

UNAM



ENEP I

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala

702448
350223
CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA
Y BIOLOGICA DEL SISTEMA
DEL RIO AMACUZAC AL
SUROESTE DEL
ESTADO DE
MORELOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE BIOLOGO

PRESENTA

JORGE MORELOS GARCIA

México, D. F.

1985.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

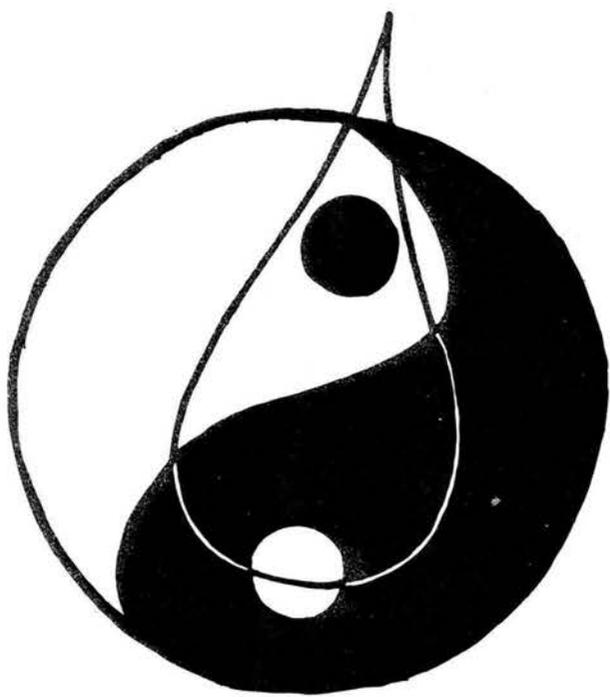


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



bios

Cree en las palabras de quien experimenta,
hallarás en la naturaleza algo más que en
los libros.

Y aprenderás cosas que el maestro no te
enseñará.

En las plantas.

En los animales.

Y en las aguas...

En este mundo nada tiene éxito...
si no se lucha por ello.

A mis Padres

Por su forma de pensar, su
cariño y porque siempre están
ahí...

Lo que cuenta no es lo que nos rodea
sino nuestra reacción a ello.

A mis hermanos

Por sus perspectivas tan importantes
de la vida y por su forma de transmitir
sus experiencias.

A mis cuñadas

Por ser un pozo de aprendizaje.

Quien vive en contacto con la naturaleza no
puede tener un punto de vista equivocado sobre
la vida.

A Carmen

Por ser quien es...

A Irene, mis amigos y parientes
Por su amistad, consejos y
apoyos desinteresados.

El hombre sabiamente ocioso es el más culto;
hay que observar a la naturaleza.

A la Dra. Guadalupe De La Lanza E.

Agradezco su inmejorable guía, su
apoyo, comprensión y estímulo atinado
y constante.

Agradecimientos:

Al Dr. Samuel Gómez A. y al Maestro José Luis Arredondo, por sus consejos y estímulos.

Al Ing. Bonilla y Familia, por su apoyo total y desinteresado, así como por su amistad.

A los Biólogos Jonathan Franco L., Enrique Kato M., Norma Navarrete S., Faustino Navarro; a la Q. F. B. Esperanza Robles V., y a los Drs. L. Raúl Betancourt M. y Eduardo M. Betancourt; por la revisión del manuscrito y sus atinadas sugerencias.

Y a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización de esta Tesis.

RESUMEN

En México, los cuerpos de agua epicontinentales se han estudiado más desde los puntos de vista de la producción pesquera y de la calidad de las aguas, que de su ecología; entre estos cuerpos, los ríos son importantes, debido a la ubicación en sus márgenes de Zonas Industriales y Urbanas y a la influencia de los escurrimientos agrícolas, etc.

En virtud de las modificaciones que conducen tales asentamientos, se estimó conveniente caracterizar desde el punto de vista físico, químico y biológico, una fracción del Río Amacuzac, importante por el empleo que se hace de sus aguas; para tal objetivo se emplearon análisis de rutina para calidad de aguas, como:

Acidez, dureza, gases disueltos, fosfatos, nitratos, demanda química de oxígeno.

Para la **Interpretación ecológica** se utilizaron:

Pigmentos fotosintéticos, productividad primaria (evolución de oxígeno) y conteo de organismos.

Los registros más sobresalientes de una condición hidrológica alterada fueron, valores de pH de 2 (durante septiembre), valores de oxígeno disuelto de 0.3 mg/l (durante la época de octubre y noviembre) y Bióxido de carbono por arriba de 80 mg/l (durante octubre). Estos parámetros, tanto desde los puntos de vista de la calidad de las aguas y ecológico sobrepasan los límites permisibles.

En cuanto a los parámetros biológicos, el número de organismos aportó cifras de 485 células, valores máximos registrados durante marzo, que comparativamente con otros cuerpos de agua, resultaron significativamente menores. Así mismo los Índices de Abundancia (60.31), Diversidad (Simpson, 1.896 y Shannon, 2.97) y Dominancia (2.02), manifestaron la pobreza del sistema. El análisis detallado, señaló 26 géneros con predominancia de **Navicula**, **Anacytis** y **Cocconeis**, pertenecientes al grupo de Diatomeas, utilizados como posibles bioindicadores de los sistemas.

Los algoritmos estadísticos mostraron que existe una relación no azarosa entre los meses de la época de lluvias; agosto-septiembre y septiembre-noviembre, según los valores obtenidos con la prueba de Kruskal-Wallis, y una relación, cuya diferencia es no azarosa, según los valores de la prueba de ANOVA, entre; Temp.-pH-CO₂-SO₄ y entre; NH₄-NO₂-NO₃-PO₄; así como otras relaciones, según la matriz de correlación y el levantamiento gráfico, determinando que existe, tanto variaciones estacionales, como en las relaciones entre los parámetros.

Dado lo anterior, la caracterización de la fracción del Río Amacuzac estudiada presenta fuertes restricciones en la calidad del agua, no sólo para fines de consumo humano, sino también de sostenimiento de un complejo ecológico.

I N T R O D U C C I O N

Debido al uso desmedido de los ambientes hídricos, para asentamientos humanos, desarrollos industriales y agrícolas, producción pesquera, turismo, etc. (Odum, 1971 y Lucken, 1977), se hacen más necesarios los estudios físicos, químicos y biológicos, para conocer el grado de deterioro, y así, planear un adecuado manejo y conservación de los mismos.

Para esto, se consideran factores limnológicos (ecológicos y de la calidad), que incluyen aspectos físicos, como:

La temperatura, la atenuación de la radiación solar, la profundidad, las corrientes, entre otros, aquellos parámetros químicos, como:

El potencial de hidrógeno (pH), la dureza (carbonato de calcio) y sales biogénicas (nitratos, nitritos y fosfatos), etc., por último, las condiciones bióticas, como:

Pigmentos fotosintéticos, productividad primaria (productividad bruta, neta y respiración) y conteo de organismos.

Actualmente existe una escasa diferenciación entre la interpretación de la calidad del agua para fines de consumo humano y para el análisis ecológico con fines puramente conservacionales o de explotación de recursos. En este sentido el campo de la limnología conduce a una interpretación más compleja y precisa, que define la importancia de cada parámetro para elegir en un estudio.

Dentro de un marco de calidad de aguas para consumo humano (reglamento de potabilidad), se delimitan concentraciones de los parámetros respectivos que no siempre coinciden con aquellas que mantienen comunidades que establecen un equilibrio ecológico.

Dentro de los conceptos que enmarca la ecología, están el estudio de las adaptaciones de los organismos a su hábitat y el flujo energético de las comunidades, así como de las propiedades del ambiente, como aquellas características físicas y químicas de los cuerpos de agua (Margalef, 1977); la caracterización y la capacidad de sostener la vida fluvial, y que, según Frankel (1982), son los fines de la calidad de las aguas.

En México, han sido escasos los trabajos de evaluación limnológica y más aún, en cuerpos de agua corriente, como son los ríos, y con pobre integración de la información, y por tanto, con criterios de análisis no definidos.

Dado lo anterior, el objetivo de la presente contribución es analizar las condiciones propias de calidad del agua (criterio de potabilidad) y aquellas ecológicas, que definan las características bióticas de una fracción del Río Amacuzac durante las dos épocas climáticas: estiaje y lluvias.

Para tales condiciones se consideran análisis de rutina como: temperatura, atenuación de la radiación solar, potencial de hidrógeno, dureza, bióxido de carbono, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, nitratos, nitritos, fosfatos, etc. y biológicos, como: demanda bioquímica de oxígeno (5 días), pigmentos fotosintéticos, productividad primaria y conteo de organismos.

Así mismo, se emplearon análisis estadísticos básicos (ANOVA, Kruskal-Wallis), matriz de correlación, Índices de abundancia, diversidad de Simpson y Shannon, dominancia y de similitud de Sørensen; y una técnica novedosa de levantamiento gráfico de Andrews, en apoyo a la interpretación de las relaciones biótico-abióticas de este cuerpo de agua.

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

En México, las investigaciones que se han hecho en aguas epicontinentales abordan aspectos específicos no integrados, como son: la ubicación geográfica, datos poblacionales, climáticos, hidrográficos y algunos parámetros físico-químicos (entre otros), según los informes comprendidos entre 1972 y 1980, de la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos, actual Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SRH y SARH).

Arredondo (1984), recopila los trabajos realizados sobre aspectos climáticos y limnológicos de los cuerpos de agua epicontinentales, con el objeto de integrar la información, indicando también que éstos son escasos.

Específicamente, sobre los estudios realizados en el Río Amacuzac, existe pobre información, como aquella contenida en los informes de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de 1972-1973.

En lo que se refiere a la aplicación de métodos matemáticos para describir fenómenos biológicos, físico-químicos y posiblemente de calidad en ambientes acuáticos, actualmente ha sido empleada en el apoyo de su interpretación.

Arredondo **Et Al** (1982), aplica en un estudio de comunidades de embalses temporales, técnicas matemáticas y computacionales para el manejo de la información, utilizando análisis estadísticos básicos, levantamientos gráficos y correlaciones, para encontrar la interdependencia de los parámetros bióticos

y abióticos. La utilización de los análisis matemáticos paramétricos (ANOVA) y no paramétricos (Kruskall-Wallis), son herramientas de gran empleo entre las investigaciones limnológicas.

En el caso del levantamiento gráfico específico, Andrews (1972), lo aplicó en un estudio antropológico para analizar una relación evolutiva entre antropoides y el hombre. En la presente contribución se aplica por primera vez con el fin de apoyar las relaciones entre los parámetros bióticos y abióticos.

AREA DE ESTUDIO

Estado de Morelos, entidad federativa que se encuentra en la parte central del país, queda limitado por el Distrito Federal y el Estado de México por el lado norte, el Estado de Puebla al este y el Estado de Guerrero al sur y oeste. Está situado entre los 18° 22' 05" y 19° 07' 10" de Latitud Norte y 98° 37' 08" y 99° 30' 08" de Longitud Oeste de Greenwich.

El Estado de Morelos posee hermosos escenarios naturales, los cuales son humectados por diversas corrientes fluviales, manantiales, lagos y por una fluida red de mantos acuíferos subterráneos, con una precipitación pluvial de 950 mm anuales en promedio. El clima es tropical lluvioso con precipitaciones entre mayo y octubre, y sequía el resto del año. Las temperaturas son moderadas al norte y elevadas en el sur.

Su territorio se presenta como un plano inclinado que desciende gradualmente hacia el sur, con corrientes que confluyen casi siempre en el Río Amacuzac, el más caudaloso del Estado de Morelos. El escurrimiento medio anual es de 740 millones de metros cúbicos, siendo afluente directo del Río Balsas (Informe del Banco de Comercio, **Colección de Estudios Económicos Regionales, Morelos, 1970**).

La fracción del Río Amacuzac estudiada, se encuentra comprendida, entre los límites del Estado de Morelos y en particular en los Municipios de Jojutla de Juárez, Amacuzac y Puente de Ixtla, donde se localizaron las estaciones de muestreo, elegidas a través de un programa computacional, que consideró

aspectos relacionados con actividades agrícolas, industriales, comunitarias y recreativas (Fig. 1 y 2):

Estación 1, Puente de Ixtla, en el Municipio de Puente de Ixtla.

Estación 2, Amacuzac , en el poblado de Amacuzac.

Estación 3, Estudiante I; estación 4, Estudiante II; estación 5, Tehuixtla; todas estas en el Municipio de Jojutla de Juárez.

Las características edafológicas y geológicas de dichas estaciones, son: suelos feozem áptico, regosol éútrico y vertisol pélico, con texturas de fina-media, terrenos de tipo pedregoso, lítico y gravoso con rocas ricas en calcita y feldespatos (Informe del CETENAL, E14A69, E14A68, M59, 14Q-V,1970, México).

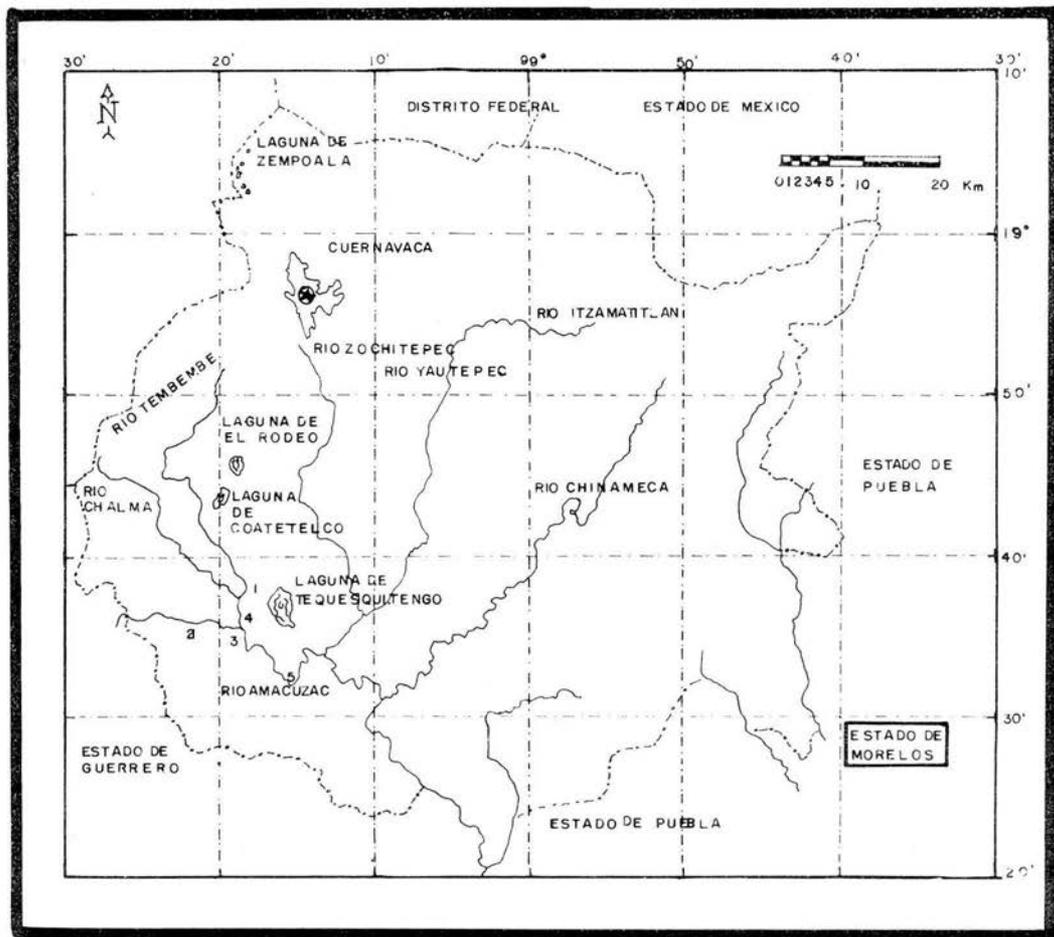


FIG. 1. MAPA HIDROGRAFICO DEL ESTADO DE MORELOS
UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

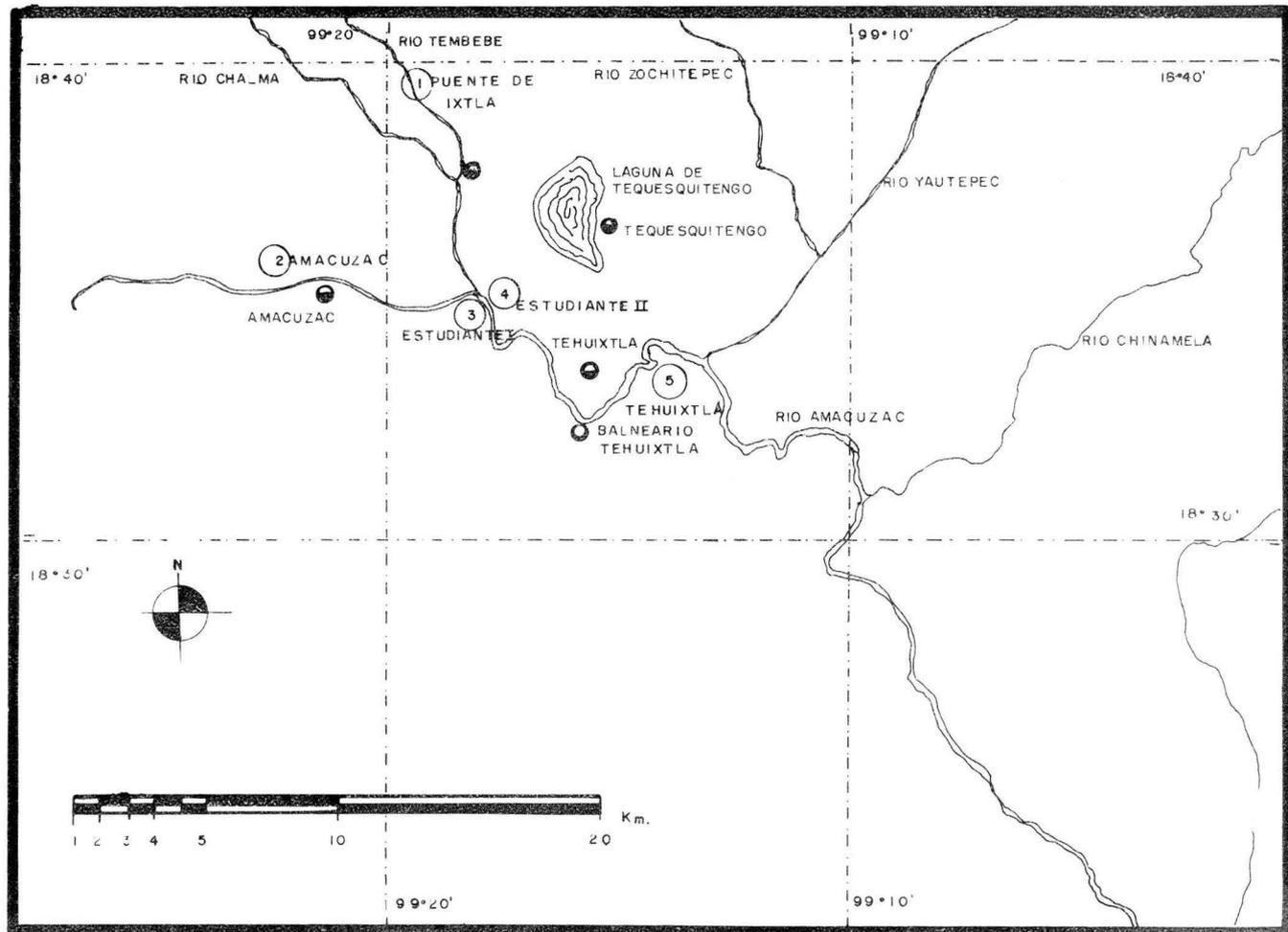


FIG 2 . UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO (DETALLE MAPA HIDROGRAFICO)

MATERIAL Y METODO

Para la evaluación de las características físico-químicas y biológicas, se realizaron 6 muestreos, que involucraron a los dos períodos climáticos más importantes, lluvias y estiaje (agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1982 y marzo de 1983).

Parámetros Físico-Químicos.

Los muestreos se realizaron durante las primeras horas del día, con el objeto de tener las condiciones lumínicas totales. En cada estación se determinaron los siguientes parámetros abióticos **in situ**:

La atenuación de la luz con el disco de Secchi (Transparencia), la profundidad con una plomada, temperatura superficial del agua con un termómetro Taylor de escala de -10 a $+150^{\circ}\text{C}$, el pH con un potenciómetro de campo, la nubosidad en octavas, la velocidad del flujo con una boya de 7 cm por 5 cm de diámetro, cronometrando un recorrido de 53 cm.

Así mismo se tomaron muestras de agua para el análisis realizado en el Laboratorio de Química y Productividad Acuática del Instituto de Biología, U. N. A. M., de:

Bióxido de Carbono con el método titulométrico; dureza (carbonato de calcio) por titulación con EDTA; fosfatos, nitratos, nitritos y amonio espectrofotométricamente; sulfatos por el método turbidimétrico; demanda bioquímica de oxígeno (5 días) a través de la modificación de Alsterberg; demanda quí-

mica de oxígeno por el método titulométrico; oxígeno disuelto por la modificación de Alsterberg al método de Winkler, todos ellos según técnicas de métodos standars para el examen de aguas y aguas de desecho, publicado por la American Public Health Association (APHA, AWWA, NPCF) en 1962 y 1981.

Parámetros Biológicos.

La clorofila "a" se cuantificó por el método espectrofotométrico (SCOR/UNESCO, 1964), con los siguientes algoritmos:

$$\text{clor. "a" g/ml} = [(11.64) (\text{DO665}) - (2.26) (\text{DO645}) + (0.1) (\text{DO630})]$$

$$\text{clor. "a" mg/m}^3 = (\text{clor. "a" g/ml}) (\text{vol.Acet.ml}) / \text{vol. de agua filtrada (l.)}$$

Los cálculos de productividad bruta, neta y respiración se realizaron según los algoritmos de Strickland (1962).

— El fitoplancton se recolectó por medio de redes standard de 85 micras (No. 5) de abertura en arrastre de un minuto en contracorriente y fijado con Lugol (velocidad de 26.5 cm/s en promedio).

Posterior a la colecta y transporte de muestras, se procedió a realizar el análisis en el laboratorio, el cual consistió en la cuantificación e identificación del fitoplancton al microscopio invertido de 40x.

La información obtenida se encuentra condensada en tablas y figuras para su adecuado manejo en el análisis tanto de la calidad del agua, como ecológicamente.

Los cálculos y pruebas estadísticas como: valores de tendencia central, matrices de correlación, ANOVA, Índices de abundancia, Simpson, Shannon, de similitud de Sørensen, dominancia y covariabilidad de las variables, son empleados para contrastar las diferencias poblacionales.

RESULTADOS — DISCUSION

Parámetros Abióticos.

La temperatura superficial del agua varió entre 22 y 29°C durante los muestreos realizados en los seis meses de estudio, cifras semejantes a las encontradas en los otros sistemas de latitudes subtropicales de aguas corrientes, observándose los valores más altos en agosto con un promedio de 27.4°C y los más bajos en diciembre con un promedio de 23.2°C (Tabla 1, figura 3). Estas temperaturas son coincidentes con los estudios climáticos de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, en su informe correspondiente a 1970.

Es importante señalar que este factor físico puede verse notoriamente aumentado por influencia de asentamientos humanos asociados al confinamiento de los cuerpos de agua; en especial, este factor en el presente estudio no sobrepasó los límites aceptables ecológicos, ni de calidad (Frankel, 1982, Rodier, 1978 y Anónimo 1975), a pesar de las influencias urbanas e industriales.

La transparencia presentó valores que fluctuaron entre 5 y 80 cm, alcanzando la máxima transparencia en promedio, en marzo (estiaje) y la mínima en septiembre (lluvias) (Tabla 1, figura 3).

La localidad 1 ó Puente de Ixtla mostró en general las más altas transparencias, durante toda la época de estudio, situación obvia dada su ubicación y ausencias poblacionales circundantes; en comparación con las localidades restantes

que se encuentran influenciadas en diverso grado por asentamientos urbanos, escurrimientos agrícolas y otros.

Considerando los porcentajes de penetración de la luz, las localidades más afectadas con materia en suspensión fueron la 5 (Tehuixtla) y la 4 (Estudiante II) con 0.49% y 0.61% en promedio respectivamente, poco menos afectadas, las localidades 2 (Amacuzac) y 3 (Estudiante I) con 3.01% y 4.12% en promedio respectivamente y la localidad 1 (Puente de Ixtla), con 15.6%, siendo la menos afectada.

La velocidad de flujo presentó valores entre 0 y 53 cm/s observándose los máximos en septiembre, de 24.72 cm/s en promedio (lluvias) y mínimos en marzo de 15.64 cm/s en promedio (estiaje) (Tabla 1, figura 3).

Debido a la ubicación de las localidades de muestreo, las velocidades de flujo más altas correspondieron a las localidades 4, 1 y 2, con 29.4 cm/s, 22.05 cm/s y 20.4cm/s en promedio respectivamente y en el caso de la localidad 5, con 11.5 cm/s en promedio, presentando los valores más bajos del porcentaje de transparencia, que pueden verse correspondidos por una afluencia, estancamiento y disminución de las corrientes.

Por consiguiente y mediante los parámetros físicos, de temperatura, transparencia y velocidad de flujo, desde los puntos de vista ecológicos y de calidad, se puede considerar al sistema como no alterado.

El potencial de hidrógeno (pH) osciló entre 2 y 7.5 con una marcada tendencia a la acidez, registrándose los valores más ácidos en septiembre con un promedio de 3.6 (lluvias) y los más neutros en marzo con un promedio de 6.1 (estiaje) (Tabla 2, figura 4).

Es de hacerse notar que las localidades 3 y 5 registraron los valores más ácidos durante todo el estudio, posiblemente justificables en su ubicación y consecuentemente a la época del año.

El registro en promedio más bajo de pH se observó durante la época de lluvias, lo cual pudiera ser explicado por la influencia del Centro Industrial del Valle de Cuernavaca, con la generación de las denominadas lluvias ácidas, que según Wetzell (1980), indica que posibles alteraciones en la capacidad del buffer de los sistemas, que se deben a la adición relativa de ácidos y a los cambios en la composición iónica del hidrógeno y de los bicarbonatos.

Así mismo, el algoritmo de Kruskal-Wallis señala que para los meses de agosto-septiembre y septiembre-noviembre aceptan la H_0 (hipótesis nula), o sea, de una relación no azarosa (Tabla 8).

En cuanto al contenido de bióxido de carbono se registraron variaciones de entre 0 y 83 mg/l, con los máximos en promedio de 33.56 mg/l en octubre (lluvias) y mínimos en agosto, con registros de 7.88 mg/l (Tabla 2, figura 4).

En forma coincidente y justificable desde el punto de vista químico, los valores más altos, correspondieron a los pHs más ácidos. En apoyo a esto, el análisis de ANOVA, señala una aceptación a la H_1 (hipótesis alterna), una relación no azarosa entre pH y bióxido de carbono (Tabla 8).

A pesar de las oscilaciones estacionales (por época) con valores extremos y dentro de lo normal, los parámetros pH y contenido de bióxido de carbono sobrepasaron los límites de potabilidad — cualquier consumo del agua — así como también fuertes restricciones para el desarrollo y aparición de organismos, que puede ser corroborada con la aparición de algunas Diatomeas, con mayor dominancia (Tabla 6). Al respecto, Rodier (1981) compendia varias cifras de pH, según diversas reglamentaciones internacionales, entre 6 y 7.2, aceptables para la vida acuática y de 6.5 a 9.2, como más admisibles para el consumo humano, por otra parte, Frankel (1982) señala que por debajo de pH de 3, es improbable que sobreviva algún pez y que pocas especies de invertebrados pueden encontrarse y así como, ciertas algas.

Tabla 1. Registros físicos mensuales de una fracción del Río Amacuzac.

(Temperatura-Profundidad-Transparencia-Velocidad de flujo)

| | *--Agosto--* | | | | *--Septiembre--* | | | | *--Octubre--* | | | | *--Noviembre--* | | | | *--Diciembre--* | | | | *--Marzo--* | | | |
|------|--------------|----|----|-------|------------------|-----|----|-------|---------------|-----|----|------|-----------------|-----|----|------|-----------------|-----|----|-------|-------------|-----|----|-------|
| | °C | cm | cm | cm/s | °C | cm | cm | cm/s | °C | cm | cm | cm/s | °C | cm | cm | cm/s | °C | cm | cm | cm/s | °C | cm | cm | cm/s |
| EST1 | 27 | 50 | 40 | 17.6 | 27 | 50 | 50 | 26.5 | 25 | 80 | 80 | 17.6 | 23 | 40 | 40 | 26.5 | 22 | 70 | 60 | 26.5 | 23 | 40 | 40 | 17.6 |
| EST2 | 25 | 40 | 10 | 26.5 | 25 | 45 | 10 | 26.5 | 25 | 110 | 20 | 17.6 | 24 | 30 | 30 | 17.6 | 23 | 75 | 20 | 26.5 | 25 | 80 | 25 | 7.57 |
| EST3 | 28 | 15 | 10 | 10.6 | 27 | 20 | 5 | 17.6 | 25 | 60 | 5 | 21.2 | 23 | 40 | 5 | 26.5 | 23 | 30 | 5 | 17.6 | 28 | 20 | 20 | 0 |
| EST4 | 28 | 30 | 10 | 26.5 | 27 | 30 | 5 | 26.5 | 26 | 70 | 5 | 26.5 | 24 | 20 | 5 | 17.6 | 24 | 40 | 10 | 26.5 | 29 | 40 | 20 | 5.3 |
| EST5 | 29 | 80 | 10 | 10.6 | 28 | 140 | 10 | 26.5 | 27 | 70 | 5 | 5.3 | 25 | 100 | 15 | 13.2 | 24 | 100 | 15 | 13.2 | 28.5 | 120 | 60 | 0 |
| Prom | 27.4 | 43 | 16 | 18.36 | 26.8 | 57 | 16 | 24.72 | 25.6 | 78 | 23 | 17.6 | 23.8 | 46 | 19 | 20.3 | 23.2 | 63 | 22 | 22.06 | 26.7 | 60 | 33 | 15.64 |

Tabla 2. Registros químicos mensuales de una fracción del Río Amacuzac.

| | *--Agosto--* | | | | *--Septiembre--* | | | | *--Octubre--* | | | | *--Noviembre--* | | | | *--Diciembre--* | | | | *--Marzo--* | | | |
|------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| mg/l | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ | pH | CO ₂ | CaCO ₃ | SO ₄ |
| EST1 | 2.5 | 4.28 | - | 0.786 | 5 | - | 0.216 | - | 4 | 49.94 | - | 0.76 | 3 | - | 0 | 3.5 | 23.97 | 0.17 | 0.5 | 7.5 | 0 | 0.52 | 1.23 | |
| EST2 | 5.8 | 4.6 | - | 0.101 | 2 | - | 0 | - | 5 | 0 | - | 0.24 | 5.5 | - | 0.17 | 6 | 5.99 | 0 | 0.16 | 6.5 | 59.9 | 0.43 | 0.52 | |
| EST3 | 5 | 6.66 | - | 0.399 | 2 | - | 0.043 | - | 2 | 13.98 | - | 0.17 | 5 | - | 0.24 | 3 | 13.98 | 0.06 | 0.27 | 2.5 | 0 | 0.39 | 0.37 | |
| EST4 | 2.4 | 14.98 | - | 0.137 | 7 | - | 0 | - | 7 | 19.98 | - | 0 | 4.5 | - | 0.76 | 5 | 17.98 | 0.009 | 0.27 | 6.5 | 0 | 0.6 | 0.37 | |
| EST5 | 3 | 8.88 | - | 1.06 | 2 | - | 0.48 | - | 5 | 83.9 | - | 1.19 | 6 | - | 1.19 | 4 | 33.46 | 0.41 | 1.14 | 7.5 | 0 | 1.21 | 2.22 | |
| Prom | 3.74 | 7.88 | - | 0.5 | 3.6 | - | 0.15 | - | 4.6 | 33.56 | - | 0.472 | 4.8 | - | 0.47 | 4.3 | 19.08 | 0.13 | 0.47 | 6.1 | 11.98 | 0.63 | 0.994 | |

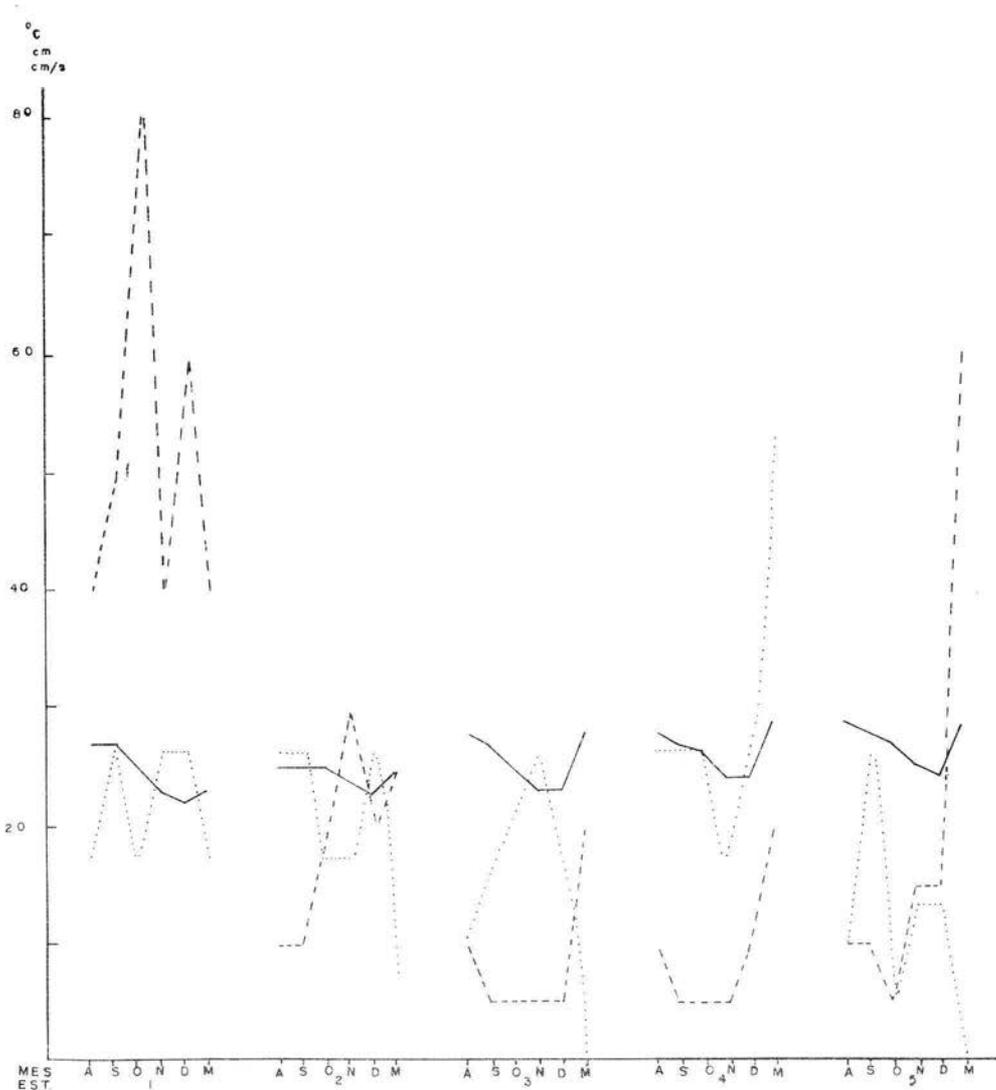


figura 3. Variación mensual de la temperatura (—), la atenuación de la luz (---) y la velocidad de la corriente (...).

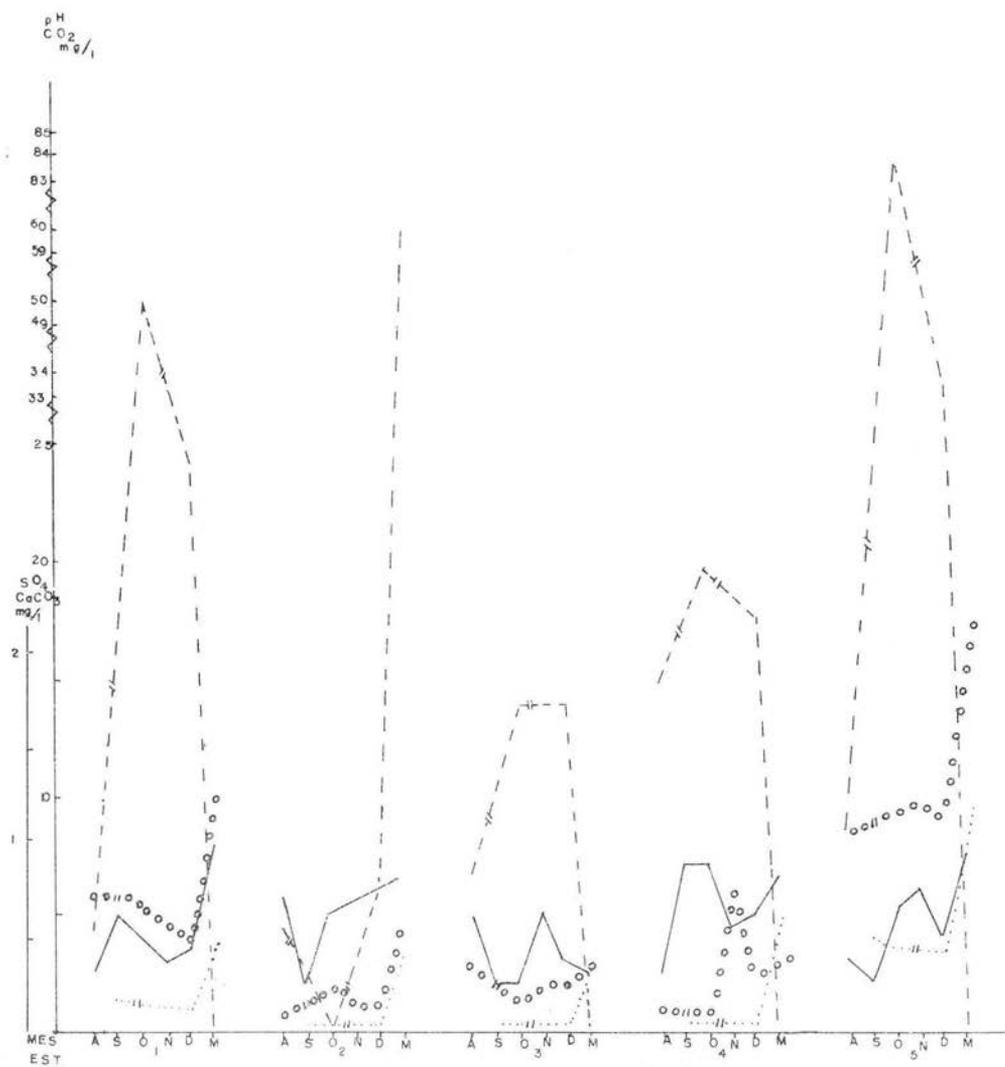


Figura 4. Variación mensual del pH (—), el bióxido de carbono (---), la dureza (....) y los sulfatos (ooo).

Bajo estas condiciones, las cifras registradas de pH, admitirían una diversidad muy reducida, como lo denotaron los índices de abundancia, diversidad y dominancia (Tabla 6).

En lo que se refiere al contenido de bióxido de carbono, Rodier (1978), Wetzel (1980) y Frankel (1982), señalan que dicha concentración no es limitante para el ambiente acuático.

La dureza (expresada como carbonato de calcio) osciló de 0 al 1.21 mg/l, observándose los valores más altos en marzo y los mínimos en diciembre, es de hacerse notar que fue de los parámetros más bajos determinados en este estudio, por lo que su aceptabilidad reglamentaria y ecológica fue obvia (Tabla 2, figura 4).

Por lo que corresponde al contenido de sulfatos, éstos variaron entre 0 y 2.22 mg/l, con el máximo en marzo de 0.994 mg/l en promedio (estiaje) y el mínimo en agosto de 0.5 mg/l en promedio (lluvias) (Tabla 2, figura 4).

La dureza y los sulfatos aumentaron su concentración en marzo (estiaje), probablemente debido a un efecto de concentración de estos parámetros en dicha época.

Desde el punto de vista de la calidad del agua y el medio ambiente ecológico que pudiera sostener, tanto dureza como sulfatos, mostraron cifras por debajo de las aguas dulces, siendo los valores máximos permisibles, de 150 mg/l y 200 mg/l respectivamente (Rodier, 1978 y Frankel, 1982).

Los valores obtenidos en la presente contribución se encuentran dentro de aquellos observados por Bombónna (1977) en el Río Rybi Potok, con 1.03 mg/l de CaCO_3 y 3.21 mg/l de SO_4 ; poco significativos con aquellos registrados por Kazimierz (1979), en el Río Nida, con 11.02 mg/l de CaCO_3 y 34 mg/l de SO_4 .

La matriz de correlación (Tabla 7) y el levantamiento gráfico (figura 8), no mostraron correlación alguna entre los parámetros arriba analizados, sin embargo, la dureza y el bió-

xido de carbono, presentaron una alta correlación puntual ($r=0.91$, $\alpha=0.05$) en el mes de diciembre, posiblemente explicable, porque el primero se encuentra expresado como CaCO_3 y éste se halla en el balance químico del CO_2 . Otra correlación significativa, fue entre la dureza y los sulfatos ($r=0.99$, $\alpha=0.05$) en diciembre, explicable también por definición, dentro del término dureza.

El contenido de nitratos fluctuó entre 0 y $25.85 \mu\text{gat/l}$, con un promedio global de $17 \mu\text{gat/l}$, con máximos en octubre de $22.7 \mu\text{gat/l}$ (lluvias) y el mínimo en marzo de $0.16 \mu\text{gat/l}$ (estiaje) (Tabla 3, figura 5). Dichas cifras son justificables por el aporte, lavado e intemperización de material terrestre y posteriormente aportados al río. Los valores de nitratos mostraron poca diferencia entre las localidades estudiadas y por lo tanto, solo adquirieron significado en su variación estacional.

Kazimierz (1979) en el Río Nida, encontró valores casi tres veces mayores al máximo aquí registrado, así como también, Learner (1983) en el Río Ely de Southwales, observó concentraciones más allá de $140 \mu\text{gat/l}$; estas concentraciones ponen de manifiesto una alta disponibilidad de este nutriente, comparados con el área de estudio; sin embargo, la SRH en sus estudios realizados en 1972-1973, calcularon valores de hasta $88.57 \mu\text{gat/l}$, durante la época de estiaje, lo cual señala una disminución, posiblemente debida a la disponibilidad y al agotamiento temporal, o procesos de nitrificación y desnitrificación.

La concentración de nitritos fue desde indetectable en general, hasta dos valores puntuales de $24.09 \mu\text{gat/l}$ y $14.5 \mu\text{gat/l}$ (lluvias e inicio de estiaje) (Tabla 3, figura 5).

Este parámetro, comparado con lo observado en el Río Rybi Potok, Bombówna (1977) y en aquel registrado en el Río Nida, Kazimierz (1979), puede considerarse semejantes a los aquí observados, a excepción de los máximos referidos.

El contenido de amonio fue en lo general bajo, variando este entre 0 y $0.26 \mu\text{gat/l}$, con sus máximos relativos en otoño,

de 0.19 $\mu\text{gat/l}$; tomando como punto de comparación a los ríos ya señalados, se observó una fuerte pobreza de esta sal nitrogenada: en el Río Rybi Potok (Bombówna, 1977) se registró un máximo de 23.57 $\mu\text{gat/l}$, en el Río Ely (Learner, 1983), un máximo de 278.6 $\mu\text{gat/l}$ y la misma SRH, para el Río Amazac, hace 12 años, señaló cifras de 214.3 $\mu\text{gat/l}$.

Margalef (1977) señala una relación entre el pH y el contenido y calidad de nitrógeno, con aguas ácidas hay una pérdida de elementos nitrogenados, ya que, en estas escasean los fijadores de nitrógeno y los procesos quimiosintéticos, oxidan al amonio y al nitrito, para obtener energía y por otro lado, las Diatomeas, consumen el amonio disponible, y en el presente estudio, se observó dicha situación, el pH mostró una relación inversa con los nitratos ($r = -0.89$, $\alpha = 0.05$), a pesar de que en el mes de noviembre, fue directa ($r = 0.96$, $\alpha = 0.05$).

Dentro del ambiente acuático, el elemento nitrogenado más abundante, son los nitratos, registrándose en la presente contribución una relación inversa entre nitratos y amonio ($r = -0.98$, $\alpha = 0.05$), así también, una relación inversa entre el contenido de oxígeno disuelto y nitratos ($r = -0.91$, $\alpha = 0.05$), ya que los procesos quimiosintéticos requieren de oxígeno para sus procesos de oxidación química de compuestos inorgánicos simples (Margalef, 1977), mismas que se ven apoyadas por el levantamiento gráfico (Fig. 8). El algoritmo ANOVA (Tabla 8) señala una relación no azarosa entre los elementos nitrogenados.

Según el reglamento de calidad de agua potable, indica un valor permisible de 50 mg/l (3571.5 $\mu\text{gat/l}$) para nitratos; un máximo de 0.1 mg/l (7.1 $\mu\text{gat/l}$) para nitritos y de 0.5 mg/l (35.7 $\mu\text{gat/l}$) para el amonio (Rodier, 1980 y Frankel, 1982). Desde el punto de vista ecológico, Margalef (1977), señala que el compuesto más abundante, es el nitrato, sobre los otros elementos nitrogenados, con 0.3 mg/l (21.42 $\mu\text{gat/l}$) en aguas para el sostenimiento de la vida acuática. Las cifras reportadas en este trabajo están por debajo de las establecidas por el reglamento y semejantes a las referidas en otros trabajos desde el punto de vista ecológico.

Tabla 3. Registros químicos mensuales de una fracción del Río Amacuzac.

| | *--Agosto | | | | *--Septiembre | | | | *--Octubre | | | | *--Noviembre | | | | *--Diciembre | | | | *--Marzo | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Est/gat/l | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | PO ₄ |
| EST1 | 0 | 24.09 | - | 0.2 | 18.37 | 0 | 0.2 | - | 24.46 | 0 | 0 | 0.79 | 19.76 | 0 | 0.22 | 0.99 | 5.25 | 14.5 | 0 | 0.69 | 0 | 0 | 0 | 0.79 |
| EST2 | 19.72 | 0.27 | - | 1.1 | 19.76 | 0 | 0.16 | - | 21.97 | 0 | 0 | 0.99 | 24.19 | 0 | 0 | 1.19 | 21.42 | 0 | 0 | 1.09 | 0.84 | 0 | 0 | 1.28 |
| EST3 | 19.99 | 0 | - | 0.4 | 24.19 | 0 | 0.26 | - | 24.19 | 0 | 0 | 1.19 | 21.97 | 0 | 0.19 | 0.79 | 22.52 | 0 | 0 | 0.79 | 0 | 0 | 0 | 1.09 |
| EST4 | 24.09 | 0 | - | 2.7 | 15.06 | 0 | 0.1 | - | 21.97 | 0 | 0 | 1.42 | 22.25 | 0 | 0.16 | 1.48 | 25.85 | 0 | 0 | 1.78 | 0 | 0 | 0 | 1.19 |
| EST5 | 22.73 | 0 | - | 0.7 | 22.25 | 0 | 0.22 | - | 20.9 | 0 | 0 | 1.48 | 24.46 | 0 | 0 | 0.99 | 22.25 | 0 | 0 | 1.09 | 0 | 0.13 | 0 | 0.69 |
| Prom | 17.31 | 4.87 | - | 1.02 | 19.93 | 0 | 0.188 | - | 22.7 | 0 | 0 | 3.73 | 22.53 | 0 | 0.144 | 1.088 | 19.46 | 2.9 | 0 | 1.088 | 0.168 | 0.026 | 0 | 1.008 |

Tabla 4. Registros químicos mensuales de una fracción del Río Amacuzac.

| | *--Agosto | | | *--Septiembre | | | *--Octubre | | | *--Noviembre | | | *--Diciembre | | | *--Marzo | | |
|------|-----------|------|------------------|---------------|-----|------------------|------------|-------|------------------|--------------|-----|------------------|--------------|-------|------------------|----------|-------|------------------|
| mg/l | OD | DQO | DBO ₅ | OD | DQO | DBO ₅ | OD | DQO | DBO ₅ | OD | DQO | DBO ₅ | OD | DQO | DBO ₅ | OD | DQO | DBO ₅ |
| EST1 | 1.29 | 1.44 | 0.51 | 1.86 | - | - | 0.26 | 7.23 | 4.39 | 0.39 | - | - | 0.39 | 2.16 | 2.19 | 2.57 | 0 | 3.75 |
| EST2 | 0.77 | 4.32 | 0 | 1.12 | - | - | 0.26 | 9.04 | 4.39 | 0.39 | - | - | 0.39 | 10.12 | 2.19 | 5.14 | 1.808 | 3.6 |
| EST3 | 0.39 | 0 | 1.54 | 1.49 | - | - | 0.26 | 5.42 | 4.13 | 0.26 | - | - | 0.26 | 20.97 | 2.19 | 11.57 | 1.808 | 3.6 |
| EST4 | 0 | 1.44 | 1.54 | 1.12 | - | - | 0.39 | 10.85 | 4.39 | 0.26 | - | - | 0.39 | 23.87 | 2.31 | 2.57 | 1.808 | 3.6 |
| EST5 | 0.26 | 3.6 | 1.03 | 0.74 | - | - | 0.39 | 3.62 | 3.87 | 0.26 | - | - | 0.26 | 20.87 | 1.41 | 3.47 | 3.616 | 3.5 |
| Prom | 0.542 | 2.16 | 0.924 | 1.27 | - | - | 0.312 | 7.232 | 4.23 | 0.312 | - | - | 0.338 | 15.6 | 2.06 | 5.06 | 1.808 | 3.61 |

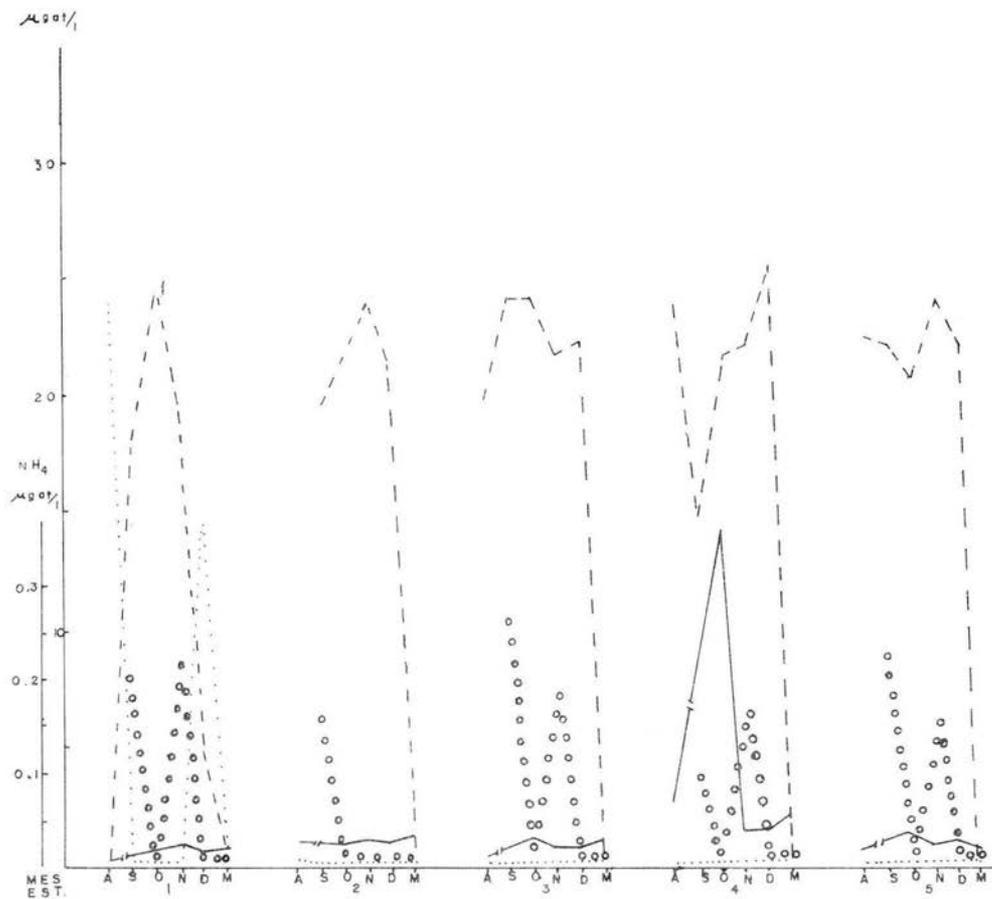


figura 5. Variación mensual de los nitratos (---), los nitritos (...), el amonio (ooo) y los fosfatos (—).

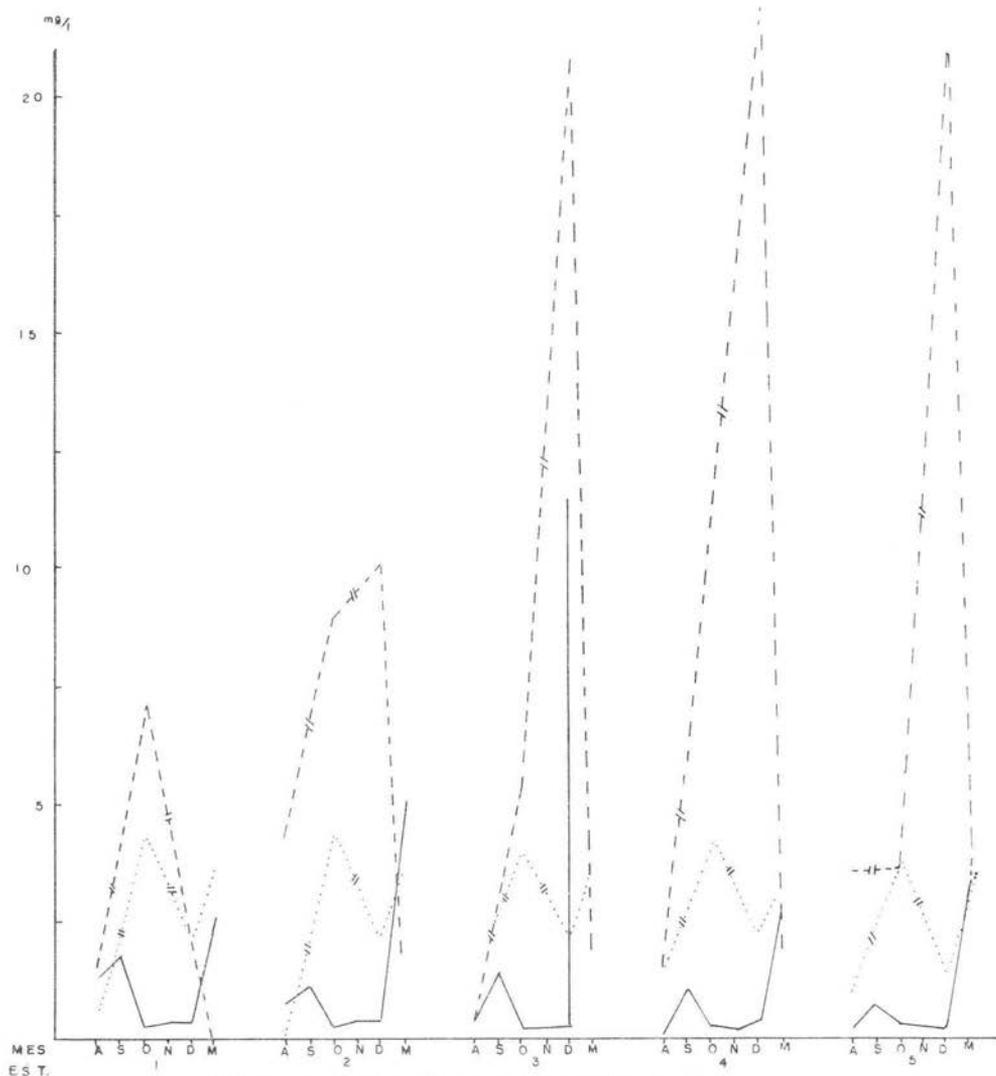


figura 6. Variación mensual de O.D. (—),
de D.Q.O. (---) y de D.B.O.₅ (...).

Los fosfatos variaron entre 0.2 y 14.2 $\mu\text{gat/l}$ con un promedio global de 1.58 $\mu\text{gat/l}$, con valores máximos en octubre de 3.73 $\mu\text{gat/l}$ en promedio (época de lluvias) y los mínimos en marzo de 1.01 $\mu\text{gat/l}$ en promedio (época de estiaje) (Tabla 3, figura 5).

El valor máximo registrado de fosfatos fue inferior a aquellos presentados en el Río Nida de 34.6 $\mu\text{gat/l}$ (Kazimierz, 1979). A pesar de esto, y como ya se mencionó anteriormente, el análisis que llevó a cabo la SRH en 1972-1973 en el Río Amacuzac, se reportaron valores de hasta 122.66 $\mu\text{gat/l}$.

El algoritmo de Kruskal-Wallis indica una relación no azarosa entre elementos nitrogenados y fósforo, probablemente debido a que en la época de lluvias, hay un aumento y entrada de nitrógeno y fosfatos al sistema, como se indicó antes.

Cabe mencionar que la localidad 4 (Estudiante II) mostró las concentraciones más altas de fosfatos, que pudieran ser explicables por la cercanía de campos agrícolas; sin embargo, la localidad 3 (Estudiante I), justamente a 500 metros de distancia, mostró 10 veces menor la concentración de fosfatos, difícilmente explicables, de no ser por un fenómeno muy localizado.

El contenido de oxígeno disuelto varió entre 0 y 5.14 mg/l, con un valor aislado no justificable de 11.57 mg/l. Los máximos fueron registrados durante la época de estiaje, con un promedio de las localidades de 5.06 mg/l y el resto del tiempo en una completa anaerobiosis (0.3 mg/l) (Tabla 4, figura 6).

Dichos registros no son justificables desde el punto de vista climático (que debiera ser así) y posiblemente se deban a algún factor ambiental local. Las concentraciones de oxígeno disuelto, mostraron una fuerte tendencia a la anaerobiosis en general, ya que comparada con el Río Rybi Potok con 9.4 mg/l (Bombówana, 1977), el Río Ely, en Southwales con 9.2 mg/l (Learner, 1983), el Río Nida con 8.82 mg/l (Kazimierz, 1979), resultan ser extremadamente bajas.

No solamente desde el punto de vista de un reglamento de calidad de agua, sino ecológicamente, estos valores son críticos e indican baja depuración acuática y problemas metabólicos para los organismos (Rodier, 1978 y Frankel, 1982).

La condición de anaerobiosis presentó una relación inversa al contenido de nitratos ($r = -0.91$, $\alpha = 0.05$) especialmente registrada en la época de lluvias, justificables desde el punto de vista de las condiciones de óxido-reducción.

Los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) oscilaron entre 0 y 23.87 mg/l, presentando los valores más altos en la época invernal (diciembre) con 15.6 mg/l y en los inicios de primavera (marzo), las cifras más bajas con 1.81 mg/l (Tabla 4, figura 6).

Desde el punto de vista de una reglamentación, la calidad del agua de la fracción del río estudiada difícilmente puede ser calificada, debido a la oscilación o variación estacional, sin embargo, aún considerando el valor más alto, como aquel registrado en la localidad 4 (23.87 mg/l), es apenas dos veces mayor que lo registrado en los reglamentos de potabilidad, que es de 10 mg/l (Rodier, 1978 y Frankel, 1982).

Por otra parte, desde el punto de vista ecológico, puede también, no tener significado, ya que puede interpretarse como bajo contenido de materia orgánica, que en ambientes costeros puede alcanzar cifras más allá de 100 mg/l.

Es importante hacer notar que las cargas urbanas o industriales, no modifican aparentemente la calidad del agua con aportes de materiales oxidables, comparativamente con aquellos registrados en el informe de la SRH (1972-1973), que presenta valores de 86 mg/l, los valores aquí registrados son bajos, posiblemente debido al cambio de los niveles de descargas urbanas e industriales, a la época del año y a las actividades humanas.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mostró variaciones entre 0 y 4.4 mg/l, con sus máximos en octubre (lluvias) con un promedio de 4.23 mg/l y los mínimos en agosto

(lluvias) con un promedio de 0.92 mg/l, a semejanza de la demanda química de oxígeno, estos valores están por debajo del límite permisible de un reglamento y desde el punto de vista ecológico, puede ser interpretado como escasas fuentes energéticas y por lo tanto, poblaciones heterotróficas (Margalef, 1977).

Comparado con otros sistemas de aguas corrientes, como el Río Rybi Potok (Bombówna, 1977) y Río Nida (Kazimierz, 1979), estos valores son muy semejantes.

Es importante señalar que nuevamente correspondió a la localidad 4 (Estudiante II) los valores más altos de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, a pesar de no sobrepasar los límites ya señalados.

La oxidación química y la oxidación biológica, mantuvieron una relación directa durante octubre ($r=0.88$, $\alpha=0.05$) e indirecta en marzo ($r=-0.99$, $\alpha=0.05$), lo cual puede manifestar cargas de materiales de naturaleza distinta, pero por sus bajos niveles de escaso significado.

En la Tabla 7 se señalan las correlaciones de mayor significancia y que tienen una justificación química no azarosa; dentro de las cuales están, la del amonio y los nitratos en septiembre ($r=0.93$, $\alpha=0.05$) e inversa en noviembre ($r=-0.94$, $\alpha=0.05$), la DQO con la DBO₅ mostraron una relación directa en octubre ($r=0.88$, $\alpha=0.05$) e inversa en marzo ($r=-0.99$, $\alpha=0.05$), indicando esto algunas posibles aleatoriedades en el manejo de las técnicas de muestreo/análisis o en la naturaleza propia del sistema.

Parámetros Bióticos.

En cuanto al contenido de clorofila "a", ésta mantuvo límites entre 0.04 y 5.6 mg/m³, con sus máximos en septiembre de 3.93 mg/m³ en promedio (época de lluvias) y el mínimo de 0.93 mg/m³ en promedio, en marzo (época de estiaje).

Este parámetro tiene una interpretación puramente ecológica, y se puede considerar que los valores otoñales son altos

comparados con aquellos registrados en lagunas costeras, como aquel obtenido en Laguna de Mandinga, Veracruz, de 5.12 mg/m^3 (Luna, 1982).

Los valores altos registrados tienen poca congruencia con la biomasa obtenida y esto pudiera ser debido a altas cargas de material de otra naturaleza y extraíbles por el solvente químico usado en la técnica de evaluación.

Los cálculos de Productividad Bruta aportaron valores de 0 a $12.6 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$, con los máximos en marzo de $100.8 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en promedio (estiaje) y mínimos en invierno con $1.26 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en promedio.

La productividad Neta en todos los meses señaló valores negativos, a excepción de diciembre, que en la localidad 5, se obtuvo un valor de $12.6 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ y como en la Productividad Bruta, los máximos en marzo con $239.5 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en promedio.

Para la Respiración se calcularon valores entre 0 y $68.06 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$, que al igual que los otros parámetros, en marzo se alcanzaron cifras de $199 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en promedio.

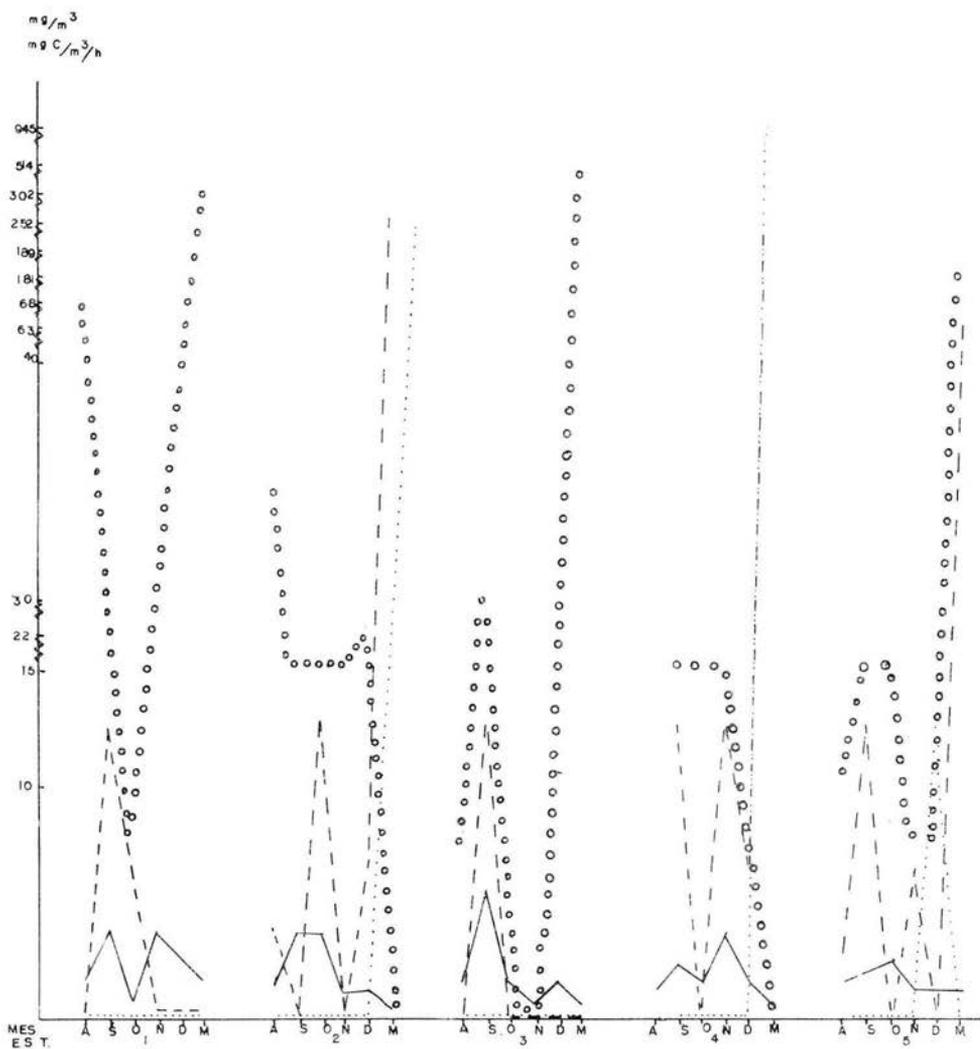
Es importante señalar que la Productividad Bruta, Neta y Respiración presentaron valores altos en marzo, época posiblemente más favorable, como se ha señalado anteriormente, a través de los parámetros físico-químicos o de calidad y además, son elevados para un sistema de aguas corrientes, pero comparables con aquellos registrados por González (1984) en el Lago del Sol.

Por otra parte, es conveniente mencionar que la técnica de botellas claras y oscuras sobreestiman la productividad de los sistemas. Al respecto se puede señalar que González encontró que la producción a través de esta metodología, fue en promedio 8,000 veces mayor que la obtenida por el método de carbono radiactivo (C^{14}), lo cual pone de manifiesto, que los valores aquí registrados pudieran estar sobreestimados y deberse posiblemente a la quimiosíntesis, fotólisis, fotooxidación, entre otros.

Tabla 5. Registros biológicos mensuales de una fracción del Río Amacuzac.

(Clorofila "a", mg/m³ -Productividad Primaria, mgC/m³/h -Bruta-Neta-Respiración)

| EST | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Marzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | 1.469 | 0 | 6806 | 3973 | 126 | 0 | 3025 | 0,542 | 6,3 | 0 | 7,56 | 3,97 | 0 | 0 | 15,13 | 2,25 | 0 | 0 | 36,25 | 1,71 | 0 | 0 | 302,5 | |
| 2 | 1,31 | 3,78 | 0 | 3479 | 3,7 | 0 | 15,125 | 3,666 | 12,6 | 0 | 15,13 | 1,03 | 0 | 0 | 15,13 | 1,2 | 6,3 | 0 | 22,69 | 0,41 | 252,1 | 252,1 | 0 | 0 |
| 3 | 1,518 | 0 | 0 | 7,56 | 5,642 | 12,6 | 0 | 3025 | 1,62 | 0 | 0 | 0,72 | 0 | 0 | 0 | 1,17 | 0 | 0 | 6,05 | 0,61 | 0 | 0 | 514,25 | |
| 4 | 1,314 | 12,6 | - | 242 | 12,6 | 0 | 15,125 | 1,66 | 0 | 0 | 15,13 | 3,72 | 12,6 | 0 | 15,13 | 1,7 | 6,3 | 0 | 7,56 | 0,71 | 189,1 | 945,3 | 0 | 0 |
| 5 | 1,758 | 2,52 | 0 | 10,59 | - | 12,6 | 0 | 15,125 | 2,59 | 0 | 0 | 15,13 | 1,17 | 6,3 | 0 | 7,56 | 1,2 | 0 | 12,6 | 7,56 | 1,21 | 63,02 | 0 | 181,5 |
| \bar{x} | 1,474 | 3,78 | 0 | 3025 | 3,934 | 10,1 | 0 | 21,175 | 2,016 | 3,78 | 0 | 10,59 | 2,12 | 3,78 | 0 | 10,59 | 1,7 | 1,3 | 0,13 | 16,02 | 0,93 | 100,8 | 239,5 | 199,7 |



Así mismo, algunos autores mencionan la frecuencia de valores negativos de la Productividad Neta, Bruta y Respiración, debidos a la presencia de organismos heterótrofos, quimiosintéticos, así como, a la fotooxidación a altas intensidades de luz (Vollenweider, 1974).

En la Tabla No. 7 se presentan las correlaciones principales y significativas entre los parámetros bióticos y abióticos, bajo estos análisis, el mes de condiciones más favorables fue marzo (estiaje), existiendo la mayor penetración de la luz; disminución en el flujo de corriente; tendencia del pH a la neutralidad; disminución en el contenido de sales biogénicas (NO_3 y PO_4) por posible consumo; un incremento detectable en el contenido de oxígeno disuelto; y es en este mes, donde se disparan los valores de productividad primaria, sucediendo en general, lo contrario en la época de lluvias.

Esta condición fue apoyada por los algoritmos de Kruskal-Wallis (Tabla 8), matriz de correlación (Tabla 7) y levantamiento gráfico específico (Fig. 8).

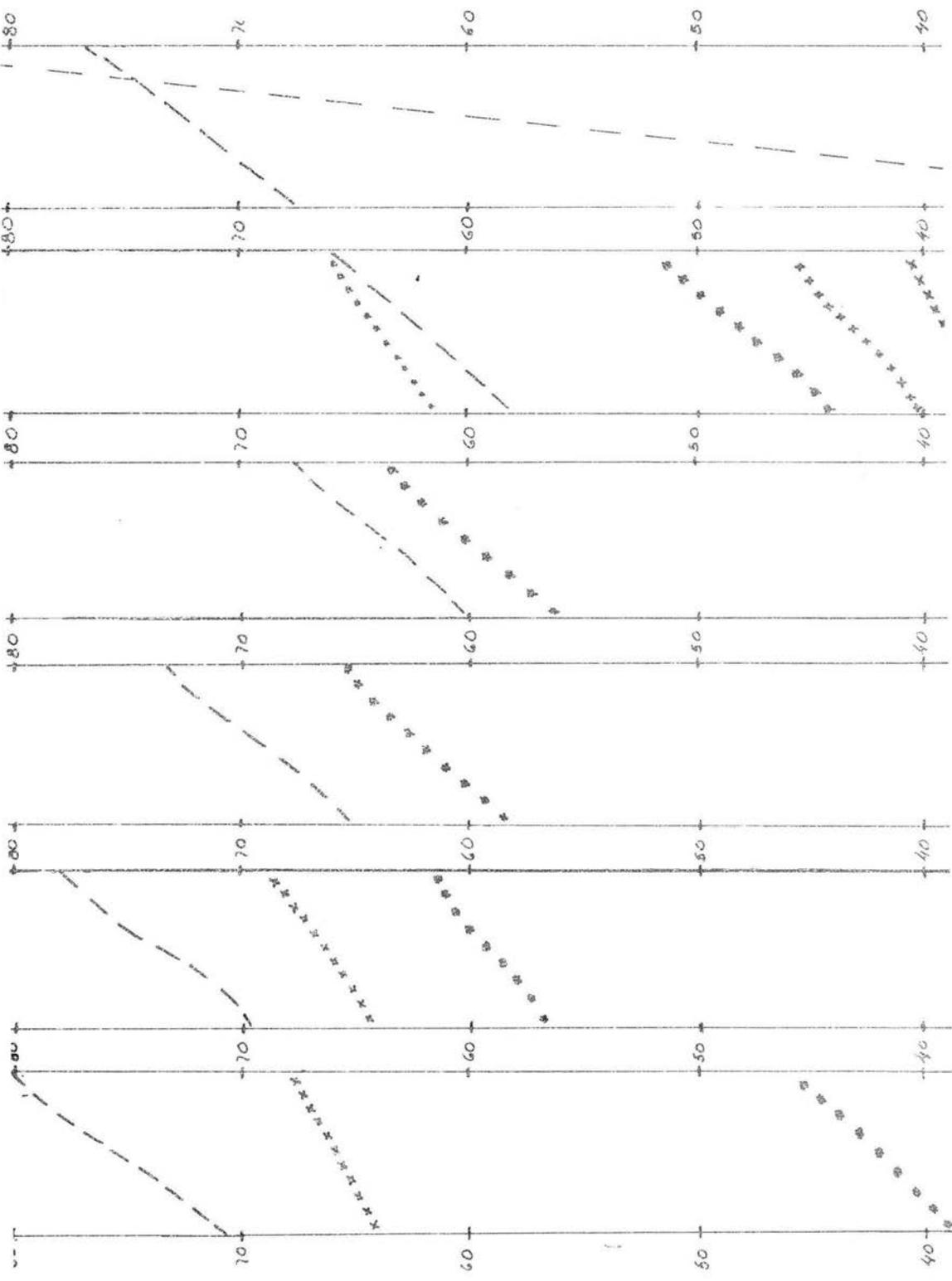
Dicha situación parece ser congruente con los florecimientos primaverales; sin embargo, dada la época de estiaje y la consecuente concentración de compuestos en el agua, deberían haberse registrado las condiciones más inadecuadas.

Por otra parte, puede significar que en la época de lluvias, los escurrimientos aportan más materiales provenientes de los centros urbanos e industriales.

El levantamiento gráfico de Andrews, aplicado por primera vez en un trabajo ecológico, señala dos grandes grupos; aquellos parámetros que no presentan una relación entre ellos mismos, como: respiración, nitratos, temperatura principalmente. Margalef (1977) indica que la respiración es la medida de la utilización de la energía (metabolismo) y que los nitratos, son un producto del proceso de oxidación, donde se consume oxígeno y ya que el sistema bajo estudio presenta una alta acidez y anaerobiosis, esto señala una alteración ecológica y de calidad de la fracción del Río Amacuzac analizada.

Figura 8.

Un método de graficación de más de dos dimensiones, donde cada punto $x = (x_1, \dots, x_K)$, es mapeado dentro de la función: $f_x(t) = x_1/2^{1/2} + x_2 \cdot \text{sen } t + x_3 \cdot \text{cos } t + x_4 \cdot \text{sen } 2t + x_5 \cdot \text{cos } 2t + \dots$ y la función es graficada en el rango $-\pi < t < \pi$ y el asentamiento de puntos se manifiesta como un asentamiento de líneas entrecruzadas en la gráfica. Y así, puntos cerrados aparecen como funciones cerradas y puntos distantes como funciones distantes, determinado por el coeficiente $1/2^{1/2}$ y restringido con la integración de t ; y así, cada banda representa un racimo de puntos.



AGOSTO

SEPTIEMBRE

OCTUBRE

NOVIEMBRE

DICIEMBRE

ENERO

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

910

905

905

136

130

100

90

28
29
30
31
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Por otro lado, aquellos parámetros que sí interactúan entre sí, como; los fosfatos, los sulfatos, el oxígeno disuelto, la Productividad Bruta y los pigmentos fotosintéticos (clorofila "a"), principalmente. Odum (1971), indica ciertas relaciones importantes como que los fosfatos y sulfatos, y la concentración de clorofila, limitan la productividad primaria de las aguas, así como, que las sales disueltas como los **sulfatos** y **fosfatos** afectan el contenido de oxígeno en las aguas corrientes, señalando con esto, que el sistema, con respecto a la acidez y anaerobiosis, se encuentra alterado desde los puntos de vista ecológico y de calidad del agua.

Puede considerarse de gran utilidad esta técnica, para aplicarse en el análisis de sistemas biótico-abióticos, ya que es una herramienta que indica relaciones globales en forma gráfica, que la matriz de correlación no señala, a la vez que, en la misma gráfica, se observan y apoyan las relaciones obtenidas en los algoritmos de Kruskal-Wallis y ANOVA, utilizados en este trabajo.

En lo que respecta a los organismos fitoplanctónicos, en el presente estudio, se registraron un total de 1508 individuos en los seis meses de muestreo, observándose en marzo, la mayor cantidad de células cuantificadas (485) y en diciembre el menor número (126), siendo la localidad 2 (Amacuzac) donde se presentaron la mayor cantidad de individuos (616) y en la 5 (Tehuixtla), la cifra menor (158). Se identificaron 26 géneros, en los cuales, **Navicula** fue el más numeroso, **Anayctis** y **Cocconeis** y que en la presente contribución, se encontró que fueron las dominantes, acorde al índice de dominancia, como se señala en la Tabla 6, perteneciendo (estos géneros) al grupo de las Diatomeas.

Algunos autores (Cairns, 1974, Cole, 1975, Hutchinson, 1976 y Needham, 1978), indican que ciertas especies de organismos pueden ser indicadores biológicos de agua potable o contaminada, Frankel (1982) indica que las Diatomeas pueden sobrevivir a un pH de 4.5.

Con respecto al índice de abundancia, marzo registró el máximo valor de 32.2 (época de estiaje) y que concuerda con la aparente normalización de los parámetros físicos-químicos y el mínimo de 12.69, fue en septiembre (época de lluvias).

Por otra parte la abundancia global fue de 60.31 (Tabla 6). que según la escala convencional de 5 grados (Margalef, 1977), la abundancia registrada en este trabajo es de medianamente numerosa.

Ponce (1982), encontró valores del índice de Shannon y Simpson, en los estanques temporales de 3.7 Bits/individuo en promedio que es 1.4 veces mayor que los registrados en este estudio, siendo la mayor diversidad en base a índices conocidos, se registró en primavera (marzo), I. de Simpson (1.8 Bits/Ind.) e I. de Shannon (2.63 Bits/Ind.) y verano (agosto), I. de Simpson (1.97 Bits/Ind.) e I. de Shannon (2.65 Bits/Ind.) y la menor diversidad en otoño, I. de Simpson (2.6 Bits/Ind.) e I. de Shannon (1.9 Bits/Ind.), como se señala en la Tabla 6.

En la época de estiaje (marzo), donde los parámetros físico-químicos aparentemente se normalizaron (como antes se indicó), se encontró el máximo número de células, la mayor abundancia, la mayor diversidad de Shannon y Simpson, sucediendo lo contrario, en la época de lluvias, debido probablemente a la fuerte acidez del sistema (4.5) y a la disminución marcada de oxígeno disuelto (0.3 mg/l).

Los valores obtenidos por el índice de similitud de Sörensen (Tabla 9), indican que las localidades con mayor porcentaje de similitud, fueron:

La 2 con las otras localidades, en especial con la 3; por otra parte la 4, no presentó similitud con la mayoría de las localidades. Es importante señalar que la localidad 2 fue la que mostró menores oscilaciones en sus características físico-químicas y una aparente mayor estabilidad biótica.

Basándose en la acidez del sistema, pobre contenido de oxígeno disuelto, principalmente y sus características bióticas, bajo los reglamentos de calidad de las aguas (SARH, 1975 y Frankel, 1982), se encontró que la fracción del Río Amacuzac estudiada, no es recomendable para el uso de sus aguas como suministro de agua potable, (según los reglamentos señalados para la salud pública), ni tampoco es adecuada desde el punto de vista ecológico para el sostenimiento de la vida acuática (Cairns, 1974, Cole, 1975, Hutchinson, 1976 y Frankel, 1982).

Tabla 6. Variación mensual de organismos fitoplanctónicos por géneros e índices de abundancia, diversidad y dominancia, de una fracción del Río Amacuzac.

| MES | AGOSTO | | | | | SEPTIEMBRE | | | | | OCTUBRE | | | | | NOVIEMBRE | | | | | DICIEMBRE | | | | | MARZO | | | | | Total | | | | | | |
|-------------------|--------|----|-------|----|----|------------|----|----|-------|---|---------|-----|---|----|-------|-----------|----|-----|----|-----|-----------|----|----|-----|----|-------|-------|---|---|-----|-------|-----|------|----|---|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | T |
| DIATOMEAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Navicula | 61 | 30 | 39 | 27 | 16 | 173 | 41 | 19 | 0 | 0 | 10 | 70 | 0 | 42 | 0 | 0 | 3 | 45 | 24 | 85 | 11 | 13 | 28 | 161 | 23 | 33 | 22 | 0 | 0 | 78 | 30 | 120 | 70 | 0 | 0 | 220 | 747 |
| Cocconeis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 5 | 6 | 5 | 23 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 9 | 13 | 15 | 16 | 25 | 0 | 69 | 109 |
| Cymatopleura | 0 | 3 | 2 | 6 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 2 | 4 | 1 | 18 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 1 | 7 | 8 | 10 | 0 | 26 | 64 |
| Gomphonema | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 2 | 6 | 0 | 0 | 9 | 11 | 8 | 7 | 10 | 0 | 36 | 62 |
| Pleuxosigma | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 4 | 0 | 7 | 2 | 13 | 2 | 1 | 5 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 46 |
| Stephanodiscus | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 6 | 1 | 8 | 0 | 15 | 0 | 24 | 44 |
| Diatoma | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 12 | 0 | 18 | 29 |
| Synedra | 4 | 1 | 2 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| Tabelaria | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 16 |
| Cymbela | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 11 |
| Gyrosigma | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Algas Azul-verdes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anacytis | 0 | 31 | 11 | 20 | 5 | 67 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 148 |
| Nostoc | 0 | 2 | 15 | 3 | 0 | 20 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 63 |
| Oscillatoria | 9 | 0 | 0 | 2 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| Chamaesiphon | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Anabaena | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Agmenellum | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Algas Verdes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ankistrodemus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 12 | 11 | 0 | 53 | 56 |
| Closterium | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 | 10 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 30 |
| Ulothrix | 10 | 3 | 2 | 1 | 1 | 17 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 26 |
| Spirogyra | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Microspora | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Zygnema | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Genicularia | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Tribonema | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| Total | 102 | 80 | 76 | 66 | 28 | 352 | 59 | 87 | 5 | 0 | 14 | 165 | 0 | 59 | 0 | 7 | 72 | 138 | 43 | 112 | 23 | 24 | 43 | 245 | 30 | 56 | 39 | 0 | 0 | 125 | 61 | 222 | 118 | 83 | 1 | 485 | 1508 |
| No. especies | 10 | 9 | 10 | 11 | 9 | | 8 | 7 | 1 | 0 | 4 | | 0 | 7 | 0 | 1 | 5 | | 8 | 10 | 4 | 4 | 7 | | 5 | 8 | 7 | 0 | 0 | | 9 | 12 | 6 | 6 | 0 | | 26 |
| I. Abundancia | | | 19.55 | | | | | | 12.69 | | | | | | 15.33 | | | | | | 22.27 | | | | | | 13.88 | | | | | | 32.2 | | | | 60.31 |
| I. Simpson | | | 1.8 | | | | | | 1.97 | | | | | | 2.69 | | | | | | 2.65 | | | | | | 2.66 | | | | | | 1.97 | | | | 1.896 |
| I. Shannon | | | 2.63 | | | | | | 2.54 | | | | | | 1.95 | | | | | | 1.92 | | | | | | 2.03 | | | | | | 2.65 | | | | 2.97 |
| Dominancia | | | 2.03 | | | | | | 2.36 | | | | | | 2.12 | | | | | | 1.52 | | | | | | 1.6 | | | | | | 2.2 | | | | 2.02 |

Tabla 7. Matriz de Indices de Correlación entre los factores analizados en una fracción del Río Amacuzac.

| ---Agosto---* | Septiembre---- | *---Octubre---- | *---Noviembre---- | *---Diciembre---- | *---Marzo-----* |
|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Clorofila a | Clorofila a | Prod Bruta | Prod Neta | Clorofila a | Clorofila a |
| SO ₄ 0.9 | NH ₄ 0.98 | Prof 0.96 | DO -1 | NO ₂ 0.88 | PO ₄ -0.87 |
| vel. -0.88 | NO ₄ 0.97 | Prod Neta | Amonio | Prod Bruta | Prod Bruta |
| Prod Bruta | Prod Bruta | DO -1 | NO ₃ -0.94 | CaCO ₃ -0.93 | Resp -0.89 |
| CO ₂ 0.88 | Temp 0.92 | Temp -0.92 | DO | SO ₄ -0.89 | Prod Neta |
| PO ₄ 0.99 | Respiración | Respiración | Luz 0.94 | Prod Neña | vel 0.92 |
| Prod Neta | DO 0.88 | pH 0.89 | Nitratos | DOO 0.87 | Dureza |
| Resp -0.99 | Dureza | DOO | pH 0.96 | Temp 0.93 | SO ₄ 0.87 |
| DO -0.99 | Prof 0.93 | DBO ₅ 0.88 | Velocidad | Respiración | NO ₄ 0.97 |
| NO ₂ -0.93 | Amonio | vel ₅ -0.99 | Temp -0.98 | DQO -0.98 | LuZ ₂ 0.87 |
| NO ₂ 0.95 | NO ₃ 0.93 | Sulfatos | | Luz 0.89 | DOO |
| LuZ ₃ -0.93 | Nitratos ₃ | CO ₂ 0.92 | | Dureza | DBO ₅ -0.99 |
| Respiración | pH -0.89 | vel -0.92 | | DBO ₅ -0.93 | Sulfatos ₅ |
| DO 0.99 | | DO | | SO ₄ 0.99 | NO ₂ 0.9 |
| NO ₂ 0.9 | | Temp 0.92 | | CO ₂ 0.91 | PO ₄ -0.92 |
| NO ₃ -0.92 | | | | DOO | LuZ ₄ 0.99 |
| LuZ ₃ -0.9 | | | | NO ₃ 0.89 | DO |
| DO | | | | Temp 0.88 | pH -0.96 |
| NO ₃ -0.91 | | | | LuZ -0.9 | Nitritos |
| Nitritos ₃ | | | | DBO ₅ | LuZ 0.88 |
| NO ₃ -0.98 | | | | SO ₄ -0.95 | Fosfatos |
| LuZ ₂ -0.99 | | | | Sulfatos ₅ | LuZ -0.89 |
| Nitratos | | | | CO ₂ 0.92 | |
| LuZ -0.98 | | | | DO | |
| | | | | vel 0.97 | |
| | | | | Nitritos | |
| | | | | NO ₃ -0.98 | |
| | | | | Nitratos ₃ | |
| | | | | LuZ -0.97 | |

Tabla 8. Registros Estadísticos de relación paramétrica y temporal.

Kruskal-Wallis

(dos colas, 0.02)

H₀: distribución igual

H₁: distribución al azar

ANOVA

F_{tabla} = 0.95

H₀: poblaciones iguales, diferencia al azar

H₁: diferencia no azarosa

| | | | | |
|------------|-------------|-----|-----|----------------|
| Agosto | -Septiembre | 82 | 74 | H ₀ |
| | -Octubre | 99 | 122 | H ₁ |
| | -Noviembre | 78 | 94 | H ₁ |
| | -Diciembre | 120 | 122 | H ₁ |
| Septiembre | -Marzo | 108 | 122 | H ₁ |
| | -Octubre | 67 | 82 | H ₁ |
| | -Noviembre | 71 | 62 | H ₀ |
| | -Diciembre | 80 | 82 | H ₁ |
| Octubre | -Marzo | 70 | 82 | H ₁ |
| | -Noviembre | 35 | 102 | H ₁ |
| | -Diciembre | 65 | 132 | H ₁ |
| | -Marzo | 84 | 132 | H ₁ |
| Noviembre | -Diciembre | 56 | 102 | H ₁ |
| | -Marzo | 69 | 102 | H ₁ |
| Diciembre | -Marzo | 98 | 132 | H ₁ |

MESES

U

U_{TAB.}

Clorofila "a"

Prod. Bruta

3/20

0.5147

3.1

H₀

Prod. Neta

Respiración

pH

Temperatura

CO₂

3/17

31.7

3.2

H₁

SO₄

NH₄

NO₂

NO₃

3/18

17.38

3.16

H₁

PO₄

DO

DQO

2/11

2.65

3.98

H₀

DBO₅

Parámetro

G.L.

F

F_{TAB.}

Tabla 9. Índice de Similitud de Sørensen entre las localidades de la fracción del Río Amacuzac analizado.

| Localidad | | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Marzo |
|-----------|----|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| 1 | -2 | 52.6% | 40% | 0% | 78% | 62% | 57% |
| | -3 | 60 | 22 | 0 | 67 | 50 | 53 |
| | -4 | 48 | 0 | 0 | 67 | 0 | 53 |
| | -5 | 42 | 33 | 0 | 93 | 0 | 0 |
| 2 | -3 | 84 | 25 | 0 | 57 | 93 | 67 |
| | -4 | 70 | 0 | 25 | 57 | 0 | 67 |
| | -5 | 55 | 37 | 50 | 71 | 0 | 0 |
| 3 | -4 | 76 | 0 | 0 | 75 | 0 | 83 |
| | -5 | 63 | 0 | 0 | 72 | 0 | 0 |
| 4 | -5 | 60 | 0 | 33 | 55 | 0 | 0 |

Tabla 10. Normas internacionales para los parámetros fisicoquímicos presentes en el agua potable (Rodier, 1978 y Frankel, 1982).

| ELEMENTO | CONCENTRACION ADMISIBLE | | ELEMENTO | CONCENTRACION ADMISIBLE | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------|------------------|-------------------------|-----------|
| | Frankel | Rodier | | Frankel | Rodier |
| Temperatura | < 25°C | 9-15°C | Amoniaco | 0.05-0.5 mg/l | 0.05 mg/l |
| pH | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | Fósforo | 0.3 mg/l | 1 mg/l |
| Bióxido de Carbono | --- | 10 mg/l | Oxígeno Disuelto | 5 mg/l | 5 mg/l |
| Dureza (CaCO ₃) | 100-500 mg/l | 150-500 mg/l | Sulfato | 250 mg/l | 250 mg/l |
| Nitrato | 50 mg/l | 50 mg/l | DQO | --- | 10 mg/l |
| Nitrito | 0.1 mg/l | 0.1 mg/l | DBO ₅ | 50% OD | 4 mg/l |

CONCLUSIONES

De los parámetros físicoquímicos analizados, los que sobrepasan los límites permisibles de un reglamento de calidad de las aguas, fueron la acidez (4.5 en promedio), bióxido de carbono (18.1 mg/l) y oxígeno disuelto (1.3 mg/l en promedio).

Bajo dichas características y según los reglamentos establecidos actualmente, nacionales e internacionales, el agua del Río Amacuzac pudiera ser empleada con fines de uso industrial, exclusivamente.

La calidad ambiental de la fracción del Río Amacuzac estudiada, presenta fuertes restricciones abióticas para el sostenimiento de la vida acuática (fitoplancton), pudiéndose considerar como ecológicamente alterado, considerando los siguientes niveles tróficos.

A pesar de que existe una relativa recuperación de la comunidad durante el estiaje (marzo), los índices de diversidad y abundancia, señalaron una pobreza biótica (fitoplancton), lo cual apoya a lo anteriormente concluido.

Se registró una escasa variación temporal de los parámetros físico-químicos que determinan la calidad del agua que lleva a concluir en lo general, la pobre depuración del sistema.

El empleo de herramientas estadísticas, ofrecieron un apoyo significativo en la interpretación de los resultados y calificación del sistema. El uso de la técnica de graficación de Andrews, empleada por primera vez en un estudio de esta naturaleza, indicó más adecuadamente las relaciones globales entre los parámetros abióticos y bióticos que una matriz de correlación múltiple.

BIBLIOGRAFIA

- Andrews, D. F. 1972, Plots of high-dimensional data. **Biometrics** 28:125-136.
- Arredondo, J. L., Hernández, A., Ochoa, R. M. y Ponce, J. 1982, Aplicaciones de Técnicas del Análisis multivariado en el estudio de embalses temporales, **Inst. de Inv. en Mat. Apl. y en Sist.** UNAM, México, 36 p.
- Arredondo, J. L. y Aguilar D., C. 1983-1984, Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas, realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en la Ictiofauna. En prensa.
- Bardach, J. 1966, **Historia Natural de los Ríos.** Ed. Letras, S. A., México, 120 p.
- Bombówna, M. 1977, Biocenosis of a high montain stream-under the influence of Tourism. I. Chemism of the Rybi Potok waters and the chlorophyll content in attached algae and seston in relation to the pollution. **Acta Hydrobiol** 19-3:243-255.
- Bonet, E. y Gómez Larrañeta, M. 1970, Processus stochastiques, stationnaires et périodiques, et analyse de cycles. **Investigación Pesquera** 34:23-33.
- Bueno, A. y Santiago, S. 1979, Los Insectos Acuáticos. **Naturaleza** 10-2:103-106 UNAM, México.
- Bueno, S. J. 1981, Consideraciones preliminares sobre la Ecología de los Insectos Acuáticos del Río Lerma. **An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.** 8-1:175-182 UNAM, México.
- Cairns, J. Jr. 1974, Indicator species vs the concept of community structure as an Index of Pollution. **Water Resources Bulletin** 10-2:338-347.

- Carignan, R. y Kalff, J. 1982, Phosphorus release by submerged macrophytes: significance to epiphyton and phytoplankton. **Limnol. Oceanogr.** 27-3:419-427.
- Cole, G. A. 1975, **Textbook of limnology** The C. K. Mosby Company Saint Louis 283 p.
- Collienne, R. H. 1983, Photoreduction of Iron in the Epilimnion of Acidic Lakes. **Limnol. Oceanogr.** 28-1:83-100.
- † Cortés, A. R. y Pastén, M. N. 1982, Composición, Abundancia y distribución del Fitoplanctón del Estero Urías, Sin. México I Período primavera 1980. **Rev. Lat. Amer. Microbiol** 24:103-114.
- Dixon-Massey 1980, **Introducción al Análisis Estadístico** Ed. McGraw-Hill. México.
- Edwards, R. W. y Garrod, D. J. 1972, Conservation and Productivity of Natural Waters. **Simposia of the Zoological Society of London**, 29.
- Egloff, D. y Brakel, W. H. 1973, Stream Pollution and a simplified Diversity Index. **Journal WPCF** 45-11:2269-2275.
- † Frankel, M. 1982, **Manual de Anticontaminación**. Fondo de Cultura Económica. México.
- González V., R. 1984, Estudio de la Productividad Primaria del "Lago El Sol", en el Volcán Nevado de Toluca, Edo. de México. **Fac. de Ciencias UNAM**.
- García, E. 1973, **Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de KÖPPEN** (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) UNAM, México. 246 pp.
- Geoffrey Fryer. 1980, Acidity and Species Diversity in Freshwater Crustacean Faunas. **Freshwater Biology** 10:41-45.
- Hart, C. W. y Fuller, S. L. H. 1974, **Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates**. Academic Press N. Y.
- Hilsenhoff, W. L. 1977, Use of Arthropods to Evaluate Water Quality of Streams. **Tecnical Bulletin** 100:1-15 USA.
- Hutchinson, G. E. 1976, **Altreatise on Limnology** vol. 1 part. 2. John Wiley-son N. Y. 306-354.

- Kazimierz Pasternak. 1979. Chemism of the River Nida Water and some relations between its bacteriological and chemical features. **Acta Hydrobiol** 21-4:361-395.
- Kjall Danell - Ake Andersson. 1982, Dry weight loss and colonization of Plant litter by Macroinvertebrates; Plant species and lake types compared **Hydrobiologia** 94:91-96.
- Learner, M. S., Densem, J. W. y Iles, T. C. 1983, A comparison of some classification methods used to determine benthic Macroinvertebrated species associations in River Survey work based on data obtained from the River Ely, South Wales. **Freshwater Biology** 13:13-36.
- Luck, W. 1974, **Structure of water and Aqueous solutions** (the Physical chemistry and structure of seawater). Verlagchemie Weinheim, Bergstr. 513-522.
- Lucken, R. A. y Pechan, E. H. 1977, **Water Pollution Control** Preager Publishers. N. Y., London.
- Luna, M. M., Martínez, A. D. y Ramos, D. F. J. 1982, Estudio preliminar de algunos parámetros Hidrobiológicos de las Lagunas de Mandinga, Ver., Méx., durante dos etapas climáticas diferentes. **ENEP Zaragoza**, UNAM.
- Margalef, R. 1977. **Ecología** Ed. Omega. Barcelona.
- Margalef, R 1975. Sobre contaminación de las aguas en relación a la protección de los recursos vivos, Ecosistemas Acuáticos y Producción Primaria y Secundaria. **Tercer curso de Capacitación FAO/SIDA.FIR/TPLR/75:1/27** Lima. Perú.
- Margalef, R. 1955, **La Diversidad de especies en las poblaciones mixtas naturales y en el estudio del Dinamismo de las mismas**. Universidad de Barcelona 229-243.
- Maynard, S., J. 1977, **Ideas matemáticas en Biología** CECSA México.
- Meyer, J. L., Johnson, C. 1983, The influence of elevated nitrate concentration on rate of leaf de composition in a stream **Freshwater Biology** 13:177-183.
- Murphy, T. P., Hall, K. J. y Yesaki, I. 1983. Coprecipitation of Phosphate with calcite in a naturally Eutrophic Lake. **Limnol Oceanogr** 28-1:58-69.

- Needham, J. G. and Needham, P. R. 1978. **Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces**. Ed. Reverté, S. A. México.
- Odum, E. P. 1971. **Ecología** 3a. Edición. Ed. Interamericana. México.
- Pesson, P. 1976. **La pollution des eaux continentales**. Gauthiervillars. París, Francia.
- Petersen, C. Jr. Petersen, M. and Lena, B. 1983. Anomalies in Hydropsichid capture nets from polluten streams. **Freshwater Biology**. 13:185-191.
- Ponce - Zavala, J. J. y Robles Flores, A. 1982. Variación estacional, abundancia fitoplanctónica de los bordos: Sta. Cruz, Los Lavaderos, Chalcatzingo, El Movil, en el Edo. de Morelos, México. **ENEP Zaragoza**, UNAM.
- Rahel, F. J. and Magnuson, J. J. 1983. Low pH and the absence of fish species in naturally acidic Wisconsin Lakes. Inferences for cultural Acidification. **Can J Fish Aquat Sci** 40:39.
- Report of SCOR-UNESCO 1964. Working grop 17 wich met from 4 to UNESCO. París.
- Reid, G. K. and Wood, R. D. 1976 **Ecology of Inland Waters and Estuaries**. D. U. N.
- Rodier 1978. **L'Analyse de L' eau** Paris 703-766.
- Siegel, S. 1983. **Estadística no Paramétrica** Ed. Trillas, México.
- S. S. A. 1975. **Legislación para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental**. México.
- Spotte, S. 1979 **Fish and Invertebrate Culture** Wiley and Sons. NY.
- Sotomayor N., O. 1980. Análisis de la distribución y similitud de las poblaciones fitoplanctónicas en la zona oeste del Go]fo de México. UNAM. México.
- Steel, R. G. D. 1980 **Principlos and Procedures of Statics: a Biometrical Approach** NY .México 504-545.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. A. 1972. **Practical Handbook of seawater analysis fisheries, research board of Canada**. Ottawa, Canadá.

- Sutton, B. and Harmon, P. 1980. **Fundamentos de Ecología** Limusa. México.
- Train, R. E. and Seck, E. C. 1979. **Quality Criteria for Water**. Billing and Sons. London.
- Turk and Wites, 1976, **Tratado de Ecología**, Ed. Interamericana. México.
- Vollenweider, R. A. 1974. A manual on Methods for Measuring Primary Production in aquatic Enviroments. **IBP handbook No. 12**. Ed. Oxford, London. Blackwell Ecient publ. 225 pp.
- Whitton, B. A. 1975. **River ecology, studies in Ecology**. Vol. 2 Blackwell Ecientific Publ. Oxford, London. 375-403.
- Wetzel, R. G. 1980. **Limnology**. Philadelphia, USA. 450 pp.

————)o(————

I N D I C E

| | |
|------------------------------|----|
| Resumen | 11 |
| Introducción | 13 |
| Antecedentes | 15 |
| Area de Estudio | 17 |
| Figura 1 | 19 |
| Figura 2 | 20 |
| Material y Métodos | 21 |
| Resultados — Discusión | 23 |
| Parámetros Abióticos | 23 |
| Tabla 1 — Tabla 2 | 26 |
| Figura 3 | 27 |
| Figura 4 | 28 |
| Tabla 3 — Tabla 4 | 32 |
| Figura 5 | 33 |
| Figura 6 | 34 |
| Parámetros Bióticos | 37 |
| Tabla 5 | 39 |
| Figura 7 | 40 |
| Figura 8 | 43 |
| Tabla 6 | 47 |
| Tabla 7 | 48 |
| Tabla 8 | 49 |
| Tabla 9 | 50 |
| Conclusiones | 51 |
| Bibliografía | 52 |