity seems not to be a factor affecting the faunal distribution. No pattern or trend of variation was found in relation with the season of the year.

RESUMEN

El presente trabajo describe la comunidad macrobentónica litoral de los lagos crater de la cuenca de Oriental del estado de Puebla, México. La zona de estudio comprende seis lagos (Alchichica, La Preciosa, Atexcac, Aljojuca, Tecuitlapa y Quechulac). La zona litoral es templada (17.5 a 24.9 °C), de pH básico (8.4 - 9.8), con una concentración salina que va de 0 a 7.4 g/L. Diversas especies de macrófitas pueblan la zona litoral de los lagos en los que predominan los sedimentos arenosos con un contenido de materia orgánica y carbonatos de bajo a medio. Se realizaron 5 muestreos trimestrales entre septiembre de 1989 y septiembre de 1990. Ambientalmente la presencia y tipo de vegetación acuática, así como la salinidad permitieron diferenciar a las estaciones. Se identificaron 65 taxa de macroinvertebrados bentónicos litorales, predominando ampliamente los oligoquetos (71.27%), anfípodos (22.73%) y quironómidos (2.14%). El lago más diverso fue Alchichica debido, posiblemente, a la mayor diversidad de microhabitats en la zona litoral. No se apreciaron diferencias en la distribución faunística con relación a la salinidad de los lagos en los grandes grupos. No se encontró un patrón de variación temporal específico, ni tampoco en relación con la temporada del año.

I. INTRODUCCIÓN

Históricamente los lagos han estado relacionados con el desarrollo de culturas importantes ya que de ellos se obtienen recursos nutritivos valiosos que constituyen fuente importante de alimentación, agua potable y otros de diversa índole. En nuestro País, los estudios limnológicos son recientes (Arredondo-Figueroa y Aguilar 1987) por lo que surge la necesidad de ampliar su conocimiento. Los lagos mexicanos representan una fuente valiosa de información por las características que les confiere su situación geográfica (tropical-subtropical). Un ejemplo de ello se tiene en la meseta poblana, delimitada por sistemas montañosos importantes (Sierra Madre Oriental al norte y este, La Mixteca Baja al sur y la Sierra Nevada al noroeste), que constituye una cuenca endorréica, lo cual propicia la formación de lagos. Este es el caso de los lagos-cráter ubicados en la Cuenca de Oriental. La relevancia de dichos lagos radica, entre otras características, en la presencia de diversos endemismos como son los peces aterinidos *Poblana alchichica alchichica* en el lago de Alchichica, *P. letholepis* en el lago La Preciosa y *P. a. squamata* en el Lago de Quechulac (Alvarez 1950, De Buen 1945), así como del anfibio ambistomátido *Ambystoma taylorii*, también en Alchichica (Brandon et al. 1981, Taylor 1943). Estos organismos conforman parte de la riqueza científica nacional y es necesaria su preservación dadas las condiciones de deterioro ambiental a que están sometidos la mayoría de los lagos mexicanos, ya sea por modificaciones en los hábitats presentes o por la contaminación de sus aguas (Arredondo-Figueroa y Aguilar 1987). Adicionalmente, los lagos proporcionan una fuente importante de recursos para los habitantes de la zona, como peces, acociles, vegetación acuática y agua, así como su empleo para la recreación, higiene personal, etc. Sin embargo este recurso se ve amenazado debido a que la Cuenca de Oriental se perfila como fuente abastecedora de agua potable para el Valle de México en el siglo XXI (Alcocer & Escobar 1990, Chávez et al. 1989).

Probablemente ninguna comunidad lacustre exhiba tanta diversidad de tipos (especies) y abundancia de organismos como la bentónica, que presenta un gradiente biótico desde la superficie del sustrato hasta profundidades considerables (aproximadamente unos 7m), en relación a las características físicas, químicas y texturales del mismo (Reid & Wood 1976). Esta asociación de especies de plantas y animales que viven en o sobre el sedimento (litoral y profundo) de un cuerpo acuático es lo que se denomina "Bentos" (gr. *benthos* = profundidad).

Los factores que afectan la composición de las comunidades bentónicas son fisicoquímicos como la temperatura, la transparencia, el oxígeno disuelto y la velocidad de la corriente del agua, así como los biológicos como alimento, protección, competencia y otros (Reid & Wood 1976, Weber 1973). Al presentarse cambios en dichos parámetros, los organismos pueden manifestar mecanismos adaptativos (por ejemplo: estados de reposo) hasta que se restablecen las condiciones fisiológicamente más favorables (Wetzel 1981).

El análisis del bentos en la zona litoral se complica por la diversidad de formas biológica, tanto de plantas como de animales y por variaciones en la naturaleza de los sedimentos. La presencia de plantas favorece una estratificación vertical, al ser escaladas por algunos animales. La densidad de población y el número de especies están condicionados por la naturaleza del sustrato, por lo que la distribución suele ser heterogénea (Reid & Wood 1976).

Los grupos del bentos se dividen por su tamaño en tres categorías; la macrofauna está integrada por aquellos organismos que son retenidos en un tamiz con apertura de malla de 0.59 mm de diámetro (APHA *et al.* 1985, Gray 1981, Weber 1973, Wetzel 1981), como los oligoquetos, anfipodos, quironómidos, odonatos, efemerópteros, gasterópodos, hirudíneos, etc. A los organismos que pasan a través de esa malla, pero que son retenidos por una de 0.062 mm se les clasifica como meiofauna (Gray 1981), la cual incluye nemátodos, bivalvos, estadios juveniles de organismos de la macrofauna y otros. Finalmente, la microfauna es la que pasa a través de una apertura de malla de 0.062 mm de diámetro (Gray 1981); en ésta se encuentran básicamente protozoarios ciliados.

Dentro de la dinámica de los sistemas lénticos, se evidencia la participación del bentos en el flujo energético como producción secundaria, importante para el sostén de la fauna acuática que constituye un recurso alimenticio y económico para los pobladores de la región. Por otro lado la importancia de algunos miembros del bentos como indicadores biológicos, permite reconocer el estado trófico de los lagos así como su estadio evolutivo (Wetzel 1981).

El bentos se encuentra localizado tanto en las zonas profundas como en el litoral; los estudios de éste último son de gran interés por la heterogeneidad ambiental presente (diversidad de microhábitats), así como por la diversidad biológica que sostiene y que es capaz de proveer de nutrientes a la fauna acuática que acude a alimentarse (Reid y Wood 1976).

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue el determinar la variación temporal de las comunidades macrobentónicas litorales de los lagos de la región de Los Llanos, Puebla, México. Para cumplir con el objetivo antes mencionado se establecieron las siguientes metas:

- a) Reconocer la composición macrobentónica litoral de los lagos,
- b) Determinar la variación espacio-temporal del macrozoobentos (composición y abundancia),
- c) Determinar las posibles asociaciones presentes en los organismos macrobentónicos
- d) Determinar si existe una relación entre la distribución y la abundancia del macrobentos con las características ambientales de los lagos.

II. ÁREA DE ESTUDIO

La región de "Los Llanos" o Cuenca de Oriental es una cuenca endorréica limitada al este por el Pico de Orizaba y Cofre de Perote, al oeste y noroeste por la Sierra de Puebla -incluyendo La Malinche-, al norte por la Sierra de las Humeras y hacia el sur las delimitaciones son imprecisas por la falta de alturas considerables (Díaz & Guerra 1979). Comprende un área de aproximadamente 5.250Km² y presenta una altura promedio de 2.300 m.s.n.m. (Reyes 1979).

Dentro de la Cuenca de Oriental, al este del estado de Puebla, se localizan 6 lagos-cráter o "axalapazcos" (del náhuatl que significa "vasijas de arena llenas de agua"), en las planicies conocidas como los Llanos de San Juan y los Llanos de San Andrés. Estos son estructuras volcánicas que tiene forma de cráter inactivo en el cual se aloja un lago. Algunos de ellos son relativamente profundos (>40m) y están alimentados por las aguas del manto freático y la precipitación pluvial directa (Alvarez 1950). Los lagos de Alchichica, Atexcac, La Preciosa y Quechulac están ubicados en los Llanos de San Juan, una meseta lacustre al norte de la planicie poblana (Fig. 1), mientras que los de Aljojuca y Tecuitlapa se encuentran en los Llanos de San Andrés, al pie de los contrafuertes occidentales del Pico de Orizaba (Ramírez-García & Novelo 1984).



Fig. 1. Localización de los lagos crater en el estado de Puebla.
1. Tecuitlapa; 2. Aljojuca; 3. Atexcac; 4. La Preciosa;
5. Quechulac; 6. Alchichica. (Modificado de Ramírez 1984).

El clima en los Llanos de San Juan es templado seco, con verano seco y poca oscilación térmica, en tanto que en los Llanos de San Andrés el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (García 1988).

Alchichica (19°24'13" N, 97°24'00" O, altitud promedio de 2.345m) es de forma circular con una longitud máxima de 1.733m con orientación NO-SE (Fig. 2). Su profundidad máxima es de 64 m, profundidad media 38.55m, línea de costa 5.06 Km., área 1.81 Km² y volumen de 69.92x10⁶m³ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Su composición litológica es básicamente de tezontle y pómez (Reyes 1979). En cuanto a la vegetación acuática presenta una sola especie *Ruppia maritima*, aunque existe un registro previo de *Cyperus laevigatus* (Ramírez-García & Novelo 1984). Se encuentran el pez aterinido *Poblana alchichica alchichica* De Buen (Alvarez 1950, De Buen 1945) y el anfibio ambistomátido *Ambystoma taylorii* (Brandon *et al.* 1981, Taylor 1943), como representantes endémicos de los vertebrados acuáticos.

La Preciosa, localizada a unos 4 Km al S-SE de Alchichica (19°21'23" N, 97°22'27" O, altitud promedio de 2.365 m), tiene forma triangular aproximadamente con una longitud máxima de 1.344m de orientación NE-SO (Fig. 2), su profundidad máxima es de 45m, profundidad media 30.72m, línea de costa 3.85 Km, área de 0.78Km² y un volumen de 16.20x10⁶m³ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). La cubeta del lago está formada por cenizas semiconsolidadas de pómez y material andesítico muy fino (Reyes 1979). *Scirpus californicus* es el hidrófito dominante de un total de cuatro especies (Ramírez-García & Novelo 1984). Los vertebrados acuáticos están representados por el pez aterinido endémico *Poblana letholepis* (Alvarez 1950).

Quechulac, muy cercano a La Preciosa (97°21'14" O, 19°21'23" N, altitud promedio de 2.395m), tiene forma elipsoidal con una longitud máxima de 983m orientada NO-SE (Fig. 2), la profundidad máxima de este lago es de 40m, profundidad media 21.71m, línea de costa 3.04 Km, área 0.50Km² y volumen de 10.97x10⁶m³ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Los componentes litológicos básicos de la cuenca son cenizas andesíticas y lapilli de pómez (Reyes 1979). Se registran cinco especies de hidrófitos entre las que destacan *Scirpus californicus* y *Potamogeton pectinatus* (Ramírez-García & Novelo 1984). *Poblana alchichica squamata* es el representante endémico de la fauna ictica (Alvarez 1950).

Atexcac se ubica en la falda norte de la sierra de Las Derrumbadas (19°21'13" N, 97°21'19" W, altitud promedio de 2.510m). Presenta una forma irregular aproximada a una elipse, con una longitud máxima de 780m y orientación NE-SO (Fig. 2), la profundidad máxima detectada es 39m, profundidad media 25.72m, línea de costa 2.18 Km, área 0.29Km² y un volumen de 6.15x10⁶m³ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Este lago no corresponde ni en litología ni en edad al complejo volcánico conformado por los tres lagos anteriores, ya que presenta una pared constituida por calizas del Mesozoico y las demás de origen volcánico (Gasca 1982). La flora acuática está representada por cinco especies entre las que destacan *Phragmites australis* y *Cyperus laevigatus* (Ramírez-García & Novelo 1984). En cuanto a fauna ictica este lago, al parecer, carece de ella (Alvarez 1950).

Aljojuca se sitúa al norte de la Cuenca y en las orillas del poblado de San Juan Atenco (19°05'00" N, 97°33'14" W, altitud promedio de 2,390m). Su forma es casi circular con una longitud máxima de 871m de orientación NE-SO (Fig. 2), con una profundidad máxima de 50m, profundidad media 26.28m, línea de costa 2.53 Km, área 0.49 Km² y volumen de 11.67x10⁶m³ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). La cuenca lacustre está formada litológicamente por depósitos cineríticos y piroclásticos muy gruesos, predominando el tezontle y los fragmentos de roca andesítica-basáltica (Reyes 1979). Los hidrófitos relevantes por su abundancia, de un total de cinco especies, son *Potamogeton pectinatus* y *Typha dominguensis* (Ramírez-García & Novelo 1984). Este lago tiene fauna introducida constituida por las carpas japonesas *Cyprinus carpio* (Linneo) y *Carassius auratus* (Linneo), además de una especie de poecilido nativa de la zona (vertientes NE, E y S del Citlaltépetl), *Heterandria jonesi* la cual pudo haber sido introducida al lago durante una crecienta de las corrientes de la vertiente oriental del Citlaltépetl (Alvarez 1981a).

Tecuitlapa se ubica al oriente de San Salvador el Seco, en las inmediaciones de San Miguel Tecuitlapa (Reyes 1979) a los 97°34'00" N, 19°07'09" W su longitud máxima es de 750m con orientación NO-SE (Fig. 2), tiene una profundidad máxima de 2.50m, profundidad media 1.36m, línea de costa 2.38 Km, área 0.26 Km² y volumen de 0.35 m³ x 10⁶ (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Las especies de hidrófitos mas importantes por su distribución y abundancia fueron *Eleocharis montevidensis* y *Juncus andicola* (Ramírez-García & Novelo 1984). La fauna íctica de este lago esta integrada por especies introducidas como lo es *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* (Alvarez 1950).

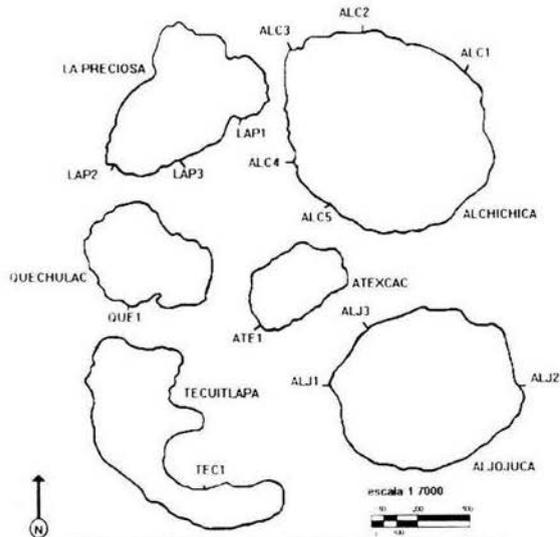


Fig. 2. Ubicación de las estaciones de muestreo de los lagos cráter de Puebla, Méx. (Modificado Arredondo-Figueroa *et al.* 1983).

Las cuencas cónicas y las playas con pendientes muy pronunciadas caracterizan a todos los lagos, a excepción de Tecuitlapa (Arredondo-Figueroa *et al.* 1983). Los lagos con mayor concentración iónica son Alchichica y Atexcac con una salinidad media de 7.4 g/L y 6.0 g/L, respectivamente, con dominancia de cloruros, sodio y magnesio en ambos y sulfatos en el primero. Los de menor concentración iónica son Aljojuca y Tecuitlapa con 0.2g/L de salinidad (Vilaclara *et al.* 1989). Los lagos presentan sedimentos arenosos de pH básico (8.3 a 9.5) y pobres en nutrientes (Ramírez-García y Novelo 1984).

III. ANTECEDENTES

Entre los estudios realizados en la región de la Cuenca de Oriental, Puebla, se cuenta con trabajos de índole geológica, limnológica y biológica. Dentro de los geológicos Ordoñez (1905) y Gasca (1982) explican el origen de los cráteres que actualmente albergan a los axalapazcos. En su estudio sobre las regiones naturales de Puebla, Fuentes (1972) describe la climatología, edafología y vegetación de la zona y Reyes (1979) la geología de la Cuenca de Oriental.

Se encuentran estudios limnológicos realizados por la C.F.E. (1960-62) y Díaz & Guerra (1979) que proporcionan datos físicos y químicos de los lagos. La batimetría y morfometría de los mismos fue realizada por Arredondo-Figueroa *et al.* (1983). En cuanto a investigaciones biológicas se refiere, Soto *et al.* (1977) describen la vegetación comprendida en la región Alchichica-Perote por percepción remota; la vegetación acuática de los axalapazcos se describe en Ramírez (1983), Ramírez-García y Novelo (1984) y Ramírez-García y Vázquez-Gutiérrez (1989), mientras que Piña (1984) reportó variaciones estacionales del fitoplancton en los lagos de La Preciosa, Quechulac y Aljojuca. De Buen (1945) describe a *Poblana alchichica* para el lago de Alchichica y Vázquez (1982) realizó un estudio sobre la biología de esta especie; asimismo Alvarez (1949, 1950, 1955a y 1981b) actualizó el estado taxonómico de los aterínidos *P. a. squamata* y *P. letholepis*, lo cual es discutido con posterioridad por Guerra (1986). Taylor (1943) describe a *Ambystoma subsalsum* - actualmente *A. taylorii* (Brandon *et al.* 1981) para el lago de Alchichica como una nueva especie de anfibio ambistomatido, cuyo estudio poblacional es revisado por Calderón y Rodríguez (1986).

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Por razones logísticas se realizaron cinco muestreos trimestrales, comprendido entre los meses de septiembre de 1989 y septiembre de 1990 (denominados en lo subsecuente como OTO'89, INV'89, PRI'90, VER'90, OTO'90) en catorce sitios de colecta localizados en la zona litoral de los lagos: cinco en Alchichica, tres en Aljojuca y La Preciosa, y uno en Atexcac, Quechulac y Tecuitlapa. Los sitios de muestreo fueron seleccionados en una salida prospectiva con base en la diversidad de hábitat (características texturales, contenido de materia orgánica, cobertura vegetal y exposición al oleaje).

Para el muestreo en la zona de estudio se hizo uso de una draga Ekman de 15X15X15 cm propia para trabajar en sedimentos finamente divididos compuestos por arenas finas, arcillas, limo y lodos (Weber 1973, Wetzel & Likens 1979). La draga Ekman encierra un cuadrado (225 cm²) que es igual en área desde la superficie a la máxima profundidad de penetración antes del cierre. Según estudios citados en Weber (1973) el uso de la draga Ekman permite la captura de un mayor número de taxa y organismos en comparación con las dragas Ponar y Petersen.

El muestreo es de índole cuantitativa ya que involucra una estimación del número y biomasa de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados por unidad de área, por lo que proporciona información de la composición de especies y riqueza de las mismas (Weber 1973).

Las muestras colectadas se tomaron por triplicado con el fin de obtener representatividad estadística y fueron reducidas en volumen tamizando la muestra in situ a través de una malla con apertura de 0.59 mm (APHA et al. 1985, Gray 1981, Wetzel & Likens 1979). La técnica de tamizado consiste en poner la muestra directamente en el tamiz sumergiéndolo parcialmente en agua y agitándolo hasta que los materiales finos han pasado (Lind 1979).

El tamizado fue depositado en bolsas de polietileno y fijado con formol al 10% adicionado con rosa de bengala (200 mg/l) para facilitar la separación de los organismos del detritus como es sugerido en APHA et al. (1985). Cada bolsa fue rotulada con el nombre del lago, estación de muestreo, fecha y número de réplica. Al momento del muestreo se tomó nota de características tales como grado de protección de la estación (protegida, semiprottegida o desprotegida), así como del tipo de estructura que ofrece dicha protección (vegetación, por ejemplo); presencia o ausencia de vegetación, porcentaje de cobertura que ofrece la misma así como el tipo de vegetación presente; una estimación de la composición de los sedimentos tanto superficial como subsuperficial; y, finalmente, una estimación de la composición de la materia orgánica particulada tanto superficial como subsuperficial.

Los parámetros físico-químicos determinados in situ fueron los siguientes: el pH (potenciómetro), salinidad, conductividad y temperatura (termo-halino-conductivímetro) y oxígeno disuelto (oxímetro).

En el laboratorio, con ayuda de pinzas de relojero y agujas de disección se llevó a cabo la separación de los organismos por grupos taxonómicos para su preservación posterior en frascos viales debidamente etiquetados con alcohol al 80%. Una vez identificados hasta el nivel máximo posible, se procedió a su cuantificación. La identificación de los organismos se llevó a cabo con la ayuda de las siguientes claves taxonómicas: coleópteros (Merritt & Cummins 1984), crustáceos (Edmonson 1959, Pennak 1953), dípteros (Merritt & Cummins 1984, Mason 1973), efemerópteros (Merritt

& Cummins 1984, Usinger 1956), gasterópodos (Edmonson 1959, Pennak 1978), hemipteros (Hungerford, Usinger 1956, Merrit & Cummins 1984), moluscos (Edmonson 1959, Pennak 1978), odonatos (Merrit & Cummins 1984, Usinger 1956), oligoquetos (Edmonson 1959, Pennak 1978), tricópteros (Merrit & Cummins 1984).

Paralelamente a la separación, identificación y cuantificación de los organismos, se procesaron las muestras de sedimento para su determinación textural (granulométrica) siguiendo la técnica de Folk (1969) de tamizado en seco para partículas gruesas (gravas y arenas) y pipeteo en húmedo para los finos (arcillas y limos). El tamaño de las partículas se caracterizó con la escala de clasificación de Wentworth (Folk 1969, Welch 1948). La determinación del contenido de materia orgánica, biomasa y carbonatos en los sedimentos se realizó siguiendo la técnica de pérdida en combustión -LOI- a 550°C y 950°C respectivamente (Allen 1989, De La Lanza 1986, Hammer et al. 1990, Weber 1973).

El valor de abundancia promedio para cada grupo taxonómico se representó con la media aritmética de las tres repeticiones para cada estación de muestreo en la temporada correspondiente. El valor de frecuencia de cada grupo taxonómico se determinó como el número de ocasiones que un representante de dicho grupo fue colectado en relación con el número total de veces que se muestreó.

Se elaboraron diagramas de frecuencia vs. abundancia (García De León 1988) en donde los valores de frecuencia (%) y abundancia ($\log n+1$) se graficaron y perpendiculares a los ejes, se trazaron líneas cuyo origen es el valor promedio para cada variable. Lo anterior produce un gráfico dividido en cuatro cuadrantes que se utilizó para definir las especies dominantes (elevada frecuencia y abundancia), constantes (elevada frecuencia y baja abundancia), raras (baja frecuencia y abundancia) y ocasionales (baja frecuencia y elevada abundancia).

Con el fin de agrupar las estaciones de muestreo con base en sus características ambientales, se llevó a cabo un análisis multivariado de clasificación (Análisis de Cúmulos) a partir de la matriz de datos ambientales. Posteriormente, para sumarizar la variación de los gradientes ambientales de las estaciones de muestreo resaltando solamente aquellos prioritarios, se procedió a aplicar un análisis multivariado de ordenación, conocido como Análisis de Componentes Principales (ACP) a la misma matriz de datos ambientales. De igual forma se realizó un (Análisis de Cúmulos) a partir de los datos biológicos, así como un (ACP) para obtener de esta manera los organismos relevantes en el estudio.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

El lago de Alchichica se caracteriza por ser un lago hiposalino (6-7.4 g/L), con aguas templadas (18.3-24.9°C), bien oxigenadas (6.5-12.3 mg/L) y básicas (pH = 8.9-9). En general, su sedimento es grueso dominado por las arenas (0.2-2.3 ϕ) rico en materia orgánica (2.8-8.4%) y de pobre a rico en carbonatos sedimentarios (1.9-29%). El sustrato se puede presentar desde desnudo hasta totalmente cubierto por Ruppia maritima, una macrofita enraizada sumergida y por algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A")

Dentro del mismo se localizan cinco estaciones de las cuales, la estación ALC1 ubicada al NE (Fig. 2), representa una zona semiprotegida por depósitos calcáreos (tufa). El sedimento se encuentra constituido por grava de guijarros y arena-lodosa (GAL) de elevado contenido orgánico y bajo de carbonatos. La zona se encuentra escasamente cubierta por R. maritima (Tabla 1, Anexo "A").

La estación ALC2 se ubica al N del lago (Fig. 2). Es una área expuesta a la acción del oleaje y corrientes y carente de vegetación acuática, consecuentemente, el sustrato es grueso -arenoso con huellas de gravas A(g), rico en materia orgánica y con muy pocos carbonatos (Tabla 1, Anexo "A").

La estación ALC3 se encuentra en la zona NO del axalapazco (Fig. 2); al igual que ALC2 se encuentra desprotegida y sin vegetación. El sedimento es arenoso con gravas (Ag), presenta un sustrato terrígeno con pocos carbonatos y materia orgánica (Tabla 1, Anexo "A").

ALC4 se orienta hacia el OSO de Alchichica (Fig. 2). Es la estación más rica en carbonatos y materia orgánica. Formaciones calcáreas la protegen del viento y oleaje, por lo que es la región más cálida. Se encuentra totalmente cubierta por R. maritima por lo que resulta lógico que sea, asimismo, la estación con mayor contenido de oxígeno disuelto. El sustrato, de tipo predominantemente orgánico, está compuesto por un lodo arenoso con algo de grava La(g) (Tabla 1, Anexo "A").

Finalmente la estación ALC5, ubicada al SO del lago (Fig. 2), presenta un sedimento compuesto por arenas con grava-lodosa Agl y gran cantidad de carbonatos. Es muy probable que éstos provengan de los precipitados calcáreos que la protegen parcialmente. Por lo anterior, el sustrato está altamente cubierto por R. maritima y, en menor grado, por algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A").

La Preciosa es un lago dulceacuicola (1 g/L), de pH básico (9-9.2), bien oxigenado (6.8-10.2 mg/L) y templado (17.5-22.3°C). Presenta un sedimento con abundante materia orgánica (8.2-13.6%) y carbonatos (5.1-21.1%), de textura gruesa dominado por las arenas (0.1-2.6 ϕ). El sustrato se encuentra de mediana a casi

totalmente cubierto de vegetación acuática emergente (principalmente *Scirpus californicus* y *Juncus andicola*), sumergida (*Potamogeton pectinatus*) y algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A").

Este lago presenta tres estaciones de muestreo de las cuales, la estación LAP1, orientada al E (Fig. 2), es una zona escasamente protegida por individuos de *S. californicus*. El sedimento es gravoso-arenoso Ga con bajo contenido de carbonatos y elevado de materia orgánica. El sustrato está recubierto en forma apreciable por algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A").

La estación LAP2 está ubicada al SO del lago (Fig. 2), y se encuentra parcialmente protegida por una barrera vegetal constituida por *S. californicus*. El sedimento, escasamente cubierto por algas bentónicas, está compuesto por arena con algo de grava A(g), rico en materia orgánica y con pocos carbonatos (Tabla 1, Anexo "A").

La estación LAP3, localizada al S del axalapazco (Fig. 2), es una zona desprotegida con la presencia de algunos tules y juncos, algas bentónicas y gran abundancia de vegetación acuática sumergida (*P. pectinatus*). La textura es arenosolodosa Al, rica en materia orgánica y con bajo contenido de carbonatos (Tabla 1, Anexo "A").

Aljojuca en un cuerpo de agua dulce (0.1-0.5 g/L), pH básico (9.1), templado (20.8-21.4°C) y bien oxigenado (4.9-6.4 mg/L). Presenta un sustrato terrígeno -bajo contenido de materia orgánica con muy poca cantidad de carbonatos. El sedimento es grueso (-0.1 a 0.3 ϕ) y está constituido por arenas con algo de grava. Se encuentra escasamente cubierto por macrófitas emergentes (*Typha dominguensis*) y sumergidas (*Potamogeton pectinatus*), sin embargo presenta una cantidad considerable de algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A").

En este lago se encuentran tres estaciones, con características propias cada una de ellas. La estación ALJ1 en una zona desprotegida con poca vegetación ubicada al O del axalapazco (Fig. 2). Tiene un sedimento grueso gravoso arenoso Ga con el menor contenido de materia orgánica y carbonatos de las tres estaciones. El sustrato está escasamente cubierto por *P. pectinatus* y medianamente por algas bentónicas (Tabla 1, Anexo "A").

La estación ALJ2 se localiza al E del lago (Fig. 2). Está escasamente protegida por tulares (*T. dominguensis*). El sustrato, cubierto por una gran cantidad de algas bentónicas, es arenoso con grava lodosa Agl (Tabla 1, Anexo "A").

ALJ3 carece de vegetación tanto emergente como sumergida, por lo tanto es una zona desprotegida y expuesta al fuerte oleaje. Se ubica al NO del lago (Fig. 2). El sedimento está compuesto por grava arenosa con lodo Gal, con concentraciones bajas de materia orgánica y carbonatos. Una reducida cantidad de algas bentónicas recubren su superficie (Tabla 1, Anexo "A").

Tecuittlapa es un lago dulce (1 g/L), con aguas templadas someras (21.1°C), básicas (pH = 9.8) y bien oxigenadas (9.3 mg/L). A lo largo de toda la franja litoral, presentó el mismo tipo de características, por lo cual solamente se consideró una estación de muestreo -TEC1-, ubicada en la zona S del lago (Fig. 2). Presenta un sedimento rico en materia orgánica y moderada de carbonatos. La textura es mediana compuesta por arena muy fina A. La zona litoral está totalmente cubierta por *Eleocharis montevidensis* y, en algunos lugares, pocos individuos de *Juncus andicola*. La zona litoral está prácticamente desprotegida (Tabla 1, Anexo "A").

Atexcac es un lago hiposalino (6 g/L), de aguas básicas (pH = 8.4), con elevada cantidad de oxígeno disuelto (6.9 mg/L). En este lago se estableció una sola estación -ATE1- localizada al SO (Fig. 2), debido a que, por su batimetría abrupta, existe una muy reducida zona litoral. Presenta sedimento con moderado contenido orgánico y de carbonatos. La textura sedimentaria es gruesa compuesta por arena con grava Ag. ATE1 está semiprotectida por juncales (*Phragmites australis*) y cubierta por abundante vegetación enraizada compuesta por *Potamogeton pectinatus* y *Cyperus laevigatus* (Tabla 1, Anexo "A").

Quechulac es lago dulceacuicola (0.1 g/L), con aguas oxigenadas (5.9 mg/L), templadas (17.5°C) y de pH básico (8.9). Este lago se representó por una sola estación ubicada al S del lago -QUE1- debido a que, al igual que en Atexcac, la batimetría es muy abrupta y prácticamente no existe una zona litoral desarrollada (Fig. 2). Presenta un sedimento grueso terrígeno compuesto por grava arenosa Ga, con muy baja cantidad de materia orgánica y carbonatos. QUE1 es una zona totalmente protegida por una barrera de *Scirpus californicus*. El sustrato está escasamente cubierto por algas bentónicas y algunos individuos de *Potamogeton pectinatus* (Tabla 1, Anexo "A").

En la Fig. 3 se presenta el dendrograma de asociación de las estaciones de muestreo obtenido a partir del Análisis de Cúmulos con base en sus características ambientales. Para el esquema de amalgamiento se utilizaron: 1 - r Pearson y ligamiento completo (complete linkage). A partir de este análisis se aprecia la formación de dos grupos; el primero incluye a los lagos salinos (Alchichica y Atexcac) y el segundo a los dulceacuícolas (Quechulac, La Preciosa, Aljojuca y Tecuittlapa). Resulta evidente de este análisis que la salinidad juega un papel muy importante para la agrupación ambiental de los lagos.

Dentro del grupo Alchichica-Atexcac, las estaciones más parecidas fueron la 2 y la 3 de Alchichica, enseguida la 4 y la 5 del mismo lago; posteriormente el grupo ALC2-ALC3 con la estación 1 de Alchichica, el grupo ALC4-ALC5 con Atexcac y, finalmente, la unión de las seis estaciones anteriores para conformar el grupo de los lagos salinos. En el grupo de los dulceacuícolas, las estaciones más parecidas fueron la 1 y 2 de Aljojuca y estas con la 3 del mismo lago. Lo anterior muestra que la zona litoral de Aljojuca es ambientalmente muy parecida. Enseguida, la estación 3 de La Preciosa con Tecuittlapa y la estación 1 de La Preciosa con Quechulac. Aljojuca se une,

posteriormente, al grupo de LAP1-QUE1 y la estación 2 de La Preciosa al grupo LAP3-TEC1. Finalmente con la unión de las ocho estaciones mencionadas se conforma el grupo de los lagos dulceacuícolas. Cabe señalar que la zona litoral de La Preciosa resultó ser disímil ambientalmente.

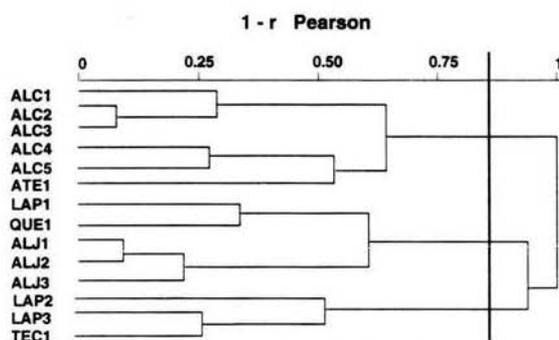


Fig. 3. Dendrograma de asociación de las estaciones de muestreo con base en sus características ambientales.

En el ACP ambiental (Fig. 4) se muestra una separación sobre el componente dos de los lagos salinos (hacia la parte positiva) y los dulceacuícolas (hacia la parte negativa), corroborando lo observado en el análisis anterior con relación a la importancia de la salinidad. Sin embargo, sobre el componente uno, el que representa el mayor porcentaje de la varianza del sistema, destaca la vegetación acuática (tipo y presencia) como el parámetro más importante para el ordenamiento de las estaciones. Hacia la parte negativa, las estaciones con vegetación emergente, hacia la positiva aquellas con vegetación sumergida y, finalmente, en la zona intermedia las estaciones sin vegetación acuática.

Del conjunto de lagos salinos, las estaciones cuatro y cinco de Alchichica se separaron del resto por su ligeramente menor salinidad y la presencia de macrofitas enraizadas sumergidas. Quechulac, Aljojuca y la estación uno de La Preciosa se asociaron por la presencia de abundantes macrofitas enraizadas emergentes, separándose del resto de las estaciones de La Preciosa con mayor contenido de oxígeno disuelto, carbonatos, sedimento fino y, al igual que las estaciones cuatro y cinco de Alchichica, por la presencia de macrofitas enraizadas sumergidas.

Este gráfico (Fig. 4) confirma la similitud entre las estaciones de Aljojuca, así como las diferencias entre las de La Preciosa. Las asociaciones encontradas a través de la clasificación, se repitieron en el ordenamiento. La única diferencia que se observó fue que en el primero Atexcac es más parecido a las estaciones 4 y 5 de Alchichica, mientras que en el segundo es más parecido a las estaciones 1, 2 y 3 del mismo lago.

La vegetación acuática, que proporciona una heterogeneidad de hábitats favoreciendo el establecimiento de una diversa fauna bentónica (Beattie 1982, Harman 1972), y la salinidad, que establece la problemática de regulación osmótica disminuyendo la diversidad biológica (Williams *et al.* 1990), representan los dos parámetros ambientales más importantes para el ordenamiento y clasificación ambiental de las estaciones de los lagos cráter.

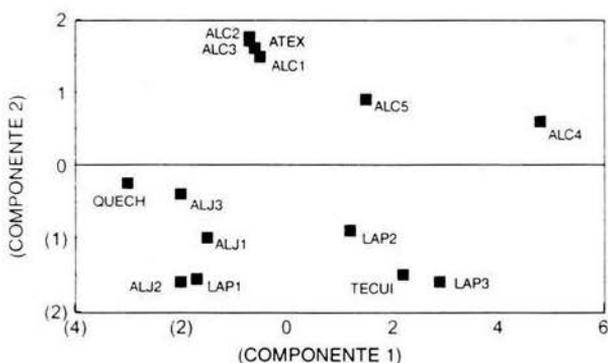


Fig. 4.- Análisis de Componentes Principales de las estaciones de muestreo con base en las características ambientales.

Los análisis de componentes principales y de cúmulos proporcionaron los siguientes grupos de lagos con características similares basados en la salinidad: los lagos salinos Alchichica y Atexcac y los lagos dulceacuícolas Quechulac, La Preciosa, Aljojuca y Tecuítlapa. La presencia y el tipo de vegetación acuática representan un factor importante para la clasificación de los lagos, este factor produce una agrupación similar a la producida por la salinidad acentuando las diferencias entre las cinco estaciones de Alchichica, marcando las estaciones ALC4 y ALC5 como las más parecidas con Atexcac, la unificación de las tres estaciones de Aljojuca, y la acentuación de las diferencias entre las estaciones de La Preciosa. Las comunidades bentónicas litorales se ven principalmente condicionadas por las características presentes en el sustrato y por los movimientos del agua, en menor grado por la composición química de las aguas (Hutchinson, 1993) como es demostrado en este trabajo, donde la distribución general de los macroinvertebrados bentónicos no se vió fundamentalmente afectada por la concentración salina del agua. Dejoux (1991) cita en su trabajo que las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos encuentran en la estructura de *Potamogeton* un factor poco favorable para el desarrollo de comunidades estables, aparentemente en los lagos cráter de la región de los Llanos, la presencia de esta macrofita enraizada sumergida no afectó el asentamiento de dichas comunidades.

2. CARACTERIZACION BIOLOGICA.

2.1 COMPOSICION TAXONOMICA Y RIQUEZA ESPECIFICA.

El inventario faunístico total de los lagos cráter de Puebla incluyó 65 grupos taxonómicos (Tabla 2, Anexo "A"), que variaron entre 20 y 38 taxa por lago (Tabla 3, Anexo "A"). En estudios realizados en Canadá (Hammer, 1990) se reportan 76 especies en 18 lagos, en aquellos lagos con salinidades promedio entre 3.1 y 5.5 g/l se registraron 29-31 especies, muy similar a los lagos de Alchichica y Atexcac.

El 84.6% de los grupos identificados en los lagos cráter pertenecen a la clase Insecta, miembro común de la fauna litoral de lagos (Hammer 1986), de la cual el 58.1% lo conformaron organismos del orden Diptera. A su vez, los quironómidos constituyeron el 90.6% de los dípteros descritos en este estudio; y el 44.6% del total de los grupos registrados en estos lagos: La familia Chironomidae también se reporta como abundante por Hammer (1990), Tudorancea (1988) y moderadamente importante en Victoria, Australia (Timms, 1981). Sin embargo, se hace notar (Hammer, 1986) que los quironómidos son componentes más importantes en sedimentos profundos que en litorales.

En Alchichica se registraron un total de treinta y ocho grupos taxonómicos (Tabla 2, Anexo "A") correspondiente al 58.4% del total identificado, por lo que resultó ser el lago cráter más rico en término de especies. La estación ALC1 presentó dieciséis (42.1%) grupos; catorce (36.8%) se presentaron en la estación ALC2, ALC3 contribuyó a la riqueza específica del lago con dieciocho grupos (47.4%); la estación con la riqueza específica más elevada fue ALC4 con veinticinco taxa (65.7% de los grupos del lago) y finalmente, ALC5 en la que se identificaron veintitres (60.5%) taxa.

Tecuítlapa constituyó el segundo lago en lo que a número de taxa se refiere puesto que se identificaron veintinueve, constituyendo el 44.6% del total del estudio. En la Preciosa fueron identificados un total de veintiseis taxa (41.5%), veintiun (77.7%) de estos fueron colectados en LAP1, LAP2 contribuyó con dieciocho (69.2%) grupos taxonómicos y, finalmente, en la estación LAP3 fueron colectados veinte taxa (76.9%).

En el lago Quechulac se presentaron veintidos taxa (corresponde al 33.8% de los taxa identificados en el estudio). Con una riqueza específica de veintiun taxa (32.3%) se encuentra Aljojuca, ALJ1 con diecisiete (81%), ALJ2 donde se identificaron dieciséis taxa (76.2%) y, finalmente, ALJ3 con diez grupos taxonómicos (47.6%). Por último, en el litoral de Atexcac estuvieron representadas veinte taxa (el 30.7% de las especies registradas en el estudio).

Los grupos más abundantes de manera global fueron: Tubificidae con 2,315.683 organismos (71.27% del total identificado), Amphipoda, del cual se colectaron 738,755 organismos (22.73%), Chironomidae del que se suman 132,786 organismos (4.08%) e Hirudinea con 16,192 (0.5%).

Se presenta el mismo patrón en todos los lagos excepto en Quechulac, donde los anfípodos fueron más abundantes (91185 organismos) que los tubificidos (58311 organismos).

Está generalmente aceptado que la diversidad específica de los lagos salinos decrece con la salinidad (Timms 1986; Hammer 1990). Sin embargo este no fue el caso de los lagos cráter, principalmente porque los valores de salinidad registrados en ésta no alcanzan niveles críticos, como se describen en (Hammer 1990).

Con base en el análisis cúmulos (Fig. 5) considerando la presencia o ausencia de los diferentes taxa en los lagos se observó lo siguiente: El lago de Aljojuca presentó una composición faunística poco similar con aquella de los cinco lagos restantes, básicamente por la presencia del díptero *Bryophaenocladus* y la ausencia de hirudíneos. En seguida, el grupo dos formado por los lagos Quechulac y Atexcac con veintidos y veintiun especies respectivamente. El tercer grupo en el que figura La Preciosa con veintisiete especies y finalmente el cuarto grupo que consiste de los lagos Alchichica y Tecuítlapa, cuyas composiciones faunísticas son más similares.

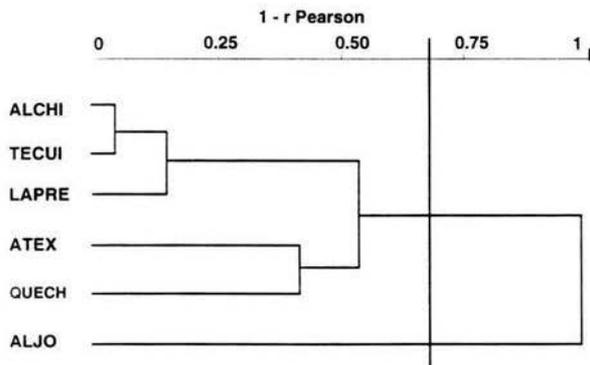


Fig. No. 5. Dendrograma de asociación de las estaciones de muestreo con base en su composición biológica.

A lo largo del ciclo se observó lo siguiente: En el muestreo correspondiente al otoño 1989 se identificaron cuarenta y cinco grupos taxonómicos (69.2% del total). Durante invierno la cuenta ascendió a cincuenta y dos grupos taxonómicos (80%). Nuevamente se registraron cuarenta y cinco (69.2%) en el muestreo de primavera. En verano fueron cuarenta y tres los taxa colectados (66.1%) y finalmente en otoño 1990, cuarenta y un grupos taxonómicos obtuvieron representación (63%). La familia Tubificidae y el anfípodo *Hyalella azteca* fueron el factor común a todos los lagos y estaciones a lo largo de todo el período de muestreo.

Los muestreos correspondientes al otoño e invierno 1989 fueron los que presentaron una mayor diversidad (81.6% y 65% respectivamente) en el lago de Alchichica, en tanto que los demás muestreos solamente representaron del 47 al 50% de los grupos taxonómicos identificados para este lago. En el caso particular de Alchichica, además de los grupos anteriores, resaltaron: hemipteros (*Ambrysus*), coleópteros (*Berosus*), dípteros (efídridos y quironómidos), odonatos (*Enallagma*), hirudíneos y gasterópodos (*Physa*). En ALC1 se registraron un total de dieciséis grupos taxonómicos, catorce (88%) de los cuales se registraron en OTO'89, diez (63%) en invierno, nueve (56%) en primavera, cuatro (25%) en verano y tres (19%) en OTO'90. Del total de catorce taxa registrados en ALC2, ocho (57%) se presentaron en otoño, cinco (36%) en invierno, siete (50%) en primavera y verano, y seis (43%) en OTO'90. ALC3 se caracterizó por presentar diecisiete taxa, ocho (47%) se registró en OTO'89 y en PRI'90, trece (76%) en INV'89, seis (35%) en verano y finalmente tres (18%) en OTO'90. ALC4 presentó veinticinco especies a lo largo del año, de las cuales en OTO'89 solo se registraron doce (48.1%), diecinueve (76%) en INV'89, diez (40%) en PRI'90, ocho (32%) en verano y diez (40%) en OTO'90. ALC5 presentó veintitres grupos taxonómicos en total, en otoño se identificaron trece de ellos, en el INV'89 se colectaron diecinueve de estos grupos, en primavera así como en verano diez de ellos y, por último, en OTO'90 se identificaron once grupos taxonómicos.

En el caso del lago La Preciosa, la composición faunística no varió de manera importante a lo largo del año. La máxima riqueza específica se obtuvo en PRI'90 (66.6%) y la menor en INV'89 - OTO'90 (51.8%). En LAP1, donde se identificaron un total de veintinueve taxa, el muestreo que mejor representación produjo fue el correspondiente a PRI'90, donde se colectaron catorce grupos taxonómicos. LAP2 de presentó dieciocho especies y el periodo del año con mejor representación de estos grupos fue primavera y verano (doce especies), LAP3, con veinte grupos taxonómicos, estuvo mejor representado durante el otoño y el INV'89 con quince y catorce grupos faunísticos respectivamente. Díptera (Chironomidae), efemerópteros (*Centroptilum*), odonatos (*Enallagma*) e hirudíneos se presentaron en asociación con los anfípodos y los tubificidos como grupos más importantes.

En OTO'90 Aljojuca mostró una riqueza específica muy homogénea en el tiempo, con una variación entre el 57.1% en INV'89 y VER'90 hasta un 71.4% del total de grupos taxonómicos registrados para este lago (OTO'89). ALJ1 registró diecisiete grupos taxonómicos, de los cuales sólo doce fueron colectados en el muestreo correspondiente a PRI'90, siendo el muestreo que mejor representó la estación. ALJ 2, con dieciséis especies en el registro final, presentó diez de ellas en OTO'89 y en PRI'90, finalmente ALJ3, con diez especies, presentó seis en OTO'89, VER'90 y OTO'90, siete en INV'89 y tres en PRI'90.

Atexcac mostró un claro decremento en el número de grupos faunísticos registrados, con un máximo correspondiente al otoño 1989 donde se colectaron catorce grupos (79% del total registrado). El muestreo de invierno aportó 10 grupos (50%), en primavera tan sólo doce grupos (60%). En el verano solamente se colectaron siete taxa (35%) y, finalmente, cuatro grupos fueron identificados en OTO'90.

El fenómeno presenciado en Atexcac fue también evidente en Quechulac, sin embargo considerablemente menos drástico. Se registraron un total de veintidos grupos taxonómicos en el lago; de éstos solamente seis (41%) estuvieron presentes en OTO'89 catorce (64%) en invierno, doce (55%) en primavera y verano y, finalmente, once (50%) en OTO'90.

En Tecuítlapa se registraron un total de veintinueve grupos taxonómicos, mismos que se mostraron del siguiente modo a lo largo del año de muestreo, dieciseis de ellos (55.1%) en OTO'89, veinte (69%) en INV'89, once (38.1%) en primavera, diecinueve (66%) en verano y finalmente dieciocho (62%) en OTO'90. El grupo de los odonatos (*Ishnura*) y dípteros (Chironómidae) estuvieron presente en todos los muestreos.

2.2 ABUNDANCIA

En este estudio se colectaron un total de 3,248,903 organismos, el 96.1% de los cuales pertenecen únicamente a tres grupos taxonómicos: Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) 71.27%, *Hyalella azteca* (Amphipoda: Talitridae) 22.73% y *Stictochironomus* sp (Diptera: Chironomidae) 2.14%;

En Alchichica los grupos más abundantes fueron : Tubificidae (72.53%) y el anfípodo *Hyalella azteca* (29.28%). El 3.19% restante lo conforman organismos de treinta y seis grupos taxonómicos diferentes. Los dos primeros organismos se presentaron abundantemente en ALC1, ALC3 y ALC5 (35.86 y 61.83%; 19.10 y 78.28%; 40.36 y 56.96% respectivamente). En tanto que en las estaciones ALC2 y ALC4, aunados a los grupos anteriores se encontraron hirudíneos B (2.23%) y *Tanytus* (6.43%), respectivamente.

Esta situación se repite para el lago La Preciosa, en donde los tubificidos conformaron el 78.20% del total de organismos colectados para este lago, en tanto que los anfípodos representaron un 14.25%; veinticinco grupos taxonómicos conforman el 7.55% restante. En este lago los organismos más importantes en cuanto a abundancia se refiere fueron: Tubificidae, *H. azteca* y el díptero *Stictochironomus* (77.51, 12.28 y 8.06% LAP1, 82.60, 8.47 y 6.46% en LAP2 y 75.34, 20.33 y 1.33% en LAP3, respectivamente).

La zona litoral de Aljojuca mostró cómo grupos taxonómicos abundantes: Tubificidae 74.18%, *Hyalella azteca* (14.31%) y el díptero *Stictochironomus* 2.8% del total de organismos identificados. Diez y ocho grupos taxonómicos constituyen el 8.75% restante. El lago presentó como grupos abundantes a los tubificidos (67.76% en la ALJ1, 73.97% en ALJ2 y 83.05% en ALJ3), *H. azteca* que en ALJ1 conformó el 24.47%, en ALJ2 tan sólo un 8.14% próximo del 8.98% de ALJ3; común a las tres estaciones fue *Stictochironomus* con abundancias de 6.14, 11.5 y 2.79% respectivamente. Aunado a los anteriores grupos, ALJ2 y ALJ3 presentaron el díptero *Cladotanytarsus* con abundancias que constituyeron el 5.25 y 1.69% respectivamente.

Atexcac presentó cuatro taxa abundantes: Tubificidae 70.47%, *H. azteca* 25.30% y los dípteros *Apedilum elachistus* 1.76% y *Stictochironomus sp.* 1.1%. El 1.37% restante está conformado por el conjunto de dieciseis grupos taxonómicos.

Los Tubificidos y los anfípodos son, para Quechulac, los grupos más abundantes (37.99 y 59.42% respectivamente), en tanto que el 2.59% restante lo constituyen veinte grupos.

En el caso de Tecuitlapa son nueve los grupos más importantes, desde el punto de vista de la abundancia: Tubificidae (47.49%), *Hyalella azteca* (28.43%), los dípteros *Chironomus stigmaterus* (5.21%), *Cricotopus silvestris* (3.17%), *Chironomus sp 1* (2.39%), *Micropsectra sp 1* (2.38%), el odonato *Ischnura* (4.04%), el efemeróptero *Centroptilum* (1.07%), el hirudineo B 1.74%. El 4% restante lo conforman el resto de grupos identificados.

La presencia en grandes cantidades de quironómidos concuerda plenamente con las observaciones de Hammer (1986) quien establece que los quironómidos representan la familia de dípteros más importante en el bentos de lagos atalasoalinos. El hecho de que tengan gran adaptabilidad les permite explotar cualquier ambiente como se demuestra en este estudio, al ser registrados organismos de esta familia en todos los lagos y en todas las temporadas de muestreo. Se puede hacer notar la diferencia en el número de especies de quironómidos que se identificaron comparativamente entre las estaciones de muestreo, las estaciones ALC1, ALC2, ALC3, ALC5 y QUE1 presentaron un menor número de especies, fenómeno asociado con las zonas profundas de los lagos.

Se realizó un análisis de cúmulos considerando la abundancia (Fig. 6) que muestra la formación de tres grupos y dos independientes, el primero comprendido por el lago de Alchichica en donde las estaciones ALC2 y ALC3 resultaron ser los más parecidos uniéndose a ellas se encuentra ALC1 que une a su vez a ALC5 cerrando así el grupo de este lago. El siguiente grupo lo formaron los lagos La Preciosa y Aljojuca, las estaciones LAP2 y LAP3 fueron los más similares que se unen a la LAP1 mostrando una distribución muy homogénea dentro del mismo lago a ellos se unen las estaciones ALJ1 y ALJ2. El tercer grupo lo integraron ALJ3 y Quechulac, finalmente se unen Tecuitlapa y ALC4 lo que nos indica que el estado trófico de éstos influye en la presencia de ciertos organismos.

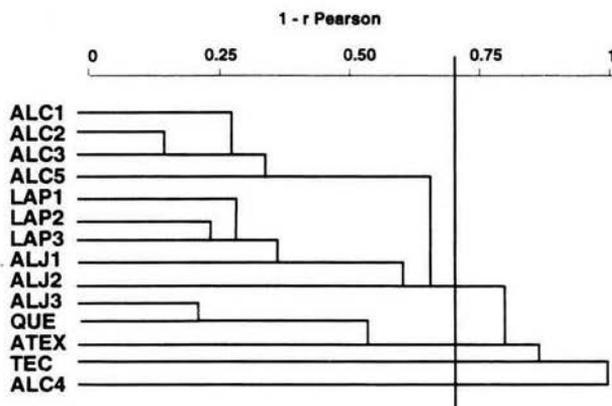


Fig. 6. Dendrograma de asociación de estaciones de muestreo con base en abundancia (org/m2).

En cuanto a tiempo la figura No. 7 nos muestra un análisis aglomerativo en donde se puede observar que no hay un patrón de variación temporal evidente, esto es, la cantidad de organismos no presenta variaciones drásticas en ninguna época del año.

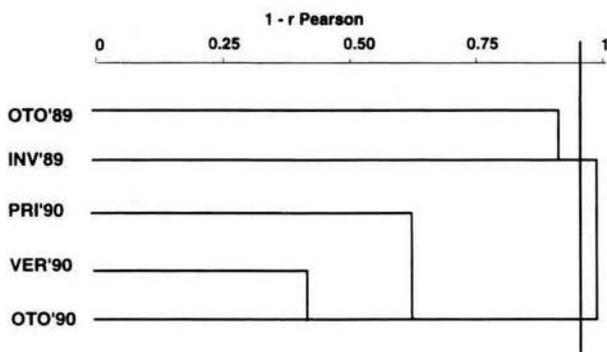


Fig. No. 7. Dendrograma de asociación de las épocas de muestreo con base en la abundancia (org/m2)

En el ACP biológico por época de muestreo Fig. 8, se observó sobre el componente No. 1 hacia la parte negativa una distribución por grupos raros (organismos muestreados con abundancia y frecuencia bajas) PRI'90 (*Psectrocladius*); INV'89 (*Procladius psilotanypus* y *Cricotopus triannulatus*); OTO'89 (*Stenus*), el grupo Curculionidae se ubicó en OTO'89 y OTO'90, encontrados únicamente en estos muestreos, sin embargo para la parte positiva del mismo componente el período que se separó VER'90 su posición quedó determinada básicamente por los grupos con abundancias y frecuencias altas *Hyaella azteca* y *Tubificidae* en grandes cantidades en esta época. El componente No. 2 hacia la parte negativa, se unieron OTO'89 y

INV'89 por la especie de quironómido *Stictochironomus*, hacia el positivo se agruparon PRI'90 y OTO'90 por *Paratanytarsus* abundante para ambos periodos, VER'90 se aisló de los dos anteriores, ya que dicho grupo participó pero con menores cantidades por lo que se ubica en la parte media del componente.

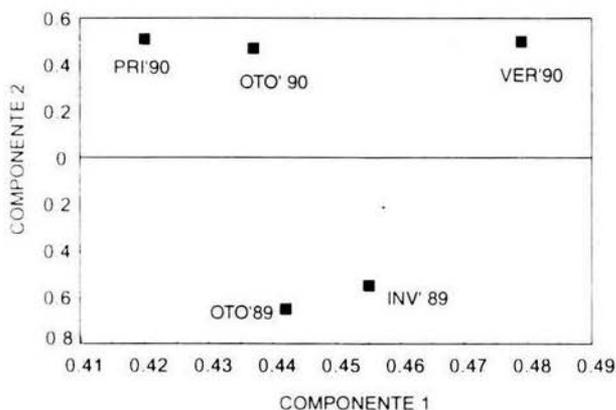


Fig. 8. Análisis de Componentes Principales de la variación temporal con base en la abundancia de los organismos

2.3 DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD

La tabla a continuación muestra los valores de diversidad y equitatividad calculados para las estaciones de muestreo.

Estacion	Diversidad	D. Máxima	Equitatividad	Riqueza Especifica
ALC1	0.781	2.773	0.282	16
ALC2	0.547	2.639	0.207	14
ALC3	0.645	2.833	0.228	17
ALC4	0.438	2.219	0.136	25
ALC5	0.835	3.135	0.266	23
ALJ1	0.872	2.833	0.308	17
ALJ2	0.895	2.723	0.323	16
ALJ3	0.699	2.303	0.304	10
LAP1	0.783	3.045	0.253	21
LAP2	0.713	2.890	0.247	18
LAP3	0.767	2.996	0.256	20
QUE1	0.834	3.091	0.270	22
ATE1	0.790	2.996	0.264	20
TEC1	1.636	3.367	0.486	29

Los valores de diversidad específica obtenidos en las estaciones de muestreo de los lagos cráter, fluctuaron entre 0.438 (ALC4) y 1.636 (Tecuitlapa), valores considerados bajos y característicos de ambientes eutróficos (Branco 1984, Margalef 1983, Persoone y De Pauw 1978, Whilm 1970 in Weber 1973), en tanto que los valores de equitatividad se encontraron entre 0.136 (ALC4) y 0.486 (Tecuitlapa), si bien los valores determinados en este estudio se consideran bajos, el análisis de los valores entre los lagos revela que las condiciones en Tecuitlapa favorecen el establecimiento de una fauna cuya diversidad es superior a la registrada en las zonas litorales de los otros lagos. Considerando que los valores de riqueza específica de Tecuitlapa son los más elevados, que los valores de dominancia de los tubificidos son los más bajos, y que la equitatividad aumenta, no es sorprendente que la diversidad resultante sea mayor. En tanto que en ALC4 la abundancia de oligoquetos supera aquella de Tecuitlapa permitiendo que la equitatividad se vea reducida y consecuentemente la diversidad al impedir una distribución homogénea de los taxa.

2.4 FRECUENCIAS

El grupo taxonómico que más frecuentemente se colectó fue Tubificidae (94.16%). El segundo grupo más frecuentemente colectado fue el de los anfípodos (83.33%). En tercer lugar se encontró al díptero *Stictochironomus* (49%) y, por último, a Hirudinea B (40%).

Otros organismos pertenecientes a la familia Chironomidae estuvieron presentes con frecuencias alrededor del 20-25%, al igual que el odonato *Enallagma* y el efemeróptero *Centroptilum*. Se colectaron también los hemípteros *Ambrysus* y Corixidae con un 16.6 y 10.9% respectivamente. El 16% de las muestras presentó organismos pertenecientes a la clase Hirudinea A y el gasterópodo *Physa* y el tricóptero *Setodes* fueron registrados solamente en el 10% de las muestras.

Los organismos que se presentaron con mayor frecuencia en el lago Alchichica fueron Tubificidae (100%), Hirudinea B (81.3%), *H. azteca* (77.33%), *Enallagma* (36%), *Physa*, *Micropsectra* 1 y *Micropsectra* 2 (26.67%), *Ambrysus* y *Berosus* (28%), *Tanytus*, *Setodes* e Hirudinea B (20%), *Apedilum elachistus* (17.33%), *Tropisternus* y Corixidae (13.3%).

ALC1 mostró como organismos frecuentes, además de tubificidos y anfípodos (100 y 80% respectivamente), hirudíneos B (86.7%), al hemíptero *Ambrysus* y a los quironómidos *Micropsectra* 1 y 2 (33.3% cada uno), los corixidos fueron colectados en un 26.7% de los muestreos.

Los organismos que destacaron por sus valores de frecuencia en ALC2 fueron: tubificidos (100%), anfípodos e hirudíneos B (93.3%), los quironómidos *Micropsectra* 1 y 2 (33.3%) y el hirudíneo A (20%), otros quironómidos fueron colectados en un 13.3% de los muestreos (*Micropsectra* 1 y 2).

Siguiendo las mismas tendencias que las estaciones anteriores, ALC3 se caracterizó por la colecta frecuente de tubificidos (100%), hirudíneos B (33.3%), *H. azteca* (86.67%), el gasterópodo *Physa*, el tricóptero *Setodes* y los quironómidos *Micropsectra* 1 y 2 (26.7%), el tricóptero *Grensia* y los quironómidos *Stictochironomus*, *Cricotopus triannulatus* y *Dicrotendipes neomodestus* (13.3%).

ALC4 mostró que paralelamente a los tubificidos (100%), resaltan grupos no mencionados anteriormente como lo son el coleóptero *Berosus* (93.3%), el quironómido *Apedilum elachistus* (86.7%), el odonato *Enallagma* y el quironómido *Tanytus* (80%), el coleóptero *Tropisternus* (60%), el efidrido *Ephydra* (53.3%), *Physa*, Nematoda. *Centroptilum* y *Aeshna* (26.7%)

En ALC5 se presentaron Tubificidae, *H. azteca* e Hirudinea B con frecuencia de 100% : menos frecuentes fueron *Enallagma* (86.7%), *Physa* (80%), *Ambrysus* (66.7%), *Berosus* y *Setodes* (46.7%), el Hirudíneo A (40%), y los quironómidos *Micropsectra* 1 y 2 (26.7%).

En La Preciosa, los organismos cuyas frecuencias fueron mayores son los siguientes : Tubificidae (100%), *Stictochironomus* (88.9%), *H. azteca* (77.8%), *Cambarellus* (55.6%), Hirudinea B (53.3%), *Centroptilum* (48.9%); *A. elachistus* (46.7%), *Chironomus stigmaterus* (35.6%), *Cricotopus silvestris* y *Enallagma* (33.3%) e Hirudinea A (26.7%). En LAP1 los siguientes organismos permanecieron de manera frecuente durante el periodo de estudio: Tubificidae y *H. azteca* (100%), *Stictochironomus* (93.3%), *Cambarellus* (53.3%), *Centroptilum* (46.7%), Hirudinea B (40%). LAP2, registró Tubificidae y *H. azteca* (100%), *Stictochironomus* (86.7%), Hirudinea B y *Apedilum elachistus* (66.7%), *Centroptilum*, *Cricotopus silvestris* (53.3%). Finalmente en LAP3 se presentaron frecuentemente Tubificidos (100%), *H. azteca* (93.3%), *Stictochironomus* (86.7%), *Cambarellus* (73.3%), *Enallagma* (60%), Hirudinea B (53.3%), *Apedilum elachistus*, *Centroptilum*, *Chironomus stigmaterus*, e Hirudinea A (46.7%).

Los grupos taxonómicos más frecuentemente colectados en el lago Aljojuca fueron los siguientes: Tubificidae (97.8%), *H. azteca* (91.1%), *Stictochironomus* (71.1%), *Cladotanytarsus* (37.8%), *Paratanytarsus* (35.6%), *Chironomus stigmaterus* y *Chironomus* sp 1 (33.3%), *Chironomus* sp 2 y *Cambarellus* (26.7%). ALJ1 se presentaron Tubificidae y *H. azteca* con 100% de frecuencia, el quironómido *Stictochironomus* (60%), el decápodo *Cambarellus* con 53.3%, ALJ2 con Tubificidae (100%), *Stictochironomus* (93.3%), *H. azteca* (100%), *Cladotanytarsus* (Diptera: Chironomus) (66%), *Chironomus* sp 1, sp 2 y *C. stigmaterus* (53.3%) como grupos más frecuentes. ALJ3 con Tubificidae (100%), *H. azteca* (73.3%), *Chironomus stigmaterus*, *Chironomus* sp1, *Chironomus* sp2 (53.3%) en los tres casos. *Cambarellus* (20%) entre otros. En el lago Atexcac se presentaron frecuentemente los siguientes grupos taxonómicos: Tubificidae (100%), *H. azteca* (86.7%), *Stictochironomus* y *A. elachistus* (66.7%), el hemiptero *Centroptilum* (46.7%), el hemiptero *Ambrysus* (40%) los platelmintos y el odonato *Enallagma* (33.3%). En Quechulac: Tubificidae (100%), *H. azteca* (93.3%), *Cambarellus* (73.3%), *Chironomus stigmaterus* (53.3%), *Centroptilum*,

Dicotendipes neomodestus y *Dicotendipes* sp1 (40%), hirudineos B y C (33.3%), Platelminfos. *Helisoma* e Hirudinea A (26.7%) y, finalmente, los organismos más frecuentes en Tecuittlapa fueron: tubificidos y anfipodos (93.3%), el odonato *Ischnura*, el hirudineo B, los quironómidos *Chironomus* sp 1 y *Chironomus stigmaterus* (73.3%), el hemiptero Corixidae y el quironómido *Cricotopus silvestris* (66.7%), el efemeróptero *Centroptilum* y el quironómido *Micropsectra* 1 (60%), el hemiptero *Ambrysus* (53.3%), Hirudinea C (46.7%), el hemiptero *Buena* y el coleóptero *Tropisternus* (40%), el díptero *Stratromys* (33.3%).

En el lago de Alchichica se registraron tres grupos taxonómicos con valores de frecuencia altos (53 - 100%) a lo largo del ciclo de muestreo, éstos fueron Tubificidae (siempre 100%), *H. azteca* (desde 53.3% en OTO'90, hasta 93.3% en INV'89) e Hirudinea B (desde 66.7% en OTO'90 hasta 93.3% en INV'89).

El La Preciosa presentó tres grupos taxonómicos con valores de frecuencia elevados (77.8% - 100%) en los cinco muestreos realizados, tales grupos son Tubificidae (siempre con un 100%); el quironómido *Stictochironomus* (77.8% en OTO'89 y VER'90 y 100% en INV'89 y OTO'90), y el anfípodo *H. azteca* (88.9% en VER'90 y 100% el resto de los muestreos). Sobresalen los siguientes grupos taxonómicos en los muestreos subsecuentes: *Cambarellus* en OTO'89 (66.7%), VER'90 (88.9%), OTO'90 (100%). *Centroptilum* en OTO'89 (66.7%), INV'89 (77.8%). *Apedilum elachistus* en INV'89 (66.7%) y PRI'90 (77.8%). *Enallagma* en OTO'90 (77.8%).

La presencia de tres grupos taxonómicos cuyos valores de frecuencia se mantuvieron por arriba del 55% durante todo el ciclo de muestreo, caracterizaron al lago Aljojuca. Dichos grupos son: Tubificidae (88.9% - 100%), *H. azteca* (66.7 - 100%) y *Stictochironomus* (55.6 - 77.8%).

En el lago de Atexcac un solo grupo se distinguió con elevada frecuencia constantemente, Tubificidae (100%). El anfípodo *H. azteca*, se le registró con valores elevados (100%) de frecuencia durante los primeros tres muestreos pero en VER'90 y OTO'90 solamente alcanzó un 66.7%. El quironómido *Apedilum elachistus* fue registrado durante los meses de OTO' 89, INV'89 y PRI'90 como organismo frecuente (100%), valor que disminuyó en VER y OTO'90 a 33% y 0% respectivamente. El efemeróptero *Centroptilum* destacó importantemente durante el OTO e INV'89 (frecuencia 100%), pero hacia el fin del estudio su presencia se torna menos importante (33% en PRI'90) hasta la ausencia total en VER y OTO'90.

Los platelmintos se mostraron como organismos frecuentes al 100% durante el primer muestreo, después del cual sólo se colectaron en INV'89 con un 66.7% de frecuencia. En el caso del quironómido *Stictochironomus*, su frecuencia es relativamente estable, 66.7% en OTO'89, PRI'90 y VER'90, con un máximo (100%) frecuencia en INV'89 y mínimo (33.3%) en VER'90. En éste último muestreo también se registró al hemiptero *Ambrysus* como frecuente 100%.

En Quechulac se registraron dos grupos frecuentes (100%) todo el año, éstos fueron tubificidae y *H. azteca*. En el muestreo correspondiente a INV'89, destacaron además, el quironómido *Endotribelos hesperium*, el efemeróptero *Centroptilum* y el decápodo *Cambarellus* (100% todos ellos); este último se mantiene frecuente en VER'90 y OTO'90 donde también se colectó con alta frecuencia al quironómido *Chironomus stigmaterus*.

Del muestreo realizado en el lago de Tecuitlapa resaltaron Tubificidae, *H. azteca* e Hirudinea B y C, se muestrearon como organismos frecuentes, con la excepción de PRI'90 donde ninguno de ellos alcanzó el 100% y en el caso de los hirudíneos no estuvieron presentes. Se registraron ciertos grupos cuyas frecuencias fueron importantes una sola vez en el año de muestreo; en OTO'89 correspondió al hemíptero *Ambrysus* y a los coleópteros *Donacia* y al odonato *Ishnura*. El muestreo de PRI'90 se registró únicamente a Corixidae. La presencia de quironómidos, *Centroptilum* e *Ishnura* caracterizó al VER'90. También los quironómidos caracterizaron el muestreo de OTO'90 así como los hemípteros *Buena* y Corixidae y el efemeróptero *Centroptilum*.

2.5 RELACION ABUDANCIA vs FRECUENCIA

Se graficó la relación frecuencia relativa-abundancia (Fig. 9) con el fin de identificar los grupos que a lo largo del estudio se comportaron como dominantes (con valores de abundancia y frecuencia que sobrepasan la media general, constantes (cuyos valores totales de abundancia se sitúan por debajo del promedio cuando los valores de frecuencia sobrepasan el promedio), ocasionales (con elevados valores de abundancia no así de frecuencia) y finalmente, raras (valores de abundancia y frecuencia por debajo de la media global). Sokal 1969.

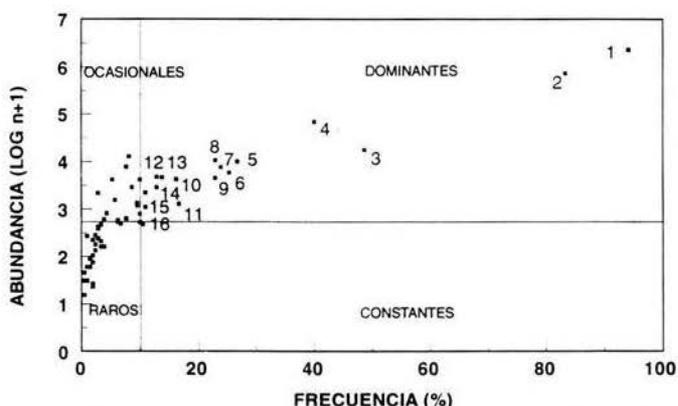


FIG. 9. Relación abundancia vs frecuencia (1) Tubificidae; (2) *Hyalella*; (3) Hirudinea B; (4) *Stictochironomus* sp.; (5) *Chironomus stigmaterus*; (6) *Centroptilum*; (7) *Enallagma*; (8) *Apedilum elachistus*; (9) *Cambarellus*; (11) *Ambrysus*; (12) *Cricotopus silvestris*; (13) *Micropsectra* sp1; (14) *Chironomus* sp1; (15) *Berosus*; (16) *Tropisternus*.

Al graficar los valores obtenidos de cada uno de los 65 taxa se obtuvieron un total de 16 grupos taxonómicos dominantes pertenecientes a los siguientes taxa principales: Oligochaeta, Amphipoda, Chironomidae, Hirudinea, Decápoda, Odonata, Ephemeroptera, Hemiptera, Coleoptera.

2.6 RELACIÓN ORGANISMOS AMBIENTE.

Los taxa dominantes se registraron en amplios intervalos ambientales. Tubificidae resultó ser uno de los grupos más abundantes y frecuentes durante el muestreo, se localizó tanto en suelos ricos como pobres en materia orgánica (1.5 - 13.6%), con texturas desde lodos hasta la gravosos arenosos (2.3 a -0.1 ϕ), así como en zonas desprotegidas y protegidas por macrófitas emergentes sumergidas y/o algas bentónicas, la salinidad no resultó ser un factor limitante ya que se encontró en aguas desde dulces 0.1 hasta salinas 7.4 g/l, templadas (18.2 - 24.3 °C) con pH básico (8.9 - 9), con carbonatos que van desde 0.1 hasta 29% y (1.0 - 15.0 mg/l) de oxígeno disuelto.

Otro grupo no menos importante en cuanto abundancia y frecuencia fueron los talitridos (*Hyalella azteca*) quienes no mostraron preferencia de sedimentos, (desde gravoso arenoso hasta lodos con arenas), así como en zonas tanto protegidas como desprotegidas: con respecto a la salinidad estos organismos presentan amplios rangos de tolerancia (0.1 - 7.4 g/l), se encuentran en aguas templadas (18.2 - 24.3 °C) bien oxigenadas (15 - 1.0 mg/l) y pH (8.3 - 9.8).

Los hirudíneos (A y B), fueron un grupo con frecuencias y abundancias altas, presentaron preferencia desde los sedimentos con arenas finas hasta los arenosos con algo de grava, con (11.5 - 1.3 %) de materia orgánica, carbonatados (0.7 - 21.1%), se encontraron en zonas con protección y carente de ella, se localizaron en aguas templadas (24.8 - 16 °C) alcalinas (9.0 - .9), bien oxigenadas (12.3 - 6.5 mg./l); son organismos tolerantes a la salinidad (0.1 - 7.4 g/l). Este grupo está muy relacionado con la productividad del lago (Wetzel 1981), por lo que su ausencia se explica en los lagos de Atexcac y Aljojuca, estos últimos según estudios realizados por Garzón, (1990), presentan bajas drásticas en la productividad provocada por la mezcla del agua, que puede estar limitando la presencia de los mismos.

El grupo de los hemípteros estuvo representado por tres grupos dominantes: *Corixidae*, *Ambrysus* y *Berosus*, son organismos que presentan tendencias hacia los lugares con vegetación. Se encontraron desde los ambientes salinos hasta los dulceacuicolas, con pequeñas diferencias ambientales. El grupo de los corixidos no mostró preferencia por el tipo de sedimento, estuvieron presentes en zonas con texturas desde arenas con gravas hasta arenas con algo de lodos; se encontraron en sedimentos desde terrigenos hasta orgánicos (2.02 - 16.11%) predominando estos últimos, carbonatados (1.9 -29%); este grupo se presentó tanto en aguas dulces como salinas (0.1 - 7.2 g/l) con elevada cantidad de oxígeno disuelto (12.3 - 6.5 mg/l), templadas (24.9 - 16 °C) y básicas (10.0 - 9.1); tuvieron preferencia por las zonas con vegetación enraizada (sumergida y emergente).

Ambrysus, otro hemiptero dominante, se localizó en sedimentos tanto ricos como pobres en materia orgánica (2.7 a 7.7 %) en sedimentos desde arenas hasta arenas con gravas, carbonatados (1.9 a 29.0 %), aguas templadas (20 - 21.3 °C), bien oxigenadas (6.9 - 9.3 mg/l) y básicas (8.9 - 9.8) con salinidades que oscilaron entre 1.0 y 7.2 g/l, por lo que se observó no tuvieron restricciones en cuanto a este parámetro. Al igual que los corixidos mostraron tendencias hacia los lugares con vegetación.

Berosus se encontró en suelos orgánicos (4.9 - 13.5 %); con sedimentos desde lodos con arena hasta arenas con algo de lodos, carbonatados (4.4 - 29.0 %), con aguas templadas (16.0 - 24.9 °C), oxígeno disuelto (12.3 - 6.9 mg/l) y pH básico (8.9 - 9.8), la salinidad no fue limitante para ellos ya que se encontraron desde 1.0 hasta 7.1 g/l. Al igual que los otros grupos de hemipteros tuvieron mayor afinidad por zonas con vegetación.

Los quironómidos fue un grupo dominante del cual destacaron varios taxa como: *Chironomus sp1*, *Chironomus stigmaterus*, *Cricotopus silvestris*, *Micropsectra*, *Apedilum elachistus* y *Stictochironomus*. Dichos organismos se localizaron tanto en zonas con vegetación como desprotegidas, en aguas templadas con salinidades variables que van desde la dulce hasta la salina, básicas y bien oxigenadas.

Chironomus sp1, se encontró en sedimentos desde arenosos gravosos hasta arenas con lodos con bajo contenido de carbonatos (0.1 - 2.7 %), terrígenos (1.5 - 2.2 %), aguas cálidas (20.8 - 22.9 °C), bien oxigenadas (4.9 - 6.4 mg/l), con un pH de 9.1; estos organismos tuvieron preferencia por las aguas con baja salinidad de 0.1 a 0.5 g/l (dulceacuicolas) y en zonas con vegetación o sin ella.

El diptero *Chironomus stigmaterus* predominó en sedimentos de textura mediana (arenas-arenas con lodos), con 1.5 - 13.5% de materia orgánica, la temperatura del agua entre 18.2 y 24.3 °C. En cuanto a salinidad se localizó tanto en aguas dulces como salinas (0.1 - 7.1 g/l), básicas (8.9 - 9.8) y bien oxigenadas (4.9 - 12.3 mg/l).

Cricotopus silvestris, otro quironómido dominante, se encontró en sedimentos con textura desde arenosa con grava hasta arenosa con lodo, orgánicos (2.8 - 13.6 %); en aguas templadas (17.5 - 22.3 °C), con buena oxigenación (5.9 - 10.2 mg/l), con pH que varió entre los 8.9 y las 9.8. La salinidad no influyó en su establecimiento, ya que se presentó en rangos de salinidad que fueron desde dulce (0.1 g/l) hasta salina con 6.0 g/l. Estos organismos tuvieron preferencia hacia las zonas con vegetación enraizada, tanto emergente como sumergida.

Otra especie de quironómido, *Apedilum elachistus*, apareció en grandes cantidades y en todas las épocas del año, en sedimentos desde finos (lodos con arena) hasta medianos (arenas con algo de lodos) con cantidades de materia orgánica de moderada a rica (2.8 a 13.6 %). En cuanto a protección de la zona de muestreo, se ubicó desde las desprotegidas hasta las protegidas por macrófitas, se localizaron en

aguas con temperatura entre los 17.5 y 24.0 °C, con pH básico (8.9 y 9.8), oxigenadas (5.9 y 12.3 mg/l), y rangos de salinidad de 0.1 a 7.1 g/l.

Micropsectra sp1 fue un díptero muy abundante con preferencia hacia los sedimentos con texturas medianas (arenosos gravosos-arenosos con algo de lodos), orgánicos (3.6 - 13.6 %), carbonatos (3.2 -21.1%); las condiciones del agua fueron: templadas (18.3 a 22.3 °C); bien oxigenadas (6.5 - 10.2 mg/l) y pH básico (8.4 - 9.2).

Stictochironomus, se localizó en sedimentos de medianos (arenas) a gruesos (gravoso arenoso), en suelos desde orgánicos (13.6%) hasta terrigenos (1.5%), en aguas templadas (18.9 -22.3 °C) bien oxigenadas (5.7 - 10.2 mgr/l), alcalinas (9.0 - 9.8) y salinidad que fluctúa entre los 6.5 a 0.5 g/l).

Otro grupo muy importante localizado en aguas dulces (0.1 - 1.0 gr/l) son los camaridos, se encontraron en La Preciosa (1.0 g/l), Quechulac (0.1 g/l) y Aljojuca (0.4 g/l); al parecer las salinidades altas son limitantes para ellos, como es el caso del lago de Alchichica (7.4 g/l) y Atexcac (6.0 g/l). En el lago de Tecuitlapa (1.0 g/l) aunque no es salino se encuentra en avanzado estado de eutrofización, lo que pudo haber limitado su establecimiento por escasez de oxígeno disuelto (Alcocer, 1990a). Se colectó en aguas calidas (17.5 -22.3 °C), bien oxigenadas (4.9 - 10.2 mg/l), básicas (8.9 -9.2), en sedimento predominantemente mediano (arenas) a grueso (arenas con gravas), zonas terrigenas (1.5%) hasta orgánicas (13.6%). En cuanto a cobertura vegetal, tuvieron tendencias hacia las zonas con vegetación tanto sumergida como emergente.

El grupo de los odonatos estuvo presente con *Enallagma*. Estos organismos se localizaron en zonas con vegetación enraizada tanto emergente como sumergida y sedimentos de finos (lodosos arenosos) a medianos (arenas), en suelos que van desde terrigenos (1.5%) hasta orgánicos (13.6%), ya que las ninfas de estos organismos (estadio en el cual son acuáticas) se encuentran casi exclusivamente en la zona litoral viviendo entre la macrovegetación y los sedimentos (Edmondson 1959, Wetzel 1981). Las aguas templadas (17.5 - 22.3 °C), bien oxigenadas (5.9 - 10.2 mg/l), básicas (8.4 - 9.2) y salinidades entre 0.1 y 6.0 g/l.

Centroptilum, perteneciente al grupo de los efemerópteros, se ubicó en zonas con vegetación enraizada tanto emergente como sumergida, con sedimentos de finos (lodosos arenosos) a medianos (arenas), materia orgánica moderada (1.5 - 9.4 %); con temperatura elevada (17.5 - 24.9 °C); oxígeno disuelto alto (5.9 -12.3 mgr/l) y un rango de salinidad amplio (0.1 - 7.1 g/l) y pH básico (8.9 - 9.8). Estos organismos son característicos de zonas litorales lacustres (Pennak, 1953).

De manera constante sólo se presentó: *Stratiomys*. Los taxa temporales los constituyeron catorce taxa, y por último, las especies raras resultaron treinta y cuatro.

Basado en los valores de salinidad registrados en el campo, y considerando que los lagos descritos en este estudio son hiposalinos (sensu Hammer 1983), se identificaron tres grupos de organismos:

i) Un grupo compuesto por veinte especies, que fueron recolectadas exclusivamente en aguas dulces (<1%): Annelidae: *Hirudinea C*; Odonata: *Ischnura*; Coleoptera: *Crhysomelidae*, *Donacia*; Collembola: *Isotomidae*; Hemiptera: *Notonecta*, *Decapoda*: *Cambaridae*; Gasteropoda: *Helisoma*; Diptera: *Bryophaenocladus*, *Cladotanytarsus*, *Corynoneura*, *Cricotopus sp1*, *Labrudinia pilosella*, *Limnophyes*, *Parachironomus*, *Paralimnophies*, *Paratanytarsus*, *Procladius psylotanypus*, *Psectrocladius*, *Tanytarsus*.

ii) Un grupo de ocho especies colectadas solamente en aguas salinas (5% \geq 3 gr/l): Trichoptera: *Grensia*, *Hydroptilidae*, *Polycentropus*; Diptera: *Cricotopus triannulatus*, *Dicrotendipes sp2*, *Ephydra*, *Micropsectra sp2*, *Tanypus*.

iii) Y finalmente un grupo de treinta y siete especies tolerantes a la salinidad se presentaron en todo el intervalo de salinidades: Amphipoda: *Hyalella*, *azteca*, Odonata: *Aeshna*, *Centroptilum*, *Enallagma*; Coleoptera: *Berosus*, *Curculionidae*, *Hydrophilidae*, *Laccodytes*, *Stenus*, *Tropisternus*; Hemiptera: *Ambrysus*, *Buenoa*, *Corixidae*; Trichoptera: *Oxyethira*, *Setodes*; Annelidae: *Hirudinea A*, *Hirudinea B*, *Tubificidae*; Diptera: *Apedilum elachistus*, *Chironomus sp1*, *Chironomus sp2*, *Chironomus stigmaterus*, *Cricotopus silvestris*, *Cryptochironomus*, *Culex*, *Dicrotendipes sp1*, *Dicrotendipes neomodestus*, *Endrotribelus hesperium*, *Hydroporus*, *Micropsectra sp1*, *Paramerina smithae*, *Procladius holotanypus*, *Stictochironomus*, Gasteropoda: *Physa*, *Plathelmintha*, *Nematoda*.

2.7 CORRELACIONES ENTRE ORGANISMOS.

Con el fin de establecer la existencia de asociaciones faunísticas, se realizó un análisis de correlación entre las especies, donde los valores negativos elevados correspondieron a los antagonismos, y los valores positivos elevados se consideran co-ocurrencias. Se identificaron pocas asociaciones.

En general, las asociaciones reflejaron la coexistencia de las especies en un mismo lugar y su recurrencia de aparición en el muestreo.

Las especies de quironómidos *Paratanytarsus* y *Cladotanytarsus viridiventris* (0.87) fueron colectados especialmente en las mismas estaciones de muestreo (ALJ1, ALJ2 y ALJ3), así como las especies *Micropsectra sp1* y *Micropsectra sp2* (0.68) que fueron colectadas en forma conjunta entre ALC1, ALC2, ALC3 y ALC5, y *Apedilum elachistus* y *Centroptilum* (0.61) muestreados principalmente en ALC4, LAP1, LAP2, LAP3, QUE1, TEC1.

En lo que respecta a los antagonismos, la relación más evidente a lo que pudiera interpretarse como antagónica es la representada por *Stictochironomus* y

en las que se colectó a cada una de estas especies destaca el hecho de que *Stictochironomus* es más afín con las estaciones donde el agua es más dulce y *Tanypus* con la salina.

2.8 CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DEL ESTADO SAPROBIO.

Una primera aproximación para la determinación de las características saprotróficas de la zona litoral de los lagos-cráter de Puebla fue el empleo de organismos indicadores. Este método de evaluación rápida es cualitativa y se basó en los criterios de Resh y Jackson 1993 (en Rosemberg y Resh 1993). Con base en éste, se obtuvieron las siguientes observaciones.

Se colectaron los siguientes quironómidos característicos de ambientes oligotróficos: *Labrundinia pilosella*, *Micropsectra* y *Parachironomus tenicaudatus* (Cook et al. 1974, Johnson 1993). Entre los organismos que describen ambientes mesotróficos, se identificaron los anfípodos (*Hyalella azteca*), efemerópteros (*Centroptilum*), odonatos (*Aeshna* y *Enallagma*), y los quironómidos (*Cricotopus triannulatus* y *Tanypus*), todos ellos descriptores así mismo de condiciones betamesosaprobias (Johnson 1993).

Finalmente se encontraron también organismos tolerantes a condiciones polisaprobias y alfamesosaprobias como son los tubificidos, cuyo número es favorecido por la presencia de sedimentos ricos en materia orgánica (Cook et al. 1965 in Cook et al. 1974). La presencia del odonato *Ishnura*, de los quironómidos *Chironomus stigmaterus*, *Chironomus* sp., *Cladotanytarsus*, *Corynoneura*, *Cryptochironomus fulvus*, *Procladius* y *Tanypus*, el díptero estratiómido *Stratiomys*, y los coleópteros *Berosus* y *Tropisternus* también es considerada característica de ambientes polisaprobios.

Se presentaron en una misma estación especies indicadoras de dos o aún de tres condiciones saprobias. Por lo anterior, no se puede dictaminar el estado saprotrófico de la zona litoral de los lagos-cráter con base, sólomente, en organismos indicadores. Un ambiente no puede caracterizarse únicamente en la presencia o ausencia de un organismo indicador. A continuación se analizaron aquellas especies que por su abundancia resultaron ser los constituyentes más importantes en la estructura del macrobentos litoral. Estas especies son: *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Hyalella azteca*, *Stictochironomus* sp., *Hirudinea* B, *Chironomus stigmaterus*, *Ambrysus*, *Berosus*, *Tropisternus*, *Apedilum elachistus*, *Micropsectra* sp1, *Chironomus* sp1, *Centroptilum*, *Enallagma*, *Cambarellus*, y *Cricotopus silvestris*.

Resulta muy claro que las especies numéricamente dominantes son tolerantes a la presencia de material orgánico putrescible (*Limnodrilus hoffmeisteri* 71.27%) o facultativas a ésta (*Hyalella azteca* 22.73% y *Stictochironomus* sp. 2.71%) Klemm D.J. et. al. 1990; Weber 1973; Pesson P. 1979. Las observaciones anteriores indican que la

zona litoral recibe gran cantidad de material orgánico -autóctono, alóctono o de ambas fuentes- que ha favorecido el desarrollo de organismos capaces de beneficiarse con este suplemento alimenticio y desarrollarse en forma abundante. Lo anterior indica que el estado saprobio se encuentra entre beta-mesosaprobio y alfa-mesosaprobio, correspondiendo un estatus trófico entre meso y eutrófica (Persoone G. and N. De Pauw 1978).

En apoyo a este último punto, Margalef (1983) establece que el valor del índice de diversidad fluctúa entre 0 y 5 bits, correspondiendo el valor de cero al nivel de menor diversidad y el de cinco al de máxima. La diversidad de los macroinvertebrados bentónicos de la zona litoral de los lagos-cráter varió entre 0.430 y 1.636. De acuerdo a Branco (1984) los valores de diversidad calculados corresponden a ambientes de moderada polución orgánica (1-3 bits), ya que los inferiores a uno son característicos de aguas muy contaminadas y los superiores a tres de aguas limpias, de acuerdo a estos valores podemos considerar que los lagos cráter de Puebla presentan aguas que van de moderadamente contaminadas a contaminadas, y no permite el aumento de la diversidad que, de acuerdo a Margalef (1983), es baja para este sistema lacustre.

IV. CONCLUSIONES

a) La zona litoral de los lagos-cráter de Puebla se caracteriza por ser de dulceacuicola a hiposalina, templada, bien oxigenada de pH básico, el sedimento varió desde grueso hasta fino, cobertura vegetal comprendida desde zonas desprovistas hasta zonas con algas bentónicas, macrófitas sumergidas y emergentes. Los seis lagos cráter se clasificaron, desde el punto de vista ambiental, por el tipo y porcentaje de cobertura vegetal y por su concentración salina. De esta manera, las estaciones de muestreo se agruparon de la siguiente manera: Alchichica con Atexcac conformando el grupo de los salinos y Aljojuca, Quechulac, La Preciosa y Tecuítlapa formaron el grupo de los dulceacuicolas, en cuanto a cobertura vegetal ALC4, ALC5, LAP2, LAP3 y Tecuítlapa se caracterizaron por la presencia de vegetación enraizada sumergida, sin embargo el resto de las estaciones y lagos por presentar vegetación enraizada emergente.

b) La comunidad de organismos macrozoobentónicos litorales de los lagos cráter, estuvo integrada por un total de 65 taxa. Sin embargo, por sus valores de abundancia y frecuencia (Fig. 9), resultaron dieciséis grupos dominantes, de los cuales constituyendo el 96% del total: Tubificidos (*Limnodrilus hoffmeisteri*) con un 71.3%, anfipodos (*Hyalella azteca*) con un 22.7% y quironómidos (*Stictochironomus sp.*) con 2.1%. El resto de los taxa contribuyeron con el porcentaje restante.

c) Existen diferencias espaciales en cuanto a la riqueza específica y diversidad. Considerando cada una de las estaciones de muestreo, la primera fluctuó entre 10 taxa (ALJ3) y 29 taxa (TEC1), siendo el lago más rico Alchichica con un total de 38 taxa y el más pobre Atexcac con 20 taxa. La diversidad varió por estación de

muestreo entre 0.438 (ALC4) y 1.636 (TEC1), por lago Alchichica (0.6492) con la menor diversidad y Tecuítlapa (1.636) obteniendo la mayor diversidad. Con relación a la abundancia también existen diferencias espaciales. La estación más abundante fue ALC5 con 558,438 org/m² promedio, y la menos abundante TEC1 con 103,688 org/m². Por lago Alchichica (1'559,575 org/m²) fue el más abundante y el menos abundante Tecuítlapa (103,689 org/m²).

d) No se detectaron patrones de variación temporal en los lagos. Sin embargo, la abundancia tendió a disminuir del inicio al final del muestreo. Los muestreos de (OTO, INV89) fueron más abundantes que los muestreos (PRI, VER, OTO90).

e) Con base en su composición específica, las estaciones de muestreo más parecidas fueron ALC1, ALC2, ALC3 y ALC5, Las tres estaciones de La Preciosa con ALJ1 y ALJ2. ALJ3 con Quechulac y Atexcac, por último, Tecuítlapa con ALC4.

f) Por sus valores de abundancia y frecuencia sobresalieron grupos de organismos característicos de ambientes ricos en materia orgánica (tubificidos y algunas especies de quironómidos), así como organismos característicos dulceacuicolas tolerantes a la salinidad (anfípodos), resaltaron igualmente organismos no comúnmente asociados a ambientes salinos (hirudíneos). Se presentan igualmente grupos taxonómicos comúnmente muestreados en de lagos hiposalinos (odonatos y coleópteros).

g) Por su coexistencia y su recurrencia de aparición en el muestreo, las asociaciones más relevantes resultaron ser las siguientes. Los quironómidos *Paratanytarsus* y *Cladotanytarsus viridiventris* (0.87) en ALJ1, ALJ2 y ALJ3, *Micropsectra* sp1 y *Micropsectra* sp2 (0.68) que fueron colectadas en forma conjunta en ALC1, ALC2, ALC3 y ALC5 y *Apedilum elachistus* y *Centroptilum* (0.61) muestreados principalmente en ALC4, ALC5, Tecuítlapa y Atexcac.

VIII. BIBLIOGRAFIA

ALCOCER, D. J. 1990a. Macroinvertebrados bentónicos y eutrofización en lagos athalasalinos. Trabajo para aceptación en la plaza de profesor asociado "A" en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. México. 20 pp.

ALCOCER, D. J. 1990b. Estudio macroscópico para la determinación n del estatus trófico de lagos athalasalinos mediante el conocimiento de la estructura y funcionamiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Trabajo para aceptación en la plaza de profesor asociado "A" en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. México. 20 pp.

ALCOCER, J. & E. ESCOBAR 1990. The drying up of the Mexican Plateau axalapzcos. Salinet 4: 34-36.

ALCOCER, J., A. LUGO, S. ESTRADA, M. UBEDA & E. ESCOBAR. 1993. Littoral chironomids of a Mexican Plateau athalassohaline lake. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: 444-447.

ALCOCER, J., A. LUGO, S. ESTRADA, M. UBEDA y E. ESCOBAR. 1993. La macrofauna bentónica de los axalapzcos mexicanos. Actas VI Congreso Español de Limnología. 33: 409.415.

ALVAREZ, J. 1949. Correlación entre la distribución ictiofaunística y los cambios geomorfológicos. Bol. Soc. Geol. Méx. 14: 39-45.

ALVAREZ, J. 1950. Contribución al conocimiento de los peces de la región de los Llanos, estado de Puebla (México) An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 6(1-4): 81-10

ALVAREZ, J. 1955a. Algunos casos particulares en los lagos mexicanos Tequesquitengo, Pátzcuaro, Aljojuca y Tecuítlapa. In: Pláticas hidrobiológicas. Memorandum Técnico No. 101. Dir. Gral. Dists. de Riego. Depto. de Planeación, Investigación y Estadística S.R.H. México. 55-58.

ALVAREZ, J. 1955b. Algunos casos referentes a lo tratado en la plática anterior, Laguna de Chichancanab, Los Llanos del estado de Puebla, La Presa de Sta. Catarina, en Uruapan, Mich. Los peces cavernícolas. In: Pláticas hidrobiológicas. Memorandum Técnico No. 101. Dir. Gral. Dists. de Riego. Depto. de Planeación, Investigación y Estadística, S.R.H. México. 90-93.

ALVAREZ, J. 1981a. Algunos casos particulares en lagos mexicanos. Cap. 14. In: Pláticas Hidrobiológicas. C.E.C.S.A. México. 15-21.

ALVAREZ, J. 1981b. Algunos casos mexicanos referentes a lo tratado en la plática anterior. Cap. 23. In: Pláticas hidrobiológicas. C.E.C.S.A. México. 147-152.
APHA, AWWA, WPCF (eds.). 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. A.P.H.A. (Ed.). Washington. 1,268 pp.

ARREDONDO-FIGUEROA, J.L., L.E. BORREGO-ENRIQUEZ, R.M. CASTILLO DOMINGUEZ y M.A. VALLADOLID-LAREDO. 1983. Batimetría y morfometría de los lagos "maars" de la Cuenca de Oriental, Puebla, México. Biótica 8(1): 37-47.

ARREDONDO-FIGUEROA, J.L. y D.C. AGUILAR. 1987. Bosquejo histórico de las Investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos con especial énfasis en su ictiofauna. In: Gómez, A. J. (ed.). Contribuciones en Hidrobiología. U.N.A.M. (Ed.). México 91 pp.

BEATTIE, D. M., 1982: Distribution and production of the larval chironomid population in Tjeukemeer. - *Hydrobiologia* 95:287-306.

BRANCO, S. M. 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de las aguas continentales. Serie Biología, Monografía 28. Sría. Gral. O.E.A., Prog. Reg. Des. Cient. y Tecnol. Washington. 120 pp.

BRANDON, R.A., E.J. MARUSKA Y W.T. RUMPH. 1981. A new specie of neotenic *Ambystoma* (Amphibia, Caudata) endemic to Laguna Alchichica, Puebla, México. Bull. Southern California Acad. Sci. 80: 112-125.

CALDERON, S.I.A. y D.M.I. RODRIGUEZ. 1986. Estado actual de las especies del género *Ambystoma* (Amphibia:caudata) de algunos lagos y lagunas del Eje Neovolcanico Central. Tesis profesional. E.N.E.P.- Iztacala. UNAM. México. 55 pp.

CHAVEZ, M., G. VILA CLARA, A. LUGO, H. GONZALEZ y J. ALCOCER. 1989. Los Lagos Cráter del Valle Oriental "Ecosistemas Condenados a Muerte" In: Memorias del Primer Simposio Internacional de Química Ambiental y III Reunión de Investigaciones Universitarias en Contaminación Ambiental. U.N.A.M. (Ed.), México. 37 pp.

COOK, D.G. and M.G. JOHNSON. 1974. Benthic macroinvertebrates of the St. Lawrence Great Lakes. *J. Fish. Res. Board Can.* 31:763-782.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. 1960-62. Análisis químico del agua de las lagunas de El Carmen, Alchichica, Quechulac, La Preciosa y Atexcac en Puebla. Oficina de Estudios, Sección de Hidrología. C.F.E. México. Reporte inédito.

DE BUEN, F. 1945. Investigaciones sobre ictiología mexicana. I. Atherinidae de aguas continentales de México. An. Inst. Biol. Univ. Auton. Méx. 126: 475-532.

DIAZ, E. y C. GUERRA. 1979. Estudio limnológico de los axalapazcos del estado de Puebla: resultados preliminares. In: Memorias del Seminario de Ecología. IPN. (Ed.), México. 20 pp.

KLEM, D. J., P. LEWIS, F. FULK, J. LAZORCHAK. 1990. Macroinvertebrate field and Laboratory methods for evaluatin the biological integrity of surface waters. U.S. Enviromental Protection Agency. Cincinnati, Ohio. 4-90/030:256pp.

EDMONSON, W.T. 1959. Fresh-water biology. John Wiley & Sons (Ed.). Nueva York. 1248 pp.

FOLK, R.L. 1969. Petrología de rocas sedimentarias. UNAM. México. 405pp.

FUENTES, A.L. 1972. Regiones naturales del estado de Puebla. U.N.A.M. (Ed.), México. 143 pp.

GARCIA DE LEON, A. 1988. Generalidades del análisis de cúmulos principales. Instituto de Geografía, UNAM. México. 29 pp.

GARCIA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. E. Garcia (Ed.). México. 217 pp.

GASCA, D.A. 1982. Algunas notas de la génesis de los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental. Puebla-Tlaxcala-Veracruz. Colección Científica Prehistoria. No. 98. Inst. Nal. Antrop. Hist. México. 55 + iii pp.

GARZON, M.A., M. CHAVEZ, A. LUGO, E. GALLEGOS, G. VILACLARA 1990. Tipificación del estado saprofítico de los lagos cráter de la Región de los Llanos, Pue. Memorias del X Coloquio de Investigaciones. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. México. p. 80.

GRAY, J.S. 1981 The ecology of marine sediments. Cambridge Studies in Modern Biology 2. Cambridge University Press (Ed.). Cambridge. 185 pp.

GUERRA, M.C. 1986. Análisis taxonómico poblacional de peces aterínidos (Chirostoma y Poblana), de las cuencas endorreicas del extremo sur del Altiplano Mexicano. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 30: 81-113.

HAMMER, U.T., 1986: Saline lake ecosystems of the world. - 616 pp. Dr. Junk Publishers, Dordrecht.

HAMMER, U.T., Sheard, J. S. & Kranabetter, J.K., 1990: Distribution and abundance of littoral benthic in Canadian prairie saline lakes.- Hydrobiologia 197:173-192.

HARMAN, W. N. 1972. Benthic substrates: their effect on fresh-water mollusca. Ecology 53:271-277.

HUNGERFORD, H. B. 1948. The corixidae of the western hemisphere. Univ. Kansas Sci. Bull., 32. 1-827.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T. and ROSENBERG, D. M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: D. M. Rosenberg and V. Resh. eds. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York. 478 pp.

KUNZ B.I. 1988. El uso de la estadística para la construcción de clasificaciones y regionalizaciones. Instituto de Geografía U.N.A.M. Serie Varia T, i, Núm. 11. México. p.34.

LENAT, D. R. and BARBOUR, M. T. 1994. Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. In: D.

M. Rosenberg and V. Resh. eds. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York. 478 pp.

LIND, O. T. 1979. Handbook of common methods in Limnology. The C. V. Mosby Co. (Ed.). Sn. Louis. 199 pp.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. 1010 pp.

MASON, W.T. Jr. 1973. An introduction to the identification of chironomid larvae. U.S.E.P.A. Cincinnati. 90 pp.

MUCK, J.A. and NEWMAN, R.M. 1992. The distribution of amphipods in southeastern Minnesota and their relation to water quality and land use. Jour. Iowa Acad. Sci. 99(1):34-39.

ORDOÑEZ, E. 1905. Los axalapazcos del estado de Puebla. Primera Parte. Parergones del Instituto Geológico de México. 1(9): 293-344 + i plano + iv láminas.

ORDOÑEZ, E. 1906. Los axalapazcos del estado de Puebla. Segunda Parte. Parergones del Instituto Geológico de México. 1(10): 347-393 + iii planos + viii láminas.

PARRISH, F.K. 1975. Key to water quality indicative organisms of the southeastern United States. U.S.E.P.A. (Ed.). Cincinnati. 195 pp.

PERSOONE, G. y N. De PAUW, 1978. Systems of biological indicators for water quality assesment. In: Ravera, O. (ed.), Biological aspects of fresh water pollution. Pergamon Press. Oxford. 39-75 pp.

PESSON, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Ediciones Mundi-Prensa., Madrid. 295:325.

PIÑA, E. P. 1984. Variación estacional del fitoplancton en tres axalapazcos de la Cuenca de la Oriental. Puebla. Tesis de licenciatura. Esc. Nac. Cienc. Biol. IPN. México. 41 pp. + 8 figuras + 15 tablas.

PENNAK, W.R. 1978. Fresh-water invertebrates of the United States John Wiley & Sones (Ed.) Nueva York. 803 pp.

PRAT, N. 1978. Benthos typology of Spanish reservoirs. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20:1647-1651.

RAMIREZ, J.P. 1983. Estudio de la distribución y producción de la vegetación acuática en seis lagos cráter de Puebla. Tesis de licenciatura. E.N.E.P. Zaragoza, UNAM.México. 28 pp.

RAMIREZ-GARCIA, P. y A. NOVELO. 1984. La vegetación acuática vascular de seis lagos cráter del estado de Puebla, México. Bol. Soc. Bot. Méx. 46: 75-88.

RAMIREZ-GARCIA, P. y F. VAZQUEZ-GUTIERREZ. 1989. Contribuciones al estudio limnobotánico de la zona litoral de seis lagos crater del estado de Puebla. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 16(1): 1-16.

RESH, V.H. y J. K. JACKSON. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: D.M: Rosembergt y V.H: Resh (eds.) Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall. 461pp.

REID, G.K. & R.D. WOOD 1976. Ecology of inland waters and estuaries. D. Van Nostrand Company. (Ed.). Nueva York. 1976. 485 pp.

REYES, C.M. 1979. Geología de la Cuenca de Oriental. Estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala. Colección Científica Prehistoria. Inst. Nal. Antrop. Hist. México. 62 pp. + i plano.

SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF. 1969. Biometry. The principle and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman. New York. 776 pp.

SOTO, M.F., F. LOZANO, A. DIEZ, C. MEJIA y J. VILLA. 1977. Estudio piloto de la vegetación en la región de Alchichica-Perote por medio de percepción remota. Biótica. 3: 19-36.

TAYLOR, E.H. 1943. A new ambystomid salamander adapted to brackish water. Copeia. 3: 151-156.

TIMMS, B.V. 1981. Animal communities in three Victorian lakes of differing salinity. Hydrobiologia 81/82: 181-194.

TUDORANCEA, C. & A. D. HARRISON. 1988. The benthic communities of the saline lakes Abijata and Shala (Ethiopia). Hydrobiologia 158: 117-124.

VAZQUEZ, H.M. 1982. Contribución al conocimiento de la biología de Poblana alchichicae alchichicae De Buen (Pisces, Atherinidae) del lago cráter de Alchichica, Pue. Tesis profesional. Esc. Nal. Cienc. Biol. IPN. México, 30 + xi pp.

VERDONSCHOT, P.F.M. 1992. Macrofaunal community types in ponds and small lakes (Overijssel, The Netherlands). Hydrobiologia 232:111-132.

VILA CLARA, F.G., A.M. CHAVEZ, A. LUGO, H. GONZALEZ, y F. AGUIRRE (1989). Los axalapazcos de la región de los Llanos de Puebla. 2: Comparación química mediante diagramas de Maücha modificados. In: IX Coloquio de Investigación. ENEP Iztacala. U.N.A.M. (Ed.). s/p.

WEBER, C. I. (ed.). 1973. Biological field and laboratory methods. Environmental Protection Agency (Ed). EPA-670/4-73-001. Cincinnati. 38 pp.

WELCH, P.S. 1948. Limnological methods. McGraw-Hill Book Co. Nueva York. 381 pp.

WETZEL, R.G. 1981. Limnología. Ed. Omega (Ed.), Barcelona. 680 pp.

WETZEL, R.G. & G.E. LIKENS. 1979. Limnological analyses W.B. Saunders Co. (Ed.). Filadelfia. 357 pp.

WILLIAMS, W. D., A. J. BOULTON & R. G. TAAFFE. 1990. Salinity as a determinant of lake fauna: a question of scale. *Hydrobiologia* 197: 257-266.

WILLOUGHBY, L.G. 1976. Freshwater biology. Hutchinson of London (Ed.). Londres. 167pp.

ANEXO "A"

TABLAS

TABLA 1. CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA LITORAL DE LOS LAGOS CRATER DE PUEBLA, MEX.

ALChichica, ATExcac, LA Preciosa, QUEchulac, ALJojuca y TECuittlapa. Valores en: pH (unidades de pH), Oxígeno Disuelto (mgr/L); temperatura (°C); salinidad (gr/L); materia orgánica (%); carbonatos (%); textura sedimentaria (phi); y vegetación acuática (% de cobertura). La desviación estándar se indica en el renglón inferior de la media.

PARAMETRO/	ALC1	ALC2	ALC3	ALC4	ALC5	LAP1	LAP2	LAP3	ALJ1	ALJ2	ALJ3	ATE1	QUE1	TEC1
ESTACION														
pH	9.0	9.0	9.0	8.9	9.0	9.0	9.0	9.2	9.1	9.1	9.1	8.4	8.9	9.8
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
OXIGENO	7.3	6.5	6.5	12.3	9.1	6.8	10.2	8.7	6.4	5.7	4.9	6.9	5.9	9.3
DISUELTO	1.1	1.2	1.6	1.9	2.5	1.0	2.6	1.1	2.7	2.7	2.3	1.5	1.8	2.8
TEMPERATURA	20.4	18.3	20.0	24.9	19.9	18.9	22.3	21.7	21.4	21.1	20.8	20.2	17.5	21.1
	0.7	4.0	1.3	1.3	1.7	1.5	2.2	1.9	2.0	3.1	2.2	1.5	2.0	0.8
SALINIDAD	7.2	7.2	7.4	6.0	7.1	1.0	1.0	1.0	0.1	0.5	0.0	6.0	1.0	1.0
	0.1	0.0	0.4	2.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0
MATERIA	5.6	5.0	2.8	8.4	6.4	9.4	8.2	13.6	1.5	1.9	2.3	3.6	2.8	7.8
ORGANICA	2.9	2.6	1.9	6.2	4.3	4.7	2.6	3.5	0.2	0.4	1.1	3.6	0.8	0.4
CARBONATOS	1.9	3.2	3.7	29.0	18.3	5.1	9.0	21.1	0.1	0.5	2.7	4.2	0.7	4.4
	0.2	0.8	1.1	1.9	4.5	5.5	4.9	1.9	0.1	0.4	0.5	0.9	0.5	1.6
TEXTURA DEL	0.2	1.6	1.3	2.3	1.7	0.1	1.8	2.6	0.3	1.0	0.1	1.1	0.2	2.2
SEDIMENTO														
MACROFITAS	0	0	0	0	0	25	50	0	0	25	0	50	100	0
EMERGENTES														
MACROFITAS	25	0	0	100	75	0	50	75	25	0	0	75	0	100
SUMERGIDAS														
ALGAS	0	0	0	0	25	75	25	25	50	75	25	25	25	0
BENTONICAS														

PHYLLUM	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	SUBORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	TRIBU	GENERO	ESPECIE
PLATYHELMINTA	TURBELARIA		TRICLADIDA						
NEMATODA									
ANNELIDA	OLIGOCHAETA		PLESIOPORA		TUBIFICIDAE				
	HIRUDINEA A								
	HIRUDINEA B								
ARTHROPODA	HIRUDINEA C								
	CRUSTACEA								
	INSECTA								
		AMPHIPODA			TALITRIDAE			Hyalella	Hyalella azteca
		DECAPODA			CAMBARIDAE				
		EPHEMEROPTERA			BAETIDAE	BAETINAE		Centropilum	
		ODONATA		ZYGOPTERA	COENAGRIONIDAE			Enallagma	Enallagma praevarum
				ANISOPTERA	AESHNIDAE			Ischnura	
					ISOTOMIDAE			Aeshna	
		COLLEMBOLA							
		HEMIPTERA			NOTONECTIDAE			Notonecta	
					NAUCORIDAE	AMBRYSINAE		Buenoa	
					CORIXIDAE			Ambrysus	
		TRICHOPTERA							
					LEPTOCERIDAE			Setodes	
					LIMNEPHILIDAE	LIMNEPHILINAE	CHILOSTIGMINI	Grensia	
					HYDROPTILIDAE				
					POLYCENTROPODIDAE	HYDROPTILINAE	HYDROPTILINI	Oxyethira	
						POLYCENTROPODINAE		Polycentropus	
		COLEOPTERA							
					STAPHYLINIDE	STENINAE		Stenus	
					CHRYSOMELIDAE			Donacia	
					HYDROPHILIDAE				
						HYDROPHILINAE		Tropisternus	
								Berosus	
								Laccodytes?	
					DYTISCIDAE	LACCOPHILINAE	LACCOPHILINI	Hydroponus	
							HYDROPIRINI		
		DIPTERA							
					CURCULIONIDAE				
					CULICIDAE	CULICINAE		Culex	
					STRATOMYDAE			Stratiomys	
					EPHYDRIDAE	EPHYDRINAE	EPHYDRINI	Ephydra	E packardii?
					CHIRONOMIDAE	CHIRONOMINAE	CHIRONOMINI	Apedilum	Apedilum elachistus Townes
								Dicrotendipes	Dicrotendipes neomodestus (Mall.)
									Dicrotendipes sp1
									Dicrotendipes sp2
									Dicrotendipes sp2
									Chironomus
									Chironomus (s.str.) stigmaterus Say
									Chironomus (s.str.) sp1
									Chironomus (s.str.) sp2
									Cryptochironomus
									Stictochironomus sp.
									Parachironomus
									Parachironomus tenuicaudatus (Mall.)
									Cladotanytarsus
									Cladotanytarsus viridiventris (Mall.)
									Paratanytarsus
									Paratanytarsus
									Endotribelos
									Endotribelos hesperium
									Tanypus
						TANYPODINAE	TANYPODINI	Tanypus	Tanypus (Apelepa) sp.
						MACROPELOPIINI		Procladius	Procladius (Holotanypus) sp.
									Procladius (Psilotanypus) sp.
									Tanytarsus
									Tanytarsus
									Tanytarsus
									Micropsectra
									Micropsectra sp1
									Micropsectra sp2
									Paramerina
									Paramerina smithae (Sibl.)
									Labrundinia
									Labrundinia pilosella (Loew.)
									Cricotopus
						ORTHOCLADIINAE			Cricotopus (Isocladius) triannuleus (Macq.)
									Cricotopus (s.str.) sp. silvestris gr. Say
									Cricotopus (s.str.) sp1
									Psectrocladius
									Psectrocladius (s.str.) sp.
									Paralimnophyes
									Paralimnophyes sp.
									Limnophyes
									Limnophyes sp.
									Corynoneura
									Corynoneura sp.
									Bryophaenocladus
									Bryophaenocladus sp.
MOLLUSCA		PULMONATA	BASOMMATOPHORA		PLANORBIDAE			Helisoma	
					PHYSIDAE			Physa	

Tabla 2. Listado taxonómico de los macroinvertebrados bentónicos de los lagos cráter de Puebla, México

ESPECIE	ALCHICHICA	LA PRECIOSA	ALJOJUCA	QUECHULAC	TECUILTLAPA	ATEXCAC
Aeshna	1	1	0	0	1	1
Ambrisus	1	0	0	0	1	1
Apedilum elachistus Townes	1	1	0	1	1	1
Berosus	1	1	0	0	1	0
Bryophaenocladus sp.	0	0	1	0	0	0
Buenoa	1	1	0	0	1	0
Cambaridae	0	1	1	1	0	0
Centropetium	1	1	1	1	1	1
Chironomus (s.str.) sp1	0	0	1	0	1	1
Chironomus (s.str.) sp2	1	0	1	0	0	0
Chironomus (s.str.) stigmaterus Say	1	1	1	1	1	0
Chrysomelidae	0	0	0	0	1	0
Cladotanytarsus viridiventris (Mall)	0	0	1	0	0	0
Coriidae	1	1	0	0	1	0
Corynoneura sp.	0	1	0	0	0	0
Cricotopus (Isocladus) triannulatus (Macq.)	1	0	0	0	0	0
Cricotopus (s.str.) sp1	0	0	1	0	0	0
Cricotopus (s.str.) sp. silvestris gr. Say	0	1	0	0	1	1
Cryptochironomus sp. fulvus gr.	1	1	0	0	0	0
Culex	1	0	0	0	1	1
CURCULIONIDAE	1	0	1	0	1	1
Dicrotendipes neomodestus (Mall.)	1	0	0	1	0	0
Dicrotendipes sp1	0	0	1	1	0	0
Dicrotendipes sp2	0	0	0	0	0	1
Donacia	1	1	0	0	1	0
Enallagma	1	1	1	1	1	1
Endotribelos hesperium	0	0	0	1	0	0
Ephydra	1	0	0	0	0	0
Grensia	1	0	0	0	0	0
Helisoma	0	0	0	1	0	0
HIRUDINEA A	1	1	0	1	1	0
HIRUDINEA B	1	1	0	1	1	1
HIRUDINEA C	0	1	0	1	1	0
Hyalella	1	1	1	1	1	1
HYDROPHILIDAE	1	0	1	0	0	0
Hydroporus	1	0	0	0	1	0
HYDROPTILIDAE	1	0	0	0	1	0
ISOTOMIDAE	0	0	0	1	0	0
Labrundinia pilosella (Loew.)	0	0	0	1	0	0
Laccodytes?	1	1	1	0	0	0
Limnophyes sp.	0	0	0	1	0	0
Micropsectra sp1	1	0	0	0	1	0
Micropsectra sp2	1	0	0	0	0	0
NEMATODA	1	1	0	0	0	0
Notonecta	0	1	0	0	0	0
Oxiethira	1	1	0	1	0	0
Parachironomus tenuicaudatus (Mall.)	0	0	0	0	1	0
Paralimnophyes sp.	0	0	1	0	0	0
Paramerina smithae (Subl.)	0	0	0	1	0	1
Paratanytarsus	0	0	1	0	1	0
Physa	1	0	0	0	1	0
Polycentropus	1	0	0	0	0	1
Procladius (Holotanypus) sp.	0	1	0	1	0	1
Procladius (Psilotanypus) sp.	0	0	1	0	0	0
Psectrocladius (s.str.) sp.	0	1	0	0	0	0
Setodes	1	1	0	0	0	1
Stenus	0	0	1	0	0	0
Stictochironomus sp.	1	1	1	0	0	1
Stratiomys	1	0	0	1	1	0
Tanypus (Apelopia) sp.	1	0	0	0	0	1
Tanytarsus	0	0	0	0	1	0
TRICLADIDA	1	0	0	1	0	1
Tropisternus	1	1	1	0	1	0
TUBIFICIDAE	1	1	1	1	1	1
	38	27	21	22	28	20

Tabla 3. Distribución de los macroinvertebrados bentónicos en los lagos cráter de Puebla, Méx..

ESPECIE					LA PRECIOSA			ALWJUJUA			QUECHULAC	TECUILAPA	ATEXCAC	
	1	2	4	5	1	2	3	1	2	3	1	1	1	
Aeshna	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Ambrissus	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Apedilum elachistus Townes	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Berosus	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Bryophaenocladus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Buenoa	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Cambaridae	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Centropitilum	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Chironomus (s.str.) sp1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
Chironomus (s.str.) sp2	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Chironomus (s.str.) stigmaterus Say	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cladotanytarsus viridiventris (Mall)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Corixidae	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Corynoneura sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cricotopus (Isocladius) triannulatus (Macq.)	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cricotopus (s.str.) sp1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cricotopus (s.str.) sp. silvestris gr. Say	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Cryptochironomus sp. fulvus gr.	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Culex	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
CURCULIONIDAE	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Dicrotendipes neomodestus (Mall.)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dicrotendipes sp1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Dicrotendipes sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Donacia	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Enallagma	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Endotribeltes hesperium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ephydra	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grensia	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hellsoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
HIRUDINEA A	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
HIRUDINEA B	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
HIRUDINEA C	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
Hyalella	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HYDROPHILIDAE	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Hydroporus	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
HYDROPTILIDAE	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ischnura	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOTOMIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Labrundinia pilosella (Loew.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Laccodytes?	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Limnophyes sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Micropsectra sp1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Micropsectra sp2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMATODA	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Notonecta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Oxiethira	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Parachironomus tenuicaudatus (Mall.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Paralimnophyes sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Paramerina smithae (Subl.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Paratanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Physa	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polycentropus	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Procladius (Holotanypus) sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Procladius (Psilotanypus) sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psectrocladius (s.str.) sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Satodes	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Stenus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Stictochironomus sp.	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Stratiomys	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Tanytus (Apelopia) sp.	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
TRICLADIDA	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Tropisternus	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
TUBIFICIDAE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	17	14	17	27	25	21	19	21	17	16	10	22	28	21

Tabla 4. Distribución de los macroinvertebrados bentónicos en las estaciones de los lagos cráter de Puebla, Méx.