



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala

**LOS ORGANISMOS BENTONICOS COMO INDICADORES
DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS
AMACUZAC Y BALSAS**

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

Lydia Guadalupe Márquez Bravo

Los Reyes, Iztacala

Verde
Clav
1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

"... el abandono a las formas irracionales singulares y enrevesadas de la Naturaleza, engendra en nosotros un sentimiento de la coincidencia de nuestro interior con la voluntad que las hizo nacer y acaban por parecernos creaciones propias, obra de nuestro capricho; vemos temblar y disolverse las fronteras entre nosotros y la Naturaleza y conocemos un nuevo estado de ánimo en el que no sabemos ya si las imágenes reflejadas en nuestra retina proceden de impresiones exteriores o interiores. Ninguna otra práctica nos descubre tan fácil y sencillamente como ésta hasta qué punto somos también nosotros creadores y cómo nuestra alma participa siempre en la continua creación del Mundo."

Demian, Hermann Hesse.

Con todo mi cariño y agradecimiento

A mi tío Mario,

a mi madre y a mi hermana,

a Pablo.

Quiero expresar mi especial agradecimiento al Biól. Enrique Kato Miranda por su dirección, a la Biól. Ma. Antonienta Gómez Balandra por su apoyo técnico y correcciones al manuscrito y en general a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo.

I N D I C E

I.	Introducción.	Pág. 1
II.	Antecedentes.	4
III.	Area de Estudio.	7
IV.	Material y métodos.	9
V.	Resultados y discusión.	17
V.1.	Parámetros fisico-químicos.	17
V.1.1.	Resultados de los parámetros fisico-químicos.	17
V.1.2.	Índice de calidad del agua (ICA).	31
V.1.3.	Variación longitudinal del ICA.	34
V.2.	Parámetros biológicos.	35
V.3.	Relación entre los parámetros fisico - químicos y biológicos.	37
V.3.1.	Intervalos de los parámetros fisico-químicos en los que aparecieron los organismos.	37
V.3.2.	Relación entre la variación longitudinal del ICA y la riqueza específica.	56
V.3.3.	Relación entre la variación estacional del ICA y la diversidad por estación de muestreo.	61
V.3.4.	Relación entre el índice biótico de Verneaux y Tuffery y el ICA.	65
VI.	Conclusiones.	67
VII.	Bibliografía.	70

I. INTRODUCCION

En México el deterioro de la calidad de las aguas superficiales ha ido aumentando de manera alarmante en los últimos años, debido al incremento en la población y al desarrollo industrial de las grandes ciudades.

Este desarrollo trae consigo, entre otras cosas, un aumento en la descarga de desechos industriales y orgánicos en las aguas de los ríos, provocando con ello daños a la fauna y flora acuáticas y poniendo en peligro especies ecológica y económicamente importantes.

Unos de estos casos lo representa la cuenca del río Balsas, que de acuerdo con los estudios realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1973, se clasificó como una cuenca de Primer Orden, es decir que "... presenta problemas de contaminación en aguas en las que deben emprenderse acciones inmediatas para su control." (Vizcaino, 1975).

Para estimar las alteraciones que sufre el agua de los ríos, una práctica común es la medición de ciertos factores físico-químicos como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos en suspensión, amonio, etc. sin embargo, el análisis de la DBO como una medida de la actividad biológica de los sistemas de aguas corrientes tiene una validez cuestionable, ya que las condiciones de laboratorio no reproducen las del río, tales como temperatura, luz solar, población biológica, movimiento del agua y concentración de oxígeno a lo que hay que agregar la degradación que sufren las muestras durante el manejo y almacenaje.

James y Evison (1979), establecen que la contaminación, al ser un fenómeno biológico, debe medirse con esta base para lo que sugieren la utilización de indicadores biológicos, ya que éstos muestran el grado de desequilibrio que se ha causado al ecosistema, mientras que los métodos químicos solamente miden la concentración de los contaminantes responsables. Asimismo, Rolan (1973), señala que la clase y variedad de organismos presentes en un río son a menudo indicadores más sensitivos de la contaminación que los métodos físicos y químicos.

De acuerdo con James y Evison (op. cit.), las características que debe presentar un organismo para ser utilizado como indicador son:

1. **Utilidad:** El intervalo de criterios para los cuales el indicador puede usarse, comparado con el intervalo deseado.
2. **Fidelidad:** La habilidad para reproducir de manera confiable las características que se desean medir.
3. **Confiabilidad y precisión:** El intervalo de dispersión en los resultados debido a errores analíticos y de muestreo.
4. **Sensibilidad:** Nivel de detección comparado con el nivel de medición deseado.
5. **Rapidez:** El tiempo que tarda en producir resultados.

De la misma forma, Hynes (1960) menciona que cuando existe un fuerte deterioro en la calidad del agua, resultan afectados todos los grupos taxonómicos del ecosistema; esto hace a los invertebrados mayores más útiles como indicadores que los protozoarios, además del hecho de que son más fáciles de preservar e identificar.

Por otro lado, este autor señala las siguientes ventajas de usar los organismos bentónicos como indicadores de contaminación :

1. Integran los efectos de muchas variables del medio, mientras que los datos físicos y químicos necesitan ser procesados para conocer las interacciones y prevenir los efectos.
2. Son indicadores continuos, mientras que los muestreos físico-químicos son generalmente intermitentes y el hacerlos continuos resultaría muy costoso.
3. Responden a un rango amplio de contaminantes, mientras que para un muestreo físico-químico es necesario presuponer el tipo de contaminantes presentes, lo que resulta muy difícil, dada la cantidad de éstos.
4. Proporciona información directa sobre los cambios en las poblaciones y distribución de organismos importantes para las pesquerías fluviales.

Sin embargo, James y Evison (op. cit.) señalan como un inconveniente el hecho de que con estos métodos no se logra identificar la causa específica de los cambios en la calidad del agua, por lo que sugiere el uso combinado de los métodos para la evaluación integral de este tipo de ecosistemas.

También se ha observado que en aguas muy contaminadas el número total de especies es generalmente reducido, mientras que la cantidad de individuos de las especies favorecidas puede verse muy aumentada. Algunos autores han utilizado estas relaciones llamadas índices de diversidad para evaluar el grado de deterioro de la calidad del agua.

Margalef (1980), menciona que "la contaminación de agua determina un descenso de la diversidad, tanto por establecer condiciones rigurosas que pocas especies pueden resistir, como por estimular un fuerte desarrollo de unas pocas especies en ambientes altamente fluctuantes e inestables. La diversidad y sus variaciones, son por tanto un excelente indicador de polución. Cuando un curso de agua se recupera, su diversidad vuelve a aumentar".

En este trabajo se propone el uso combinado de los métodos físico-químicos y biológicos para la evaluación de la calidad del agua, estableciendo las condiciones generales del ecosistema a partir del estudio de las comunidades zoomacrobenéticas y sus interrelaciones con los factores físicos y químicos del medio ambiente de los ríos Amacuzac y Alto Balsas.

Los objetivos del estudio son:

1. Identificar los organismos bentónicos de los ríos Amacuzac y Alto Balsas.
2. Caracterizar a los géneros de una comunidad zoomacrobenética de acuerdo con sus requerimientos ambientales, definiendo los intervalos de parámetros físico-químicos que determinan su abundancia y distribución.
3. Establecer la sensibilidad y utilidad de estos organismos, identificados a nivel de género, como indicadores de la calidad del agua.
4. Determinar el estado actual de la calidad del agua de los ríos en estudio, utilizando índices biológicos y valores físico-químicos aplicados a las comunidades bentónicas.

II. ANTECEDENTES

En Europa y Norte América se han realizado numerosos estudios para determinar los cambios en la fauna bentónica inducidos por el deterioro de la calidad del agua. Por el contrario, existe menos información de otras partes del mundo sobre este tema (Hynes, 1970).

En 1963, Bick hace una revisión de los métodos biológicos para el análisis de aguas deterioradas usados en Europa Central y los divide en dos grupos:

1. Métodos directos o ecológicos, basados en la ocurrencia y frecuencia de organismos indicadores y en la composición de la biocenosis.
2. Métodos indirectos o fisiológicos para la estimación de bioactividad o para el conteo bacteriano. En estos métodos se usan animales desarrollados en el laboratorio, introduciéndolos en el agua que se desea probar, tomando las reacciones de estos organismos como índice de calidad del agua.

Dentro de los métodos directos, Bick menciona a algunos autores que han desarrollado índices biológicos para la evaluación de la calidad del agua, enfatizando el hecho de que es necesario estandarizar los métodos de muestreo y la identificación taxonómica, además de contar con una investigación ecológica de los organismos indicadores para lograr resultados confiables a partir de estos índices. También señala como ventaja de dichos índices que no requieren de mucho equipo técnico y que los resultados se obtienen rápidamente.

Para concluir sugiere que ambos métodos se utilicen bajo condiciones de campo controladas cuidadosamente, variando las climáticas.

En 1967 Verneaux y Tuffery sugirieron un método para la determinación de la calidad biológica de las aguas corrientes y el cálculo de un índice biótico basado en la codificación de cada una de las características físicas y biológicas del ecosistema, tomando algunas mediciones complementarias como : oxígeno disuelto, pH, concentración de sales, temperatura, etc.

Este índice de ser graficado contra la distancia entre una estación de muestreo y otra, proporciona una estimación aproximada, tanto de la intensidad como de la extensión del deterioro en la calidad del agua.

En México, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha realizado estudios de calidad del agua en diferentes cuencas del país. En 1979 y 1980, la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de esta Secretaría, publicó una clasificación de las cuencas de los ríos Atoyac y Amacuzac entre otros, donde se presentan los resultados de los muestreos físico-químicos efectuados en la red de estaciones de monitoreo de estas cuencas, así como otros datos importantes de las descargas de aguas residuales y la naturaleza de éstas.

En ambos estudios se concluye que las descargas de aguas residuales representan un grave problema para la calidad del agua del río desde el punto de vista físico-químico. Sin embargo, en ninguno de estos trabajos se hace alusión a los efectos biológicos que ocasiona dicho deterioro sobre el ecosistema.

Asimismo, el IEPES-CEPES publicó un análisis de la problemática de la contaminación de las aguas de los estados de Morelos y Puebla, en el que se plantea la necesidad de incrementar el número de plantas de tratamiento a fin de hacer menos aguda la degradación de los cuerpos receptores (Aguirre, 1982).

En cuanto a los trabajos relacionados con la entomofauna de los ríos mexicanos, Bueno (1981), llevó a cabo un estudio cualitativo de los insectos acuáticos del río Lerma, relacionando principalmente el contenido de oxígeno disuelto con el número de especies colectadas.

La S.A.R.H., a través de su Departamento de Bioecología de la D.G.U.A.P.C, también en 1982 realizó un estudio preliminar en el río Amacuzac tomando a los organismos planctónicos como indicadores de contaminación (Hernández, 1982).

En el tramo comprendido entre Amacuzac y Huajintlán, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos realizó un estudio de la entomofauna del Río Amacuzac. En este estudio se relaciona el tipo de organismos con las características del sustrato y se determinan algunos parámetros físico-químicos como oxígeno disuelto, pH, conductividad, bióxido de carbono, cloruros, calcio y alcalinidad, con el objeto de establecer su potencial biológico y su posible aprovechamiento en actividades de acuicultura (Porrás, 1981).

Kato (1982), también en el río Amacuzac, desarrolló un estudio cuantitativo de las comunidades macrobentónicas de las corrientes rápidas. En dicho estudio se determinó la diversidad y la similitud entre las estaciones de muestreo, utilizando para ello

los índices de Shannon y Sorensen, respectivamente.

III. AREA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Balsas queda comprendida entre los paralelos 20° y 17° de latitud Norte y los meridianos 103° 15' y 97° 30' de longitud Oeste y cubre un área de drenaje de aproximadamente 108,000 Km², descontando 3,300 Km² de la cuenca del río Atoyac hasta la presa Valsequillo y esto representa aproximadamente un 6% del área total de la República Mexicana (S.R.H. 1971, 1973).

La cuenca queda limitada por la Cordillera Neovolcánica, la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur y abarca áreas considerables en los estados de Oaxaca, Puebla, México, Morelos, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Tlaxcala y pequeñas zonas del D.F.

La geomorfología de esta región se determinó después de los levantamientos que comenzaron en el Cretácico Superior y continuaron en el Cenozoico. Tuvieron lugar en este último período los plegamientos que la han convertido en una depresión y como consecuencia se han producido fallas, por lo que la depresión está en parte cubierta de tobas y corrientes de lava. En ella son frecuentes las rocas ígneas del Azoico, así como las sedimentarias del Mesozoico. (Maderey, 1977)

Teniendo en cuenta la posición geográfica y las variaciones de altitud, existe en ella una gran variedad de climas, desde el clima húmedo y frío en las cabeceras de los ríos formadores, hasta el clima seco y caliente en la región de Oaxaca con regiones de clima caliente y húmedo cerca de la desembocadura al mar.

El sistema hidrográfico se encuentra formado por los siguientes ríos que se pueden considerar como los principales: Atoyac, Mixteco, Nexapa, Tlapaneco, Amacuzac o Atenango, Cutzamala, Ixtapan del Oro, Temazcaltepec, Ixtapan y Cupatitzio. (C.F.E., 1976).

En cuanto al río Amacuzac, afluente del Balsas, se forma en el Estado de México al sur de la Sierra de Tepascaltepec con el nombre de río San Jerónimo, se pierde en la caverna caliza de Cacahuamilpa y después de un gran recorrido brota en el estado de Morelos al que drena casi en su totalidad, aportando al río Balsas un volumen medio anual de 1,993 millones de metros cúbicos. (C.F.E., 1983).

De esta confluencia en adelante el río Balsas sigue en dirección Oeste pasando por Mezcala (cruce de la carretera México-Acapulco) y por el poblado de Balsas.

Los afluentes más importantes de este río son: Río de las Flores o Ixtlahuaca, Malinaltenango, San Jerónimo, Tenancingo, Chalma u Ocuilán, Tembembe, Yautepec, Apatlaco y Cuautla (CFE, 1976).

La región queda situada al sur del Trópico de Cáncer, comprendida en su totalidad en la zona tropical y se sitúa por abajo de los 1600 m.s.n.m., donde el clima se clasifica, según el sistema de Koeppen, como cálido, subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media anual mayor de 22°C y la del mes más frío mayor de 18°C; con un cociente de precipitación pluvial sobre temperatura menor de 43.2 con porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la lluvia anual (SARH, 1980).

En la zona del Amacuzac quedan comprendidas las poblaciones de Cuernavaca y Cuautla que constituyen centros de población y turísticos de importancia, además de que en el estado de Morelos se encuentran áreas regadas muy extensas, entre las que queda incluida la zona cañera del ingenio de Zacatepec y el desarrollo industrial del Valle de Cuernavaca.

La agricultura es también una actividad importante en la zona. Los principales cultivos de riego son la caña de azúcar, maíz, arroz, tomate, cebolla, algodón, cacahuete, melón, sandía y otros frutales.

La localización del área de estudio se señala en la Fig. No. 1.

IV. MATERIAL Y METODOS

Con el objeto de tener representadas las variaciones que sufre el ecosistema durante un ciclo anual, se llevaron a cabo seis muestreos bimestrales a partir de octubre de 1983, en cada una de las once estaciones señaladas en la Fig. No. 2.

La selección de los sitios de muestreo se realizó tomando en cuenta la localización de las descargas de aguas residuales, las entradas de afluentes que modifican las propiedades del agua del río y el fácil acceso por carretera.

Los datos geográficos de las estaciones de muestreo se proporcionan en la Tabla No. 1.

En cada una de las estaciones se tomó una muestra biológica perteneciente al sustrato rocoso (a partir del cuarto muestreo se tomaron dos muestras por estación), utilizando para ello un muestreador de fondo de 1000 cm² tipo Surber (Schwoerbel, 1975). Las muestras se fijaron en una solución de formol al 10%, y para su preservación se cambiaron a alcohol al 80% .

Asimismo, en cada estación se llevaron a cabo las siguientes determinaciones de campo: temperatura del agua, velocidad de la corriente, profundidad, transparencia, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y alcalinidad.

Se tomaron además muestras de agua para su análisis posterior en el laboratorio de química de la Brigada Móvil de Perforación de CFE. A continuación se presentan las pruebas físico-químicas efectuadas y los métodos utilizados en su determinación.

PARAMETRO	MATERIAL Y/O METODO
- Temperatura del agua	Termómetro de Hg (de -10 a 50°C ±1°C)
- Transparencia	Disco de Secchi
Velocidad de la corriente	Objeto impulsado por la corriente (Schwoerbel, 1975)
- Potencial Hidrogenion	Potenciómetro Corning pH meter 3A

- Oxígeno disuelto	Winkler (modificación ácida, APHA, 1975)
Demanda química de oxígeno	Titulación con $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$
Demanda bioquímica de oxígeno	Bioensayo (incubación, tres días)
- Anhídrido carbónico	Volumétrico con NaCO_3 con fenoftaleína como indicador
Salinidad	Cálculo a partir de la clorosidad
Conductividad eléctrica	Conductivímetro Electronic Instruments Ltd. (0.1 a 100,000 μmhos)
Dureza	Por cálculo a partir de Ca^{++} y Mg^{++} (APHA, 1975)
Alcalinidad a la F	Titulación con H_2SO_4 0.02N con fenoftaleína como indicador.
Alcalinidad a la AM	Titulación con H_2SO_4 0.02N con anaranjado de metilo como indicador.
Carbonatos	Titulación con Radiometer (1).
Bicarbonatos	Titulación con Radiometer (1).
- Fosfatos	Colorimétrico (SnCl_2)
- Nitratos	Colorimétrico (Acido fenol-disulfónico)
Sulfatos	Turbidimétrico (BaCl_2)
Cloruros	Argentométrico (Titulación con AgNO_3)
Grasas y aceites	Extracción con Soxhlet.
- Turbiedad	Turbidímetro de Hellige.
- Sólidos totales Tot.	Desecación, gravimetría y filtración (APHA, 1975)
- Sólidos totales fijos	Ignición a $550^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$.
- Sólidos totales suspendidos	Gravimétrico

Sodio	Absorción atómica (2).
Potasio	Absorción atómica (2).
Calcio	Absorción atómica (2).
Magnesio	Absorción atómica (2).
Manganeso	Absorción atómica (2).
Zinc	Absorción atómica (2).
Coliformes totales	Muller Hinton, Verde brillante
- Coliformes fecales	Medio EC.

1. Radiometer. PHM 82 Standard pH meter, TTT80 Titrator, ABU 80 Autoburete.
2. Spectrophotometer. Atomic absorption. Perkin Elmer 5000.

⚡ Para evaluar cuantitativamente la calidad del agua se utilizó un índice basado en un criterio de calificación de ésta, de acuerdo con sus usos (SARH, 1981), cuya ecuación es :

$$IG = \frac{\sum [p(I) \times C(I)]}{\sum p(I)} \quad I = 1, N$$

Donde :

- IG es el índice global
- C(I) es el índice de calidad del agua para el parámetro I.
- p(I) es el peso del parámetro I, en función de la importancia otorgada por grupos de expertos.
- N número de parámetros de calidad del agua

Los parámetros de calidad considerados en la determinación global fueron: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales suspendidos, fosfatos, nitratos y coliformes fecales.

El mencionado método también señala otras ecuaciones para la determinación del índice de nitrógeno amoniacal, detergentes, grasas y aceites, boro y plomo. Sin embargo, estos índices no se utilizaron en la determinación del índice global debido a que no se contó con los datos correspondientes.

El índice individual por parámetro se obtuvo mediante las ecuaciones siguientes (SARH, 1981):

PARAMETRO	ECUACION	PESO
pH < 6.7	$I = 10^{(0.235\text{pH} + 0.44)}$	1
pH > 6.7 y pH < 7.3	$I = 100$	1
pH > 7.3	$I = 10^{(4.22 - 0.29\text{pH})}$	1
OXIGENO DISUELTO	$I = \frac{100 \times (\text{OD})}{14.49 - 0.384T + 0.0064T^2}$ T = temperatura en °C	5

DBO	$I = 107 \times (\text{DBO})^{-0.642}$	5
DQO	$I = 174 \times (\text{DQO})^{-0.291}$	3
NITRATOS	$I = 162.2 \times (\text{NO}_3)^{-0.343}$	2
FOSFATOS	$I = 34.22 \times (\text{PO}_4)^{-0.460}$	2
SOLIDOS SUSPENDIDOS	$I = 267 \times (\text{SS})^{-0.370}$	1
COLIFORMES FECALES	$I = 100 \times (5 \times \text{CF})^{-0.300}$	4

Los valores resultantes del índice de calidad global entre cero y cien indican un criterio de calificación de la calidad del agua que se compara con una escala (Tabla. No. 2), donde los valores bajos corresponden a condiciones de fuerte deterioro y mejoran a medida que se incrementa el índice.

Al realizar los cálculos, fue necesario hacer las correcciones siguientes:

1. En los casos en que no se determinaron los valores de campo para pH y OD, se tomaron los valores de laboratorio.
2. En el primer muestreo, en algunas estaciones no se determinó la DQO, por lo tanto esta ecuación se eliminó del índice global.
3. En los casos en que los valores de DQO, DBO y CF fueron cero, para evitar alteraciones en el programa, se tomó un valor de 1.0, y para nitratos de 0.1.

De los valores bimestrales del ICA se obtuvo la media aritmética y se determinó la desviación estándar.

En el laboratorio las muestras de material biológico se clasificaron primero a nivel de grandes grupos taxonómicos y posteriormente se identificaron, en los casos donde esto fue posible, a nivel de género utilizando las claves de Pennak (1979) y Zapien (1979).

Los intervalos de requerimientos ambientales para cada uno de los organismos se determinaron relacionando presencia y frecuencia de los géneros con los parámetros físico-químicos del lugar de colecta.

Considerando que la riqueza específica es uno de los componentes principales de la diversidad y la relativa facilidad y economía de un muestreo cualitativo, se relacionó el ICA con el número de grupos taxonómicos identificados en un gradiente longitudinal del río a fin de determinar la utilidad de estos índices y en qué épocas los resultados son más confiables.

Para la determinación de la diversidad se utilizaron dos índices:

a) El de Margalef expresado por:

$$d = \frac{S - 1}{\ln N}$$

En donde:

S número de especies.

N número total de individuos.

b) El de Shannon-Weaver, cuya expresión es:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

siendo :

$$\sum P_i = 1$$

En donde:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i es el número de individuos por especie

N es el número total de individuos en la muestra

Los valores de ICA e índices de Shannon y Margalef se graficaron y correlacionaron por estación de muestreo y posteriormente se efectuó la correlación global.

Puesto que el ICA confiere a la DBO un peso muy alto, también se correlacionó este parámetro con el índice de Shannon.

El índice biótico utilizado fue el descrito por Verneaux y Tuffery (1967) y los valores usados para su determinación se obtuvieron de la siguiente tabla:

**TABLA ESTANDAR DE DETERMINACION DEL INDICE BIOTICO
DE VERNEAUX Y TUFFERY (1967)**

I GRUPOS FAUNISTICOS	II	III NUMERO TOTAL DE UNIDADES SISTEMATICAS PRESENTES (U.S.)					
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 o más	
		INDICE BIOTICO					
1	Plecópteros, Ecdyonuridae	1 más de una U.S. 2 una sola U.S.	- 5	7 6	8 7	9 8	10 9
2	Tricópteros, Fourreaux	1 más de una U.S. 2 una sola U.S.	- 5	6 5	7 6	8 7	9 8
3	Ancylidae, Efemerópteros, Excp.Ecdyonuridae	1 más de una U.S. 2 dos o menos U.S.	- 3	5 4	6 5	7 6	8 7
4	Aphelocheirus, Odonatos o Gamáridos o Moluscos Excp.Sphaeridae	0 todas las U.S. anteriores ausentes	3	4	5	6	7
5	Asellus o Hirudineos o Sphaeridae o Hemípteros, Excp.Aphelocheirus	0 idem	2	3	4	5	-
6	Tubificidae o Chironómidos de los grupos thumni-plumosus	0 idem	1	2	3	-	-
7	Eristalinae	0 idem.	0	1	1	-	-

————— LIMITE DE POLUCION.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

V.1 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

V.1.1 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

A continuación se analizan los resultados de las determinaciones físico-químicas por parámetro.

- Temperatura del agua. -

En las estaciones Zapata y Temixco (Tablas Nos. 3 y 4) localizadas en la parte norte de la zona de estudio, la temperatura del agua presentó un promedio anual de 20 y 17.6°C, respectivamente, siendo enero el mes más frío y julio y agosto los más cálidos. Aguas abajo en Zacatepec y Panchimalco (Tablas Nos. 5 y 6) el promedio de temperatura se incrementó a 26.7°C por ser ésta una zona de clima más caluroso.

Por efecto de la mezcla con el agua del río Amacuzac (Tabla No. 7) que es más fría (21.3°C en promedio) la temperatura del agua descendió ligeramente volviéndose a incrementar aguas abajo y manteniéndose alrededor de los 26°C en el río Balsas. En general se observó que a medida que se desciende en el curso del río, las variaciones de temperatura anual son menores.

- Transparencia. -

En las primeras estaciones la transparencia fue muy reducida casi durante todo el año, sobre todo en los meses de mayo y julio (en Zapata incluso se redujo a cero en el mes de marzo). Asimismo, las estaciones Papalutla y Tlalcozotitlán (Tablas Nos. 9 y 10), localizadas en el río Mixteco presentaron valores de transparencia muy bajos en la mayoría de los muestreos, condición que persistió también en las últimas estaciones. Enero fue el mes en el que se registró la mayor transparencia y en julio y agosto la menor, es decir la época de secas y lluvias, respectivamente.

- Velocidad de la corriente.

La velocidad de la corriente fue en la mayoría de los casos de 0.40 a 1.00 m/seg incrementándose aguas abajo, sobre todo en el mes de agosto.

- Oxígeno disuelto. -

De la parte alta de la zona de estudio, las estaciones Zapata y Panchimalco presentaron los menores valores de OD. Esto se debe a las descargas procedentes de CIVAC y del ingenio azucarero de Zacatepec, cuyo contenido de materia orgánica incluso agota por completo el oxígeno.

En Temixco, a pesar de que esta corriente transporta los desechos de la Ciudad de Cuernavaca, el contenido de oxígeno no fue muy bajo y únicamente en julio fue menor del límite de 3.2 mg/l permitido por la S.A.R.H. (1975) "para aguas para uso agrícola e industrial". Sin embargo, su promedio anual de 5.6 mg/l resultó bajo si se toma en cuenta que es una corriente rápida y fría (a 1300 m.s.n.m. y a 20°C, la concentración de saturación es de 10.7 mg/l, aproximadamente, Babbitt, 1955).

La estación Amacuzac, se caracterizó por presentar un nivel de OD más o menos constante y alto, entre los 5.6 y 8.3 mg/l, así como las estaciones Atenango y Tlahualco (Tablas Nos. 8 y 11).

No así las estaciones Papalutla y Tlalcozotitlán, que mostraron un marcado descenso en el mes de mayo, donde los valores se encuentran por debajo del mínimo permitido de 5 mg/l para "mantener una comunidad de peces adecuada" (Babbitt, op. cit.). A pesar de que existe materia orgánica como lo indicó el valor de DBO, dicha materia no se encontró en concentraciones tales que provocaran un rápido descenso en el contenido de OD, además el valor de CO_2 no es tan alto para suponer una intensa actividad metabólica que demande oxígeno. Al parecer este oxígeno esta siendo utilizado durante el proceso de nitrificación bacteriana pues la cantidad de nitratos fue considerablemente alta en comparación con los demás muestreos.

En las últimas dos estaciones (Tablas Nos. 12 y 13) los promedios anuales estuvieron alrededor de 7 mg/l y no presentaron demasiadas fluctuaciones.

- Demanda química de oxígeno (DQO).

Este parámetro se determinó a partir del muestreo de marzo. En la parte alta de la zona de estudio presentó valores elevados (entre 130 y 358 mg/l) sobre todo durante el estiaje. En julio se produjo otro incremento, debido a que en esta época el río

transporta gran cantidad de material vegetal de lenta oxidación. La mayor parte de los valores bajos se observaron en el mes de agosto, que es la época de mayor caudal.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Los valores de este parámetro resultaron muy elevados en las primeras cuatro estaciones y durante los meses de estiaje, debido a los intensos procesos de oxidación que se llevan a cabo en esta zona.

A partir de la estación Amacuzac, decrece en casi todas las estaciones observándose los valores más altos en marzo y los más bajos en agosto, ya que la materia orgánica se concentra más en el tiempo de secas, mientras que en las lluvias, el aumento tanto del caudal como de la velocidad de la corriente, favorecen la dilución.

- Anhídrido carbónico (CO_2) -

Se determinó a partir del muestreo del mes de marzo. Babbitt (1955) señala que el CO_2 libre se puede encontrar en aguas superficiales en concentraciones hasta de 50 ppm. Sin embargo, las concentraciones normales se encuentran alrededor de los 0.5 y 2.0 ppm.

De acuerdo con esto, los valores de CO_2 de la estación Zapata, estuvieron muy por arriba de dicho intervalo, a excepción del mes de mayo en el que el decremento coincidió con un aumento de OD, lo cual indica una disminución en el aporte de materia orgánica.

En las estaciones Temixco, Zacatepec y Panchimalco se observó que es durante el estiaje (marzo) cuando el CO_2 alcanza su nivel más alto, al disminuir la difusión del oxígeno atmosférico y cambiar la relación fotosíntesis - respiración.

A partir de la estación Amacuzac y aguas abajo, el contenido de CO_2 estuvo dentro del rango considerado como normal.

- Salinidad.

De acuerdo con Margalef (1980), la concentración salina de las aguas dulces varía entre límites muy amplios y es de unos 15 a 200 mg/l (0.015 a 0.2 0/00).

Los resultados de este parámetro señalan que en la estación Zapata, el promedio de salinidad fue cuatro veces mayor que el límite superior del intervalo mencionado y en la mayoría de las

estaciones los valores se encuentran alrededor de 0.40 a 0.75 0/00, es decir de dos a tres veces dicho límite. Las causas de esta salinidad se analizan más adelante.

- Conductividad eléctrica.

Respecto a este parámetro, Babbitt (op. cit.), menciona que una conductividad entre 150 y 500 $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C resulta adecuada para "soportar una buena fauna de peces".

En la estación Zapata, a excepción del mes de mayo, la conductividad en todos los demás muestreos sobrepasa los 600 $\mu\text{mhos/cm}$, es decir que su contenido de sales disociables es alto. En la estación Temixco, a pesar de que la salinidad es relativamente alta, la mayoría de los valores se encuentran dentro del intervalo mencionado, así como los de la estación Amacuzac.

Por el contrario, en las estaciones Zacatepec, Panchimalco, Papalutla, Tlalcozotiltlán, San Juan y Mezcala, los valores de conductividad fueron entre 1000 y 1400 $\mu\text{mhos/cm}$ en los meses secos y entre 400 y 800 $\mu\text{mhos/cm}$ durante las lluvias. A pesar de los límites señalados por Babbitt, (op. cit.) en esta parte del río se ha reportado la presencia de peces de las familias Poeciliidae, Cichlidae, Characinidae y Goodeidae (Gómez, 1986)

- Dureza.

Babbitt (1955), proporciona una tabla para determinar el grado de dureza de las aguas superficiales:

Dureza ppm	Grado de dureza
0 - 55	Blanda
56 - 100	Ligeramente dura
101 - 200	Moderadamente dura
201 - 300	Muy dura

Tomando en cuenta esto, el agua de la estación Zapata resultó muy dura en el estiaje y de ligera a moderadamente dura en los meses de lluvia, mientras que en Temixco el agua en general podría clasificarse como ligeramente dura.

Los valores en Zacatepec y Panchimalco excedieron en todos los casos el límite para aguas duras y en Amacuzac el agua va de ligera a moderadamente dura.

A partir de la estación Atenango y aguas abajo, el agua puede calificarse como muy dura e incluso se podría considerar "excesivamente dura" ya que en muchos casos sobrepasa los 300 mg/l.

- Alcalinidad, carbonatos y bicarbonatos.

La alcalinidad a la fenoftaleína representa el contenido de carbonatos principalmente, mientras que la alcalinidad al anaranjado de metilo o alcalinidad total indica la concentración de bicarbonatos, hidróxidos y ocasionalmente silicatos y fosfatos. Puesto que los resultados indican la ausencia de carbonatos, solo se discute la alcalinidad al anaranjado de metilo.

Nordel (1963), menciona que "si la alcalinidad A.M. es igual o mayor que la dureza total, toda la dureza esta presente como dureza de carbonato", tal y como se presentó en la estación Zapata. En Temixco se observa que tanto la alcalinidad como la dureza se deben principalmente a los bicarbonatos, cuyas concentraciones se mantuvieron relativamente constantes durante todo el año.

En las estaciones Zacatepec y Panchimalco, la alcalinidad resultó menor que la dureza en los meses de secas, lo que indica que además de los bicarbonatos existe gran cantidad de sulfatos, cloruros y/o nitratos de calcio y/o de magnesio que le confieren al agua la dureza excesiva que presenta durante esta época, fenómeno que se invirtió en la temporada de lluvias.

En Amacuzac, durante los muestreos de octubre a mayo, los valores de dureza, alcalinidad y bicarbonatos fueron similares, es decir que la dureza estuvo presente como dureza de carbonato, pero sobre todo en los meses de julio y agosto. En este caso, el aumento extraordinario de la alcalinidad total, probablemente se debió al incremento de nitratos en julio y de sulfatos en agosto. Las fuentes de compuestos nitrogenados pudieron ser los residuos de fertilizantes y de complejos proteínicos arrastrados por las lluvias.

En Papalutla y Tlalcozotitlán en los muestreos de octubre a mayo, la excesiva dureza se debe a los no carbonatos y en este caso especialmente a los sulfatos. Existen en la zona algunos manantiales de aguas sulfurosas, por lo que es posible que el oxígeno, cuya concentración debería ser la de saturación, dada la velocidad de la corriente, este siendo utilizado en la oxidación de los sulfuros a sulfatos. Por otro lado, el azufre en la forma de ácido sulfúrico diluido ayuda a solubilizar el calcio y otros minerales de las rocas, ocasionando el aumento de cationes y aniones libres que incrementan la salinidad y la dureza.

El efecto de los sulfatos fue decisivo a partir de este lugar ya que aguas abajo se presentaron las mismas condiciones en cuanto a la alcalinidad y la dureza.

- Fosfatos.

El contenido de fosfatos en las estaciones Zapata y Temixco en enero y marzo fue elevado, sobrepasando el límite de 1.00 mg/l recomendado por la E.P.A. (Quality Criteria for Water, 1979) "para aguas fluviales que no descargan directamente en lagos o embalses". Lo más probable es que en estas estaciones la fuente de fósforo sean los detergentes fosfatados de las aguas de desecho, tanto industriales como domésticas. Exceptuando los meses más secos, la concentración aunque alta, no resultó crítica.

En Zacatepec, el valor de este parámetro, comparado con el de Panchimalco fue, salvo en el mes de enero, menor o igual a esta última estación, es decir, que en la mayoría de los casos existe cierto aporte de fosfatos por parte del ingenio azucarero.

En Amacuzac se encontró que en todos los casos el contenido de fosfatos estuvo por debajo de los 0.4 mg/l y en Atenango la máxima concentración fue de 0.61 mg/l. Dichas concentraciones se registraron en agosto y julio, respectivamente, por lo que se infiere que proceden del arrastre de fertilizantes fosfatados que llegan al río durante las lluvias.

Tanto en Papalutla como en Tlalcozotitlán es evidente la baja concentración de fosfatos cuyos valores máximos (0.15 y 0.22 mg/l) se registraron en el mes de enero. Por otro lado, en Tlayahualco se alcanzó el máximo valor de 0.70 mg/l en marzo y en las estaciones San Juan y Mezcala, los valores no excedieron los 0.47 mg/l.

- Nitratos

La Legislación Relativa al Agua y su Contaminación (SARH, 1975), señala que los nutrientes como el nitrógeno, "no deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización", por lo que resulta difícil determinar los límites tolerables considerando que la hiperfertilización depende de muchos otros factores. Sin embargo, Babbitt (op. cit.) proporciona una tabla que puede servir como criterio para la interpretación de los resultados:

Nitratos mg/l	Condición
0.000 - 0.100	Buena
0.100 - 0.500	Regular o aceptable
> 0.500	Indeseable
0.0 - 10.000	(Promedio en aguas de desecho, como comparación)

De acuerdo con esto, el nivel de nitratos en Zapata cae en todos los casos dentro de la categoría de regular. En Temixco las concentraciones de agosto a marzo resultaron muy elevadas (1.04 a 2.26 mg/l), típicas de aguas de desecho, decreciendo en mayo posiblemente por aumento del volumen de agua.

Las variaciones son muy grandes en Zacatepec y van desde los 0.06 mg/l en marzo a 0.90 mg/l en octubre, observándose un aumento con las lluvias. En Panchimalco, la concentración se mantuvo aceptable la mayor parte del año a excepción de octubre en que se elevó hasta 0.86 mg/l lo cual no puede atribuirse a la actividad del ingenio, ya que en este mismo muestreo la concentración en Zacatepec fue de 0.90 mg/l.

En Amacuzac la concentración fue aceptable (igual o menor que 0.500 mg/l) y solo se clasificó de indeseable en julio (0.96 mg/l). A la altura de Atenango la cantidad de nitratos fue en todos los casos aceptable y en marzo se registró incluso la ausencia de estas sales, quizá debido a un aumento de actividad fotosintética del fitoplancton.

En las siguientes estaciones el nivel de nitratos se mantuvo casi siempre por debajo de los 0.50 mg/l clasificándose como aceptable y sólo se notaron ligeros incrementos en los meses de mayo y julio por el transporte de nitrógeno por la lluvia. Margalef (1980), reporta que la lluvia puede incorporar a las aguas superficiales compuestos de nitrógeno y fósforo en concentraciones hasta de 0.7 y 1 mg/m³, respectivamente. Además, el aumento en la oxigenación del agua contribuye a la oxidación de los compuestos nitrogenados, por lo que es de esperarse que aguas abajo se incremente aún más la concentración de nitratos.

- Sulfatos.

La cantidad de sulfatos es importante porque ocasiona dureza en el agua y en cantidades mayores de 250 ppm puede resultar laxante e incluso tóxica si se destina al consumo humano.

En la estación Zapata, la concentración se encontró generalmente por debajo de los 100 mg/l y solamente en octubre se registró un valor de 162.0 mg/l. En Temixco, la mayor concentración fue de 70.80 mg/l, en agosto. En Zacatepec y Panchimalco, las concentraciones oscilaron entre 142.0 y 308.5 mg/l observándose los mayores valores en el mes de julio en la época de lluvias. A este respecto, Margalef (op. cit.) menciona que por el lavado de la atmósfera se han medido concentraciones hasta de 2 mg/l de sulfatos en el agua de lluvia, lo cual podría incrementar el nivel de estas sales, sobre todo si se considera la proximidad de estos lugares con las zonas urbanas.

En Amacuzac los valores fueron relativamente bajos (6.80 a 48.5 mg/l), sin embargo en Atenango, la concentración se elevó presentando los mayores valores durante el estiaje y los menores durante las lluvias, lo cual indica que se trata de compuestos azufrados transportados desde aguas arriba.

En Papalutla y Tlalcozotitlán se observa el mismo fenómeno pero con concentraciones mayores que sobrepasan los 400 mg/l y cuyo efecto se observa incluso en las estaciones aguas abajo, siendo esta la causa de la elevada salinidad que presenta el agua en esta parte del río.

- Sulfuros

Se determinaron a partir de mayo. A pesar de que algunos valores resultaron elevados, (2.8 mg/l en Zacatepec) parece que estos iones no representan peligro para la vida acuática mientras exista oxígeno en cantidades adecuadas.

En la estación Papalutla se registró un valor extraordinario de 6.6 mg/l en julio durante las lluvias. Además de esto se observó que aguas abajo, en Mezcala durante el muestreo de mayo se registró otro valor aún más alto de 8.8 mg/l, por lo que se infiere que existen en este tramo otras fuentes de azufre. Aproximadamente 7 Km aguas abajo del poblado de San Juan Tetelcingo se localiza un manantial conocido como El Platanar, cuyas aguas podrían contener azufre, producto del desgaste hidrico de algunas tobas, rocas muy comunes en la Depresión del Balsas (CFE, 1983). Esta oxidación de los sulfuros y sulfitos podría explicar también el incremento en el contenido de sulfatos con respecto a la estación de muestreo anterior.

- Cloruros.

En cuanto a estas sales, Babbitt, (op. cit.) señala algunos valores patrón para la interpretación del análisis químico del agua.

Cloruros mg/l	Condición
1 - 2	Buena
2 - 5	Regular o aceptable
> 5	Indeseable
20 - 150	(Promedio en aguas de desecho para comparación)

De acuerdo con esto, el agua de todas las estaciones cae dentro de la última categoría, ya que el promedio de todas las estaciones, a excepción de Zapata, que es de 134.4 mg/l, oscila entre 40 y 65 mg/l presentándose los valores más altos en el mes de marzo.

Sin embargo, Nordel (1963), en un análisis del agua de 98 ríos en Estados Unidos señala que la concentración de cloruros puede variar desde 1 hasta 702 mg/l. De estos 98 ríos, el 40% presentó valores menores o iguales a 5 mg/l, de ahí que un río con alto contenido de cloruros no es tan raro como podría esperarse.

Asimismo, el U.S. Standard Methods (1975) establece que concentraciones tan altas como 250 y hasta 700 mg/l no tienen importancia sanitaria y solo imparten un sabor salado si el catión es sodio.

- Grasas y aceites.

La Legislación Relativa al Agua y su Contaminación (SARH, op. cit.) señala como límite máximo permisible una concentración de 1.0 mg/l cuando el agua se destina al uso potable, previo tratamiento. Si el uso es recreativo, de conservación de flora y fauna o usos industriales, basta con la ausencia de película visible.

En la estación Zapata, no sólo se observó la película visible, sino también que la grasa se ha acumulado en los sedimentos de las orillas y junto con la materia orgánica forman un lodo negro y putrefacto de olor muy desagradable.

También es de notarse que en las primeras cuatro estaciones, e incluso en Amacuzac las concentraciones fueron relativamente altas, sobre todo en marzo y aguas abajo solo disminuyeron

ligeramente, sin embargo todavía en Mezcala resultaron elevadas.

- Turbiedad. -

Es causada por la materia orgánica y coloidal en el agua. De acuerdo con el U.S. Public Health Service (Babbitt, op. cit.) el límite de turbiedad es de 10 ppm, procurando que no exceda de 5 ppm.

Los resultados de la estación Zapata no permiten hablar de un promedio de turbiedad debido a que las variaciones son muy grandes (9.8 en julio y 1300 mg/l en mayo), mientras que en Temixco, a pesar de que el intervalo se redujo, aún resulta muy elevado (8.5 mg/l a 900.0 mg/l).

En Zacatepec se registraron niveles relativamente bajos de turbiedad (2.6 mg/l en octubre y 45.0 mg/l en julio). En Panchimalco es evidente el incremento de turbiedad que sufre el agua en 7 Km de recorrido ya que, salvo en el mes de julio, en los demás muestreos se presentaron concentraciones mucho más elevadas.

En Amacuzac la turbiedad fue baja en el estiaje (<10 mg/l) pero se incrementó considerablemente durante el mes de agosto (1360.0 mg/l), fenómeno que se repitió en la estación Atenango.

En Papalutla en el mes de mayo se alcanzó un nivel extraordinario de 6800 mg/l y se mantuvo elevado durante todo el tiempo de lluvias. Sin embargo, aguas abajo en Tlalcozotitlán la turbiedad no fue tan alta, exceptuando el mes de agosto. Los incrementos de turbiedad de estas estaciones parece ser que afectaron las características del agua río abajo, ya que también en San Juan y Mezcala las mayores concentraciones se registraron precisamente en mayo y agosto.

- Sólidos.

La cantidad de sólidos registrados en la estación Zapata varió de 636 a 1080 mg/l. Aproximadamente del 60 al 80% de estos sólidos fueron fijos, es decir de origen mineral y del 20 al 40% fueron volátiles o de origen orgánico. Estas proporciones se mantuvieron más o menos constantes durante todo el año, mientras que en Temixco la concentración de sólidos totales estuvo entre los 208 y 1036 mg/l, de la que los sólidos fijos constituyeron del 40 al 90% y por lo tanto la materia orgánica fue del 10 al 60% observándose que la mayor proporción de material suspendido (34%) se presentó en julio.

En Zacatepec y Panchimalco, la cantidad de sólidos totales fue mayor, alrededor de 800 y 1000 mg/l, así como la proporción de

sólidos fijos. Los sólidos en suspensión representaron del 1 al 10% durante el estiaje y del 5 al 20% en el tiempo de lluvias. En cuanto a la cantidad de sólidos volátiles, se observó en Panchimalco un incremento del 118% y del 74% con respecto a Zacatepec en enero y marzo, mientras que en octubre este parámetro disminuyó de 556 a 168 mg/l entre una estación y otra. Durante las lluvias, la concentración de estos sólidos se mantuvo relativamente constante en las dos estaciones.

La mayor parte del año, la concentración total de sólidos en Amacuzac fué de 350 a 450 mg/l. Sin embargo en el mes de agosto aumentó 10 veces más, siendo el 90% material en suspensión en su mayoría de origen mineral.

Durante el estiaje, las estaciones Atenango y Tlayahualco presentaron valores de sólidos muy similares y solo en julio la cantidad de éstos casi se triplicó. Resulta interesante observar que en Atenango durante este mes el 81% de dichos sólidos fueron volátiles reduciéndose aguas abajo al 38%. Sin embargo, la proporción de material suspendido aumentó de 23 a 48% constituidos principalmente por sólidos fijos.

En Papalutla y Tlalcozotitlán, durante el estiaje tanto las cantidades como las proporciones de sólidos se mantuvieron constantes, pero en mayo la cantidad de sólidos en suspensión se quintuplicó en Tlalcozotitlán con respecto a Papalutla (puesto que se carece de los otros datos, no fue posible determinar la naturaleza de estos sólidos, aunque lo más probable es que se trate de sólidos volátiles por la cantidad de material vegetal que acarrea el río durante las primeras lluvias). En julio el incremento de sólidos continua siendo muy alto (siete veces mayor en Tlalcozotitlán) con un 92% de materia orgánica mientras que en julio el 90% corresponde a sólidos inorgánicos, la mayor parte en suspensión.

En San Juan y Mezcala se registraron valores similares de sólidos y las proporciones entre el material orgánico e inorgánico también se mantuvieron. No obstante, se notó una clara disminución en la proporción de sólidos suspendidos, lo que significa que parte de éstos se va sedimentando en el transcurso de una estación a otra. La proporción de materia orgánica sólo se incrementó durante julio a 38% en San Juan y 56% en Mezcala, pero en los otros meses el 90% de los sólidos correspondió a los fijos.

En resumen se observa que tanto en el tiempo como longitudinalmente existe una sustitución gradual de sólidos de origen orgánico por minerales cuyo ciclo comienza con el estiaje.

- Calcio y Magnesio.

Margalef (1980) señala que en agua dulce, la relación magnesio/calcio debe ser aproximadamente de 0.26. En la siguiente tabla se muestran los valores de esta relación para cada una de las estaciones:

ESTACION	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Zapata	0.16	0.19	0.15	0.24	0.23	0.24
Temixco	0.36	0.32	0.42	0.28	0.40	0.23
Zacatepec	0.30	0.12	0.30	0.23	0.24	0.22
Panchimalco	0.33	0.19	0.32	0.29	0.24	0.25
Amacuzac	0.24	0.22	0.12	0.28	0.15	0.13
Atenango	0.30	0.21	0.23	0.26	0.18	0.18
Papalutla	-	0.18	0.20	0.18	0.21	0.15
Tlalcozotitlán	0.22	0.17	0.19	0.12	0.12	0.18
Tlayahualco	0.26	0.21	0.16	0.20	0.14	0.17
San Juan	0.26	0.21	0.18	0.20	0.14	0.16
Mezcala	-	0.17	0.15	0.28	0.15	0.19

Los valores altos en la estación Temixco se deben al bajo contenido de calcio de las descargas domésticas durante casi todo el año y que se incrementa ligeramente con las lluvias.

Por otro lado, los valores bajos de Zacatepec y Panchimalco obedecen a una disminución en el contenido de magnesio, notándose también una disminución de calcio durante las lluvias.

En Amacuzac un incremento de calcio en marzo, julio y agosto dió como resultado una baja relación, mientras que en Atenango las proporciones mostraron valores aproximados al señalado por Margalef, decreciendo en julio y agosto por disminución del contenido de magnesio.

A partir de este lugar, la mayoría de los valores fueron inferiores, ya que la concentración de calcio es relativamente más alta aguas abajo. Asimismo, este autor menciona también que la solubilidad del calcio depende del pH. A 20°C y a un pH de 7, la cantidad máxima de calcio que puede contener el agua es de 200 mg/l, decreciendo a medida que aumenta la alcalinidad.

- Sodio y potasio.

Asimismo, Margalef (op. cit.) proporciona otro índice de 2.4 como adecuado para la relación

$$\frac{\text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++}}{\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}}$$

Las relaciones obtenidas con las concentraciones de estos cationes son:

ESTACION	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Zapata	0.46	0.51	0.54	0.28	0.40	0.38
Temixco	1.11	0.79	0.63	0.77	0.83	1.84
Zacatepec	7.69	8.23	3.54	6.05	3.94	3.14
Panchimalco	6.65	4.59	2.33	3.70	3.98	4.03
Amacuzac	2.53	1.65	3.35	0.94	2.07	3.92
Atenango	7.27	5.36	3.59	3.37	3.88	3.70
Papalutla	-	3.02	3.33	3.41	3.84	4.57
Tlalcozotitlán	4.09	2.99	2.93	3.48	3.08	4.47
Tlayahualco	6.97	5.72	3.99	6.08	3.68	5.01
San Juan	4.84	4.67	3.78	2.82	2.28	4.44
Mezcala	-	5.42	3.64	4.91	3.94	2.39

En Zapata el alto contenido de sales, sobre todo de sodio, dan como resultado una baja relación, mientras que en Temixco los valores se deben a la escasa concentración de calcio.

A partir de aquí los valores fueron en general mayores, por el alto contenido de calcio, con lo que se infiere que los sulfatos de calcio son las sales que se encuentran en mayor abundancia debido a los yesos que constituyen buena parte del lecho del río (CFE, 1983).

- Coliformes.

La concentración de coliformes es hasta Atenango, típica de las aguas de desecho. A partir de aquí se observa una disminución; sin embargo, en la mayoría de los casos sobrepasa el límite de 2000 NMP/100 ml como promedio mensual, tal como lo señala la Legislación Relativa al Agua y su Contaminación (S.A.R.H., 1975).

Comparando las propiedades físico-químicas de las estaciones, éstas pueden agruparse en las siguientes zonas:

Zona No. 1. Comprende las estaciones Zapata y Temixco, donde la calidad del agua está fuertemente deteriorada de manera permanente por los desechos industriales y domésticos, respectivamente.

Zona No. 2. Comprende las estaciones Zacatepec y Panchimalco, donde a pesar de que en el tiempo de secas las condiciones de deterioro llegan a ser críticas, las lluvias efectúan un "lavado" y depuración del sistema.

Zona No. 3. Comprende la estación Amacuzac y en este estudio es el prototipo de una corriente relativamente sana, donde únicamente en el tiempo de lluvias la concentración de material suspendido constituye un problema. En esta época ocurre la muerte masiva de peces, principalmente del bagre del Balsas *Istlarius balsanus* por asfixia ya que los sólidos quedan retenidos en las branquias (Com. Pers.).

Zona No. 4. Comprende las estaciones Atenango y Tlayahualco, constituyendo puntos intermedios entre la descarga y estabilización de la materia orgánica.

Zona No. 5. Comprende las estaciones Papalutla y Tlalcozotitlán, donde el agua es pobre en nutrientes y rica en sales minerales, sobre todo sulfatos de calcio (yeso).

Zona No. 6. Comprende las estaciones San Juan y Mezcala, donde se conjuntan los efectos del río Amacuzac como transportador de materia orgánica y energía y los del Mixteco como portador de sales inorgánicas y sólidos en suspensión.

A partir de la estación Zacatepec y aguas abajo, los cambios estacionales en la calidad resultan más evidentes, observándose tanto en el espacio como en el tiempo una sustitución gradual de materia orgánica por material mineral producto de la intensa erosión hídrica que se da aguas abajo, sobre todo en la parte que corresponde al estado de Guerrero.

V.1.2 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Comparando los resultados obtenidos a partir de la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA), con la escala de la evaluación de la calidad del agua para diferentes usos (Tabla No. 2), se pueden hacer las siguientes observaciones:

El agua de la estación Zapata, dentro del criterio general, puede clasificarse como "fuertemente contaminada", donde sólo organismos muy resistentes pueden subsistir (SARH, 1981) y cuyo uso agrícola e industrial está muy restringido, siendo necesario su tratamiento.

El agua de la estación Temixco, también se encuentra dentro del intervalo señalado para la estación Zapata, aún cuando los valores del ICA sean un poco mayores.

La estación Zacatepec en los primeros muestreos y de acuerdo con el criterio general, se clasifica como "contaminado", donde "la vida acuática se restringe a especies poco sensibles" y se incrementa la necesidad de tratamiento para su uso agrícola e industrial. En los muestreos de julio y agosto, el ICA aumenta ligeramente y el agua bajo el mismo criterio general, llega a ser "aceptable", esto parece ser ocasionado por la disminución de la DBO durante julio y al incremento en la concentración de OD en agosto, ambos efectos debidos al aumento, tanto de la velocidad de la corriente como del caudal del río durante la época de lluvias.

La estación Panchimalco, durante los muestreos de octubre y enero se encuentra dentro del intervalo señalado como "contaminado" y los valores del ICA son semejantes a los de la estación Zacatepec e incluso mayores en el segundo muestreo. No obstante, el ICA desciende drásticamente en marzo y mayo, pasando a la categoría de "fuertemente contaminado", lo que parece coincidir con el agotamiento del OD y el incremento de la DBO.

En julio, el ICA se elevó y alcanzó el nivel de "aceptable" dentro del criterio general debido al aumento del caudal y de velocidad de la corriente con el consecuente aumento en el OD y la disminución de la DBO. En el mes de agosto, la velocidad de la corriente decrece y la concentración de materia orgánica aumenta de acuerdo con los valores de la DBO. El agua en esta época cae dentro del criterio de "contaminado"

Al comparar el ICA de estos dos últimas estaciones, se observa que físico-químicamente las mayores variaciones ocurren durante el estiaje, cuando el deterioro alcanza niveles críticos.

Los valores del ICA obtenidos en la estación Amacuzac, indican que los muestreos de octubre y enero caen dentro del intervalo señalado por la mencionada escala como "contaminado". En el muestreo del mes de marzo la calidad del agua fue "aceptable" debido al aumento en la concentración de OD, a pesar de que fue en este muestreo cuando se registró la menor velocidad de corriente y la mayor transparencia, lo que indica que durante esta época el río se convierte en una corriente de agua clara de alta calidad.

Posiblemente debido al aumento de los sólidos arrastrados al río durante las primeras lluvias, la calidad del agua en este tramo descendió en el mes de mayo, convirtiéndose en "contaminada", volviendo a recuperarse en julio y decreciendo nuevamente en agosto, variaciones ocasionadas también por la concentración de sólidos que durante este último mes alcanzaron niveles extraordinarios.

Al analizar los ICA de la estación de Atenango del Río, se observa que éstos no muestran variaciones estacionales tan marcadas como en las estaciones de muestreo anteriores, sino que los valores oscilan en la mayoría de los casos, alrededor de 75, es decir "aceptable" y el aumento que se presenta en el mes de mayo, parece deberse a una disminución en la DQO y coliformes, a pesar de que en este muestreo la cantidad de sólidos fue mayor. El deterioro de la calidad del agua en el mes de julio se debe al aumento en la cantidad de nutrientes, principalmente los fosfatos, ya que los valores de los demás parámetros no presentan grandes desviaciones.

Tomando en cuenta las pocas fluctuaciones, desde el punto de vista físico-químico, esta estación puede considerarse como estable.

La calidad del agua de la estación Papalutla, también se muestra mas o menos estable durante los muestreos de enero, marzo, mayo y julio, clasificándose como "aceptable". Para el muestreo del mes de agosto, la calidad del agua, de acuerdo con la escala, alcanzó un valor de ICA muy alto y se clasifica como "excelente" a pesar de la cantidad de sólidos es muy alta y la transparencia se ha reducido a un centímetro. Esto se debe seguramente al decremento en la concentración de nutrientes y materia orgánica por aumento del caudal.

La estación Tlalcozotitlán, a pesar de estar situada a unos cuantos kilómetros aguas abajo de la estación Papalutla, presenta un comportamiento extraño desde el punto de vista del ICA, ya que las variaciones estacionales están en sentido inverso con

respecto a Papalutla. Los niveles de calidad del agua se mantienen más o menos estables dentro del rango de "aceptable" y sólo descienden un poco en el primero y cuarto muestreos. En el mes de octubre esta variación se produjo por la disminución en el contenido de fosfatos mientras que en mayo se debe al incremento de los sólidos y a la baja concentración de OD.

En la estación Tlayahualco, el promedio de los valores de ICA es de 79.15, es decir "aceptable", sin embargo también muestra dos valores por abajo de este nivel en octubre y julio. En octubre, esta desviación seguramente esta relacionada con el pH. Desafortunadamente el pH aquí reportado fue el de laboratorio por lo que toda inferencia respecto a este parámetro resulta poco confiable. En julio el deterioro se debió principalmente al aumento de la DQO, de los sólidos y de los coliformes.

La estación San Juan Tetelcingo, es similar a la anterior; sin embargo, el promedio general es un poco menor. Así en octubre, el valor se encuentra dentro del rango de "contaminado", no obstante en el siguiente muestreo se eleva a tal grado que alcanza la categoría de "excelente". En octubre, al igual que en la estación Tlayahualco, la disminución del ICA se atribuye al alto valor del pH que también fue medido en el laboratorio. Aunque es un poco arriesgado afirmarlo, la variación del pH pudiera deberse a un aumento de la actividad de los iones negativos tales como los fosfatos cuyo nivel se encuentra algo elevado, así como en el muestreo de julio en el que además la cantidad de coliformes fue alta.

En la estación Mezcala, el valor más bajo se registró en mayo, quizá debido a la elevación de la DQO ocasionada por el aumento del material mineral y vegetal oxidable que es arrastrado al río por la primeras lluvias.

En agosto, el ICA se eleva sobre 90, es decir alcanza el rango de "excelente", ya que en esta época la DQO y DBO descienden mucho al tener el río un mayor volumen y velocidad de corriente lo que aumenta la oportunidad de oxigenación y autodepuración.

En esta parte del río, la calidad del agua parece bastante uniforme, si se considera que el promedio de los ICA es de 81.88 con una desviación estandar de 8.17, es decir que las fluctuaciones no son muy grandes comparadas con las de las primeras estaciones.

De acuerdo con la escala, este tipo de agua es "aceptable" para todos los organismos y sólo requiere de purificación ligera para uso potable (SARH, 1981).

V.1.3 VARIACION LONGITUDINAL DEL ICA

Al graficar la variación longitudinal del promedio del ICA (Fig. No. 3), se observa que la línea sigue una tendencia ascendente a medida que avanza en el curso del río, a excepción del tramo entre la estación Zacatepec y Panchimalco, donde se localiza el ingenio azucarero Emiliano Zapata. Se observa otro descenso entre Tlayahualco y San Juan, decremento atribuible al efecto producido por la mezcla de aguas de diferentes propiedades en la confluencia del río Amacuzac con el Balsas.

Las líneas perpendiculares señalan la magnitud de la desviación estandar en cada estación de muestreo, de acuerdo con las cuales los mayores valores se tienen en las estaciones Temixco y Panchimalco y los menores en Atenango y en Zacatepec. Las estaciones Tlayahualco y Mezcala presentan variaciones similares.

Cabe resaltar que las mayores fluctuaciones se observan en las primeras estaciones de muestreo, mientras que las últimas se mantienen dentro de un intervalo de variación más o menos constante.

Esto se debe en gran medida a que aguas abajo no existen descargas domésticas o industriales importantes además de que el volumen del río en esta parte es capaz de asimilar una cantidad mayor de compuestos orgánicos sin detrimento de la calidad.

V.2 PARAMETROS BIOLOGICOS

Los resultados de las colectas por estación de muestreo se presentan en las tablas Nos. 15 a 24.

Dadas las características del lecho del río en la estación Zapata, no se tomaron muestras de material biológico en ese lugar y los datos correspondientes de calidad del agua se presentan únicamente como referencia.

Al comparar la composición de las comunidades, se observó que en Temixco (Tabla No. 15) y Panchimalco (Tabla No. 17), el grupo mejor representado fue el de los dípteros aún cuando, debido a la dificultad que esto implica, la identificación se dejó a nivel de suborden, familia o subfamilia. En todas las demás estaciones los efemerópteros fueron los más dominantes en cuanto a número de grupos.

Se observó también que las mayores abundancias se registraron generalmente en el mes de octubre (813.4 individuos en promedio por estación) y las menores en julio y agosto (11.3 y 14.7 individuos en promedio). Esto se relaciona con las características del fondo del río, ya que durante el tiempo de lluvias el sustrato pedregoso casi desaparece. Hynes (1960), menciona que la naturaleza del lecho del río es el factor más importante que controla la distribución de los invertebrados bentónicos.

Por otro lado, el mayor número de grupos (41) se registró en la estación Amacuzac (Tabla No. 18) y el menor (24) en Temixco (Tabla No. 15). Es de señalarse que a diferencia de las demás estaciones, en Panchimalco el mayor número de grupos se observó precisamente durante las lluvias.

A pesar de que la composición taxonómica varió en las estaciones del río Amacuzac, se observó cierta similitud en cuanto a las especies colectadas, lo cual no sucedió en el caso del río Mixteco. Así por ejemplo, en la estación Papalutla aparecieron dos géneros de efemerópteros que no se colectaron en ninguna otra estación: *Farula* e *Isonychia*; además de un hemíptero de la familia Gelastocoridae y se presentaron por primera vez los géneros *Molanna*, *Oxyetira* y *Triaenodes*. Asimismo, en la estación Tlalcozotitlán se observó un comportamiento muy singular, ya que todos y cada uno de los ejemplares se colectaron en una sola

ocasión, lo que pudiera indicar que la distribución en este sitio obedece a patrones medio ambientales bien definidos y que estos "mosaicos" presentan particularidades en tiempo y espacio que determinan dicha distribución.

V.3 RELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLÓGICOS

V.3.1 INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

Los hirudíneos de la especie A se colectaron únicamente en la estación Temixco en los muestreos de marzo, junio y septiembre. Por las características físico-químicas del lugar (Tabla No. 25), parecen estar restringidos a aguas relativamente frías, de velocidad de corriente media, buena oxigenación y alta cantidad de materia orgánica, baja alcalinidad y un contenido relativamente alto de fosfatos y nitratos. El nivel de sulfatos de su hábitat es bajo, así como el contenido de cationes, mientras que la turbiedad y la cantidad de sólidos suspendidos parecen no afectar demasiado.

Los hirudíneos de la especie B también se colectaron sólo en este lugar en los muestreos de marzo y junio, de ahí que sus requerimientos ambientales deben ser similares. Sin embargo, parece ser que su presencia se relaciona con una velocidad de corriente menor y sus intervalos de sulfatos, turbiedad y sólidos también son más pequeños, así como los de sodio, potasio y calcio.

A pesar de que Pennak (1979) afirma que existe poca preferencia en cuanto al hábitat de los hirudíneos, y que algunos de ellos incluso "toleran cierto grado de polución", Temixco fue el único lugar donde se colectaron, de lo cual se deduce que este lugar debe presentar características muy especiales para su desarrollo. Al ser un organismo carnívoro y "raspador" del sustrato sólido del río, (Hynes, 1960) aprovecha la materia orgánica que se deposita en el fondo.

En algunos estudios acerca de la contaminación por metales (Hynes op. cit.), se ha reportado la susceptibilidad y ausencia de hirudíneos en corrientes afectadas por descargas de plomo, cobre o zinc, por lo que la presencia de estos organismos en esta parte del río parece indicar que no existe este problema, al menos en cuanto a dichos metales.

Asimismo, se ha asociado su presencia con algunos otros organismos como el isópodo *Asellus*, tricópteros y algunos efemerópteros. Al parecer la mayoría de los hirudíneos son habitantes de las partes altas de los ríos (Hynes, op. cit.)

pero no se restringen a las áreas poco contaminadas, como lo demuestra su presencia en este lugar. Este autor también reporta que especialmente algunas especies del género *Erpobdella* son habitantes de aguas contaminadas. De igual forma, Margalef (1980) menciona a *Erpobdella octoculata* como un organismo mesosapróbico.

Los oligoquetos de la especie A se colectaron en casi todas las estaciones, a excepción de Tlalcozotitlán y San Juan y dentro de intervalos medio ambientales muy amplios, por lo que es difícil relacionarlos con cierto tipo de habitat. Sin embargo, su presencia y abundancia relativa en cuatro de los seis muestreos de la estación Temixco y tres de la estación Zacatepec, parecen indicar su preferencia por un alto contenido de materia orgánica. A partir de la estación Amacuzac donde también se encontraron en tres muestreos, su presencia es más bien incidental en el sustrato pedregoso y cada vez más rara a medida que se desciende en el curso del río.

Dada la abundancia de estos organismos en las estaciones con mayor carga orgánica y tomando en cuenta las características ecológicas requeridas por los tubificidos (Pennak, op. cit.), es posible que los organismos colectados pertenezcan a la familia Tubificidae la cual es muy resistente y esta considerada como "indicadora" de contaminación orgánica, aunque muchos oligoquetos acuáticos son típicamente euríocicos, (Pennak, op. cit.)

Los oligoquetos de la especie B resultan más fáciles de correlacionar con las condiciones del medio, ya que sólo se colectaron en la estación Temixco durante el muestreo de junio. Por el bajo valor de DBO, parece que se presentan en zonas de poca materia orgánica donde ésta todavía no inicia su proceso de oxidación.

Los oligoquetos de este tipo, al igual que los hirudíneos son habitantes del sustrato erosionable del lecho del río (Hynes, 1960) y ecológicamente ocupan un nicho semejante al de las especies terrestres, es decir alimentándose del lodo del fondo y mezclando las capas superficiales del suelo con aquellas un poco más profundas (Pennak, 1979). También al igual que los hirudíneos, son sensibles a la contaminación por metales. (Hynes, op. cit.).

Las larvas del coleóptero *Cleptelmis* de la familia Elmidae se colectaron en las estaciones Amacuzac, Atenango, Tlayahualco y San Juan. En tres de éstas durante el estiaje y una durante las lluvias. De acuerdo con las condiciones ambientales en que se encontró, es una especie que habita dentro de intervalos más o menos amplios de la mayoría de los parámetros, de altos requerimientos de OD, con DBO y CO₂ bajos. Los élmidos son sensibles a la contaminación orgánica (Hynes, op. cit.) por lo que sólo aparecen en las partes bajas del río, donde el agua se

ha recuperado lo suficiente para proporcionar estas condiciones de oxigenación. Asimismo, parecen ser poco sensibles a la cantidad de sales y a la dureza y por sus adaptaciones morfológicas, la velocidad de la corriente debe ser un factor determinante.

Las larvas de *Crenitis*, coleóptero de la familia Hydrophilidae, aparecieron únicamente en las estaciones Panchimalco y Tlayahualco, ambas en el quinto muestreo. Considerando las condiciones de estos lugares, se induce que son organismos de aguas templadas, de corrientes rápidas y altos requerimientos de oxígeno. Toleran aguas "muy duras" de alta alcalinidad, con una cantidad media de nutrientes. En cuanto a los demás parámetros, los intervalos son demasiado amplios para tomarlos como referencia.

Dentro del orden Coleoptera, las larvas de la familia Elmidae parecen ser los miembros más numerosos y representativos en cuanto al sustrato rocoso de este tramo del río se refiere.

Los ejemplares de la especie B aparecieron en las estaciones Zacatepec, Amacuzac, Atenango, Tlalcozotitlán, San Juan Tetelcingo y Mezcala. De acuerdo con sus requerimientos físico-químicos, son euritermos, de corriente más bien rápida y aguas bien oxigenadas. Toleran cierta cantidad de materia orgánica y un alto contenido de sales, mientras que el intervalo de dureza, señala que se encuentran tanto en aguas "blandas" como "muy duras". También los intervalos de turbiedad y sólidos suspendidos indican que estos organismos habitan lo mismo en aguas claras que muy turbias.

Hynes (op. cit.), señala que el mayor porcentaje de élmidos se encuentran en los lechos compuestos de grava y pequeñas rocas, lo cual coincide con el hecho de que la mayoría de estos organismos se colectó entre octubre y mayo antes de que con las avenidas, este tipo de sustrato casi desapareciera. Por otro lado, este mismo autor menciona que estas larvas se encuentran durante todo el año, lo cual explica su presencia aún en la época de lluvias.

Esta condición de crecimiento durante todo el año y los amplios intervalos que determinan las condiciones físico-químicas en que se colectaron muestran que estos organismos sólo servirían como "indicadores" de aguas bien oxigenadas con poca materia orgánica, sin embargo no revelarían nada más acerca de las otras propiedades del río.

Las larvas de los élmidos de la especie C se colectaron en las estaciones Amacuzac, Atenango, Papalutla, Tlayahualco y San Juan y al igual que los de la especie B, también son euritermos y de aguas bien oxigenadas, aunque sus requerimientos en cuanto a la velocidad de la corriente, sólidos suspendidos y turbiedad parecen ser menores.

Un coleóptero de la familia Hydrophilidae y cuyo género no fue posible identificar, se colectó únicamente en la estación Zacatepec durante el muestreo de julio por lo que no se puede definir un intervalo en cuanto a sus requerimientos ambientales, pero sí se puede inferir que son buenos nadadores de corrientes bien oxigenadas con poca materia orgánica. Resisten aguas "muy duras" con alto contenido de sales, donde la cantidad de sólidos en suspensión y la turbiedad sean relativamente bajas.

El habitat de estos organismos no es precisamente el sustrato pedregoso en sí, ya que durante este último muestreo, este tipo de lecho ha desaparecido por las lluvias. Pennak (op. cit.), señala que los habitats de esta familia son la arena, suelo y detritos cercanos a la orilla, lo cual coincide con las condiciones del fondo del río en esa época.

La familia Noteridae, también del orden Coleoptera, se colectó solamente en la estación Mezcala, en el muestreo del mes de mayo. Se puede decir que es una especie de aguas templadas de velocidad media, bien oxigenada y con poca cantidad de materia orgánica. Tolera aguas "muy duras" con un alto contenido de sales y sólidos suspendidos y por consecuencia muy turbias.

De acuerdo con Pennak (op. cit.), el habitat propio de estos organismos es el lodo y los detritos, por lo que tampoco se le considera como fauna característica de los fondos rocosos ya que precisamente para este muestreo, el sustrato pedregoso estaba casi por desaparecer con la llegada de las primeras lluvias.

Pelonomus, coleóptero de la familia Dryopidae se colectó únicamente en la estación Temixco en el muestreo de mayo, de acuerdo con lo cual se infiere que se trata de una especie de aguas que van de frías a templadas, con requerimientos de oxígeno no muy altos, de aguas "blandas" y que tolera una turbiedad y contenido de sólidos en suspensión elevados. Existe poca información respecto a esta familia y aún menos por lo que al género se refiere.

Psephenus, coleóptero de la familia Psephenidae, cuyos ejemplares se colectaron en la estación Panchimalco en julio; Amacuzac en octubre mayo y agosto y Papalutla también en agosto.

Aparentemente las características físico-químicas de estos lugares son muy diferentes, sin embargo los intervalos que determinan los requerimientos de este género no parecen ser muy grandes.

Psephenus se definió como un organismo de aguas templadas, bien oxigenadas, cuya velocidad de corriente va de media a alta. Son tolerantes a las aguas "duras", muy alcalinas y con un contenido de sales ionizables más bien alto. Por su adaptación morfológica a las corrientes rápidas, su presencia se relaciona con un buen

nivel de oxígeno disuelto.

Solamente un ejemplar del género *Stenelmis*, también de la familia Elmidae, fue identificado en la estación Amacuzac. *Stenelmis* es al parecer un género muy común (Pennak, 1979), sin embargo sólo se colectó en el muestreo de agosto. Al relacionar a este organismo con los factores físico-químicos del medio, *Stenelmis* parece presentarse en aguas corrientes más bien frías, con una velocidad media y un pH algo ácido. Requiere de aguas bien oxigenadas con DBO y CO_2 bajos.

El intervalo de sales es reducido, así como la dureza, mientras que el agua puede considerarse como rica en nutrientes. Es de mencionar que la alcalinidad alcanzó en este muestreo un nivel muy elevado, a pesar de que el contenido de carbonatos y bicarbonatos es relativamente bajo, por lo que se infiere que esta alcalinidad se debe más bien a otro tipo de sales como los fosfatos, nitratos y probablemente algunos hidróxidos. La cantidad de sólidos suspendidos y consecuentemente la turbiedad resultaron altas por ser ésta precisamente la época de lluvias.

De acuerdo con algunos estudios, *Stenelmis* se ha reportado entre los 1100 y 1500 m.s.n.m., (Hynes, 1970) por lo que este parece ser un grupo perteneciente a las partes altas de los ríos. La estación Amacuzac se encuentra a los 920 m.s.n.m., lo que muestra que en México este género se halla más adaptado al clima templado-cálido.

En general, a excepción de *Pelonomus*, parece ser que la presencia de coleópteros esta relacionada con condiciones físico-químicas del agua que pueden considerarse saludables. Los miembros de la familia Elmidae tienden a ser más cosmopolitas y por ello su importancia como indicadores decrece.

Los dípteros identificados como de la familia Anthomyiidae, se colectaron en las estaciones Zacatepec y Panchimalco, en ambos lugares durante el mes de marzo.

Durante este muestreo, las condiciones de deterioro de la calidad del agua fueron extremas, de ahí que estos organismos pueden tomarse como buenos representantes de aguas cálidas, con corrientes de velocidad media y bajo contenido de OD y por lo tanto una alta DBO. El contenido de CO_2 también es alto, lo cual parece influir sobre la alcalinidad y el pH. El agua es "muy dura" y la cantidad de nutrientes y sales es también muy elevada. No obstante, la turbiedad y los sólidos en suspensión son relativamente bajos.

A pesar de que aparentemente están relacionados con un fuerte deterioro de tipo orgánico, estos organismos no son muy abundantes y por el tamaño pequeño de los puparios resulta difícil distinguirlos de los detritos.

Para hablar de la utilidad de los quironómidos como indicadores de la calidad del agua, hubiera sido necesaria su identificación a nivel de especie, ya que los organismos de la subfamilia Chironominae se presentaron dentro de intervalos que hacen imposible la relación de estas larvas con las condiciones físico-químicas del medio. A pesar de que el criterio general de muchos autores tiende a relacionar a estos organismos con el deterioro del agua, es necesario hacer algunas observaciones al respecto.

El hecho de que se hayan colectado en casi todos los muestreos de las estaciones Temixco, Zacatepec y Panchimalco no es raro, considerando las condiciones ya mencionadas para estos lugares. Sin embargo, dado que también aparecieron en los muestreos de otros sitios donde las condiciones son menos críticas, sólo puede interpretarse como que son especies muy diferentes o bien su adaptación es tal que toleran intervalos ambientales muy amplios.

Las larvas de quironómidos son habitantes comunes de los lodos ricos en materia orgánica y en las zonas donde la tasa de oxidación es muy intensa (Hynes, 1960), por lo tanto, más que por la presencia, por la abundancia de estos organismos se deduce que las estaciones Temixco y Zacatepec son un buen ejemplo de dichas zonas.

Los organismos incluidos en este estudio dentro del suborden Cyclorhapha, se colectaron en las estaciones Panchimalco y Papalutla en enero y mayo, respectivamente y es posible que pertenezcan a especies muy diferentes. No obstante, aunque a primera vista estas dos estaciones parecen disímiles, coinciden en algunas condiciones que podrían ser determinantes para el desarrollo de estas larvas, como una temperatura alta y el pH ligeramente ácido, además del bajo contenido de OD.

Asimismo, parece ser que resisten aguas ricas en materia orgánica, muy duras, con alto contenido de sales y sólidos en suspensión.

Aún cuando pudieran considerarse buenos "indicadores" de deterioro, su identificación resulta difícil.

Culex, díptero de la familia Culicidae, se colectó en las estaciones Temixco en marzo y julio; en Zacatepec en marzo y mayo y en Panchimalco solamente en mayo.

A pesar de que estas estaciones son las que presentan un mayor deterioro, los intervalos determinados por las condiciones físico-químicas en que se colectaron son muy amplios como para relacionarlos con alguna característica en particular, sin embargo debe existir algún otro factor con respecto al ciclo anual del río, ya que la mayor parte de estos organismos se colectó durante el tercer muestreo. Hynes (1960) señala que

Culex no es un habitante normal de los ríos, a pesar de que se han encontrado en ríos muy contaminados.

Los ejemplares de la familia Heleidae, (**Palpomyia** o **Probezzia**), se colectaron en las estaciones Temixco, Amacuzac, Atenango y Tlalcozotitlán, todos en distintos muestreos. Observando los intervalos tan amplios en los que aparecieron los organismos, es muy probable que se trate de especies diferentes.

Helophilus, de la familia Syrphidae, se colectó en las estaciones Temixco y Panchimalco. Al parecer también estos organismos se presentan dentro de intervalos muy amplios de condiciones físico-químicas, aunque la cantidad de sodio y potasio podrían ser un factor importante.

Existen algunos reportes acerca de **Eristalis** que también pertenece a esta familia, en los que se clasifica como un habitante normal de las aguas de desecho y corrientes muy "contaminadas".

Tanto las larvas de **Helophilus** como las de **Culex**, debido a sus adaptaciones morfológicas, son capaces de respirar el oxígeno atmosférico (Margalef, op. cit.), por lo tanto la presencia de estos organismos se relaciona con las condiciones anaeróbicas que existen o han existido en esos lugares.

Pericoma y **Psychoda**, ambos géneros de la familia Psychodidae, aparecieron en varios muestreos de las estaciones Temixco, Zacatepec y Panchimalco. De acuerdo con Pennak, (op. cit.) las larvas y pupas de estos organismos ocurren en el agua sucia y de desecho. Es notable su tolerancia a la materia orgánica en proceso de descomposición, como lo muestran los valores extraordinariamente altos de DBO y CO_2 , asimismo resisten gran cantidad de sales y en consecuencia una dureza y alcalinidad del agua muy elevadas.

Simulium, también del orden Diptera, pero de la familia Simuliidae, se colectó en las estaciones Amacuzac, Tlayahualco y Mezcala, principalmente en los últimos muestreos. Aunque Margalef (op. cit.) menciona a **Simulium** dentro de los organismos mesosapróbicos, es decir con una DBO de 3.5 a 12 mg/l, es interesante señalar que en los muestreos en que se colectó este género, la DBO se mantuvo dentro del intervalo de 2.0 - 7.6 mg/l, además de que los requerimientos de OD fueron altos (entre 6.1 y 8.3 mg/l) y el contenido de CO_2 relativamente bajo. De acuerdo con este autor, las larvas² de **Simulium** se acumulan donde fluye agua más rica en partículas en suspensión, ya que son organismos filtradores y donde la corriente es además lo bastante intensa para no permitir el acceso a los depredadores. Por lo tanto, el hecho de que se colectara precisamente durante la época en que el río acarrea mayor cantidad de material en suspensión no es casual, ya que además de que requiere cierta velocidad de

corriente, el caudal facilita su alimentación.

Además de reófilas, las larvas de *Simulium* están consideradas como fototrópicas (Hynes, op. cit.), ya que como se observa, a pesar de que se colectaron durante los meses más lluviosos, la turbiedad no es tan elevada como podría esperarse.

También es importante mencionar, que tal como lo menciona Hynes (1970), *Simulium* aparece asociado con otras especies de efemerópteros. De acuerdo con algunos estudios referidos por este autor, *Simulium* es uno de los primeros colonizadores de "nuevos" ecosistemas de agua corriente, seguido por *Baetis* y otros, a medida que cierta cantidad de materia orgánica comienza a acumularse.

En otros estudios de distribución altitudinal, se señala que *Simulium* habita en lugares entre los 1,100 y 3,000 m.s.n.m. (Hynes, op. cit.), sin embargo, durante los muestreos este género sólo se colectó en lugares por debajo de los 920 m.s.n.m. e incluso a los 626 y 500 m.s.n.m.

Los organismos de la familia Stratiomyidae se colectaron en la estación Temixco en los muestreos de marzo y julio y en la estación Panchimalco en mayo y julio. Por las características físico-químicas del río en estos lugares, se puede afirmar que dichas larvas están adaptadas para resisitir condiciones de fuerte deterioro de la calidad del agua.

Hynes (1970) señala que este grupo de organismos toleran temperaturas hasta un poco menos de 40°C y de acuerdo con estos resultados, también resisten temperaturas relativamente bajas como 16.5°C por lo que pueden considerarse como euritermos.

Aún cuando podría tomarse a este grupo como indicadores de deterioro orgánico, Pennak (op. cit.) menciona que aparecen muy raramente en los muestreos, mientras que Hynes (1970) restringe su habitat a la orillas de corrientes rocosas y bancos de cascadas, lo cual podría explicar su condición de euríocicos.

Tabanus, díptero de la familia Tabanidae se colectó en las estaciones Panchimalco, Amacuzac, Tlalcozotitlán y San Juan, en distintos muestreos. Aún cuando se presentan dentro de intervalos muy amplios, coinciden en una DBO y CO_2 relativamente bajos.

Los ejemplares de la subfamilia Tanypodinae se colectaron en casi todas las estaciones, exceptuando Papalutla y Tlayahualco. También estos organismos mostraron intervalos muy amplios y no parecen tener preferencia por un ambiente especial. Pudiera ser que un bajo contenido de potasio tuviera alguna relación indirecta con el desarrollo de estas larvas.

Las larvas de la familia Tipulidae se presentaron en la estaciones Panchimalco y San Juan, al igual que las anteriores, dentro de intervalos muy amplios y sobreviven incluso en condiciones anaeróbicas.

Dentro de los efemerópteros de la familia Baetidae, los géneros **Baetis** especies A y B se presentaron en intervalos muy amplios que los colocan como organismos euritermos con requerimientos mínimos de OD (2.1 mg/l) y una tolerancia a la DBO hasta de 386 mg/l. También resisten aguas "muy duras" y alcalinas. Se colectaron en lugares donde la cantidad de sólidos suspendidos y por lo tanto la turbiedad no son muy elevadas.

Baetis especies C y D (Tabla No. 26), por ser organismos univoltinos (de una sola generación anual, Hynes, 1970) sólo se colectaron durante los tres primeros muestreos. Es importante señalar que las ninfas de **Baetis** especie D se colectaron únicamente durante en marzo, lo cual parece tener relación con su ciclo de vida y su época de emergencia. Este género de **Baetis** es posible que sobreviva en lugares dentro de un intervalo más estrecho de temperatura y donde la velocidad de la corriente es menor.

Lo más probable es que los organismos identificados dentro de **Baetis** spp. efectivamente pertenezcan a especies diferentes ya que los intervalos que determinan sus requerimientos ambientales son muy amplios, además de que se presentan en lugares cuyas condiciones son muy diferentes. Su presencia se registró a partir de marzo y hasta agosto, lo cual indica su resistencia a velocidades de la corriente hasta de 1.50 m/seg. Sus requerimientos mínimos de OD son similares a los de **Baetis** especies C y D, mientras que los límites inferiores para los demás parámetros son menores.

Baetis es un organismo adaptado a las corrientes porque ha perdido la capacidad de producir su propia corriente. Como lo demuestran algunos estudios recopilados por Hynes (1970), la tasa de respiración esta directamente relacionada con la velocidad de la corriente y por lo tanto sus requerimientos pueden adaptarse a distintas condiciones que a su vez se encuentran determinadas por dicho factor.

Las ninfas de **Dactylobaetis** se colectaron en casi todas las estaciones, a excepción de Temixco y Panchimalco y en distintas épocas. Considerando esto, se le puede clasificar como un organismo euritermo que tolera velocidades de corriente altas, cuyos requerimientos de oxígeno son un poco más altos que los de **Baetis**, mientras que no tolera gran cantidad de materia orgánica, como lo demuestran los valores bajos de DBO. A diferencia de otros baétidos, éste resiste una gran cantidad de sólidos en suspensión y en consecuencia una turbiedad muy alta.

Dactylobaetis podría considerarse como un indicador de un buen nivel de OD y bajos DBO y CO_2 , además por ser un organismo multivoltino, puesto que apareció durante todo el año, resulta útil porque su presencia no se restringe con la época del muestreo.

Homoeoneuria, efemeróptero de la familia Oligoneuriidae, se colectó solamente en la estación San Juan durante el segundo muestreo. Parece ser un organismo de aguas cálidas adaptado a una velocidad de corriente alta. Sus requerimientos de oxígeno también son altos y de acuerdo con la DBO no tolera mucha materia orgánica; no obstante resiste aguas "muy duras" poco alcalinas con bajo contenido de nutrientes, donde la concentración de sólidos suspendidos y la turbiedad son bajas.

Isonychia, efemeróptero de la familia Siphonuridae se colectó en las estaciones Papalutla en julio y Mezcala en marzo y agosto.

Los intervalos en que se encontraron señalan a este organismo como estenotermo, que requiere de una velocidad de corriente alta y buena oxigenación. Por otro lado tolera condiciones extremas de dureza, sólidos suspendidos y turbiedad. Esto último resulta conveniente, ya que **Isonychia** se alimenta de detritos y pequeños organismos vivos que quedan atrapados en las cerdas de los apéndices anteriores (Pennak, op. cit.).

Parameletus, también de la familia Siphonuridae, se colectó en las estaciones Amacuzac, Atenango, Tlalcozotitlán y Mezcala. Es posible que esta especie es la misma identificada por Kato y Romo (1981) como **Ameletus**, colectada aguas arriba de la estación Amacuzac.

Parameletus también parece ser un organismo de aguas rápidas, de tibias a cálidas que requieren de una buena oxigenación pero que sin embargo, soportan cierta cantidad de materia orgánica. También resisten durezas y alcalinidades muy altas y se les encuentra tanto en aguas claras como muy turbias. Su presencia podría indicar un buen nivel de oxígeno con cierta cantidad de materia orgánica, y puesto que tampoco dependen de la estacionalidad se les puede colectar durante todo el año.

Los organismos identificados como **Thraulodes** especie A se colectaron en casi todas las estaciones a excepción de Temixco, Papalutla, Tlalcozotitlán y San Juan. Por los intervalos tan amplios en que se encontraron es difícil relacionarlos con un ambiente en especial. A pesar de que se presentan en lugares donde la DBO alcanza hasta 386 mg/l, cabe mencionar que en la estación Panchimalco se colectó solamente en el mes de julio, es decir, cuando las condiciones de deterioro han mejorado un poco.

Thraulodes especie B se colectó en casi todas las estaciones, a excepción de Temixco y Panchimalco y durante todo el año. A

pesar de que también tolera valores de DBO muy altos parece ser que su distribución se restringe a lugares con condiciones un tanto mejores que la especie A.

Thraulodes spp. es posible que sea aún más selectivo en cuanto a deterioro orgánico, pues sólo se colectó de la estación Amacuzac aguas abajo dentro de intervalos estrechos de DBO.

Traverella, efemeróptero de la familia Leptophlebiidae, se colectó también en casi todas las estaciones a excepción de Temixco y Panchimalco.

El hecho de que este organismo aparentemente tenga intervalos tan amplios en sus requerimientos, se debe a que se colectó en el tercer muestreo en la estación Zacatepec cuando las condiciones de deterioro eran extremas. No obstante, considerando que los demás ambientes en que se presentó son más saludables, es posible que tales condiciones extremas sean puntuales o instantáneas y no permanentes. Esta podría ser la misma situación de **Thraulodes** especies A y B.

Trycorithodes especie A, efemeróptero de la familia Trycorithidae (es muy probable que se trate del mismo género referido por Kato y Romo, 1981, como **Leptohyphes**), se presentó en casi todas las estaciones, a excepción de Panchimalco, por lo que se infiere que es un organismo que a pesar de presentarse en una gran variedad e ambientes, no tolera condiciones de fuerte deterioro. Los estudios realizados en **Trycorithodes minutus**, indican que es un organismo que ocupa un lugar importante en la cadena alimentaria del detritus como procesador debido a sus altas tasas de ingestión (McCullough, 1979).

Trycorithodes especie B se colectó en la mayoría de las estaciones, exceptuando Temixco, Tlalcozotitlán y Mezcala. Por las condiciones en que se capturó parece ser más resistente al deterioro orgánico que la especie A, así como a la turbiedad y a la cantidad de sólidos en suspensión. Sin embargo, ninguna de las dos especies resulta recomendable para hacer inferencias acerca de la calidad del agua, salvo como indicador de deterioro orgánico, ya que estudios experimentales de densidad en diferentes niveles de alimentación señalan a **Trycorithodes** sp. como un habitante de lugares donde existe una buena cantidad de detritus orgánico (Hynes, 1974), como sucede en la estación Zacatepec.

En un estudio de 13 años realizado en el río Mississippi (Whitton, 1975), se menciona a los efemerópteros como excelentes indicadores de la calidad del agua por su ciclo de vida relativamente largo y su escasa movilidad, lo cual no les permite escapar de los materiales tóxicos.

Ambrysus especie A, hemiptero de la familia Naucoridae, se

colectó en las estaciones Amacuzac, Atenango, Tlayahualco, San Juan y Mezcala. Es un organismo de aguas cáidas con velocidad de corriente de media a alta que se presentó dentro de un intervalo amplio de pH y altos valores de OD y DBO; el CO_2 fue bajo. Resiste aguas muy duras y poco turbias.

Ambrysus especie B se colectó en las estaciones Amacuzac, Atenango y Mezcala. Es un organismo euritermo de altos requerimientos de OD y baja DBO. También tolera una alta alcalinidad y aguas muy duras con alta concentración de sólidos y por lo tanto turbias.

Cryphocricos pertenece también a esta familia y se colectó en condiciones similares a *Ambrysus* aunque solamente en las estación Amacuzac y en un solo muestreo. De ahí que no se puede establecer un intervalo de exigencias fisico-químicas.

El único ejemplar de la familia Gelastocoridae se colectó en la estación Papalutla en el muestreo del mes de enero. A pesar de la época, la temperatura del agua y la velocidad de la corriente eran altos.

En la estación Mezcala se colectó un ejemplar no identificado de la familia Naucoridae, que al igual de los otros organismos de esta familia, también requiere de un alto contenido de oxígeno y tolera gran cantidad de sales.

Los hemipteros de la familia Veliidae, se colectaron únicamente en las estaciones Panchimalco y Mezcala, por lo que presentan intervalos muy amplios de condiciones fisico-químicas.

Asellus, crustáceo del orden Isopoda, se colectó únicamente en la estación Temixco en todos los muestreos. De acuerdo con las condiciones de dicho lugar, se deduce que es un organismo estenotermo que tolera velocidades altas de corriente y puede sobrevivir en ausencia casi total de oxígeno, ya que éste es demandado por la gran cantidad de materia orgánica en proceso de oxidación. La dureza y alcalinidad fueron relativamente bajas en este lugar.

Pennak (op. cit.) menciona que algunas especies de *Asellus* son indicadoras de contaminación orgánica en la medida en que pueden ser muy abundantes en la zona de "recuperación" deteriorada por desechos de tipo doméstico. *Asellus* desempeña un papel importante en dichas zonas, ya que por ser detritívoro ayuda a la descomposición del material alóctono que no entra al ciclo energético de un ecosistema en el ritron (Hynes, 1970).

Además de *Asellus* se colectó otro isópodo no identificado en la estación Panchimalco. A pesar de que esta estación se considera en general deteriorada por las descargas orgánicas del ingenio azucarero, durante el único muestreo en el que se colectó, las

condiciones habían mejorado notablemente por el aumento del caudal debido a las lluvias. Aún así, la cantidad de sales, sobre todo sulfatos y la dureza resultaron excesivas. Asimismo, al comparar la cantidad de iones de calcio y magnesio de la estación Temixco con la de este lugar, es evidente el incremento de una estación a otra.

Hydrachna, el único ejemplar de la clase Arachnoidea, se colectó solamente en la estación Amacuzac en el mes de junio. Durante esta época, las condiciones de este lugar se deterioraron un poco por las primeras lluvias y el arrastre de material orgánico como lo indican la disminución de OD con una DBO relativamente alta. También la DQO elevada se relaciona con una cantidad extraordinaria de material oxidable, como ramas u otro tipo de compuestos celulósicos. También en este muestreo, la alcalinidad se redujo y el pH se tornó ligeramente ácido, mientras que se dió un aumento en la cantidad de sólidos en suspensión.

Los hidracarinos se encuentran en mayor o menor abundancia en varios tipos de lecho del río, sin embargo parece ser que su ambiente más favorable se relaciona con la presencia de vegetación enraizada, (Hynes, 1970). Por otro lado Pennak (op. cit.) indica que los hidracarinos son relativamente poco comunes en los muestreos de fauna bentónica.

Hynes (op. cit.) menciona que esta especie, se distribuye altitudinalmente por arriba de los 1200 m.s.n.m.; sin embargo, se colectó en la estación Amacuzac que se encuentra a los 920 m.s.n.m. Debido a su pequeño tamaño y a la poca frecuencia con que se presentan en los muestreos, no es recomendable su uso como indicadores.

Las larvas de *Parapoynx*, uno de los dos géneros de lepidópteros de la familia Pyralidae se colectaron en las estaciones Temixco, Tlalcozotitlán, Tlayahualco, San Juan y Mezcala. El hecho de que se haya presentado en la estación Temixco amplía mucho los intervalos, por lo que *Parapoynx* puede considerarse como un organismo tolerante a una gran variedad de condiciones ambientales.

Puesto que la única larva de *Parargyractis* se colectó en la estación Tlayahualco en el segundo muestreo, no es posible delimitar sus intervalos de requerimientos físico-químicos. Pennak (op. cit.), menciona que la especie *Parargyractis fulcalis* es muy común y se le encuentra en las superficies expuestas de corrientes rápidas. Por esto y por las condiciones en que se colectó, se infiere que es un organismo que requiere de un buen nivel de oxigenación que tolera aguas "duras" no muy alcalinas, donde la cantidad de sales como el sulfato de calcio es elevada.

Corydalus, megalóptero de la familia Corydalidae se colectó en

casi todas las estaciones a excepción de Zacatepec, Tlalcozotitlán y San Juan. Cabe decir que únicamente se presentó durante octubre, enero y marzo. Es un organismo euritermo, que requiere de buena oxigenación y tolera fuertes cantidades de materia orgánica, alta conductividad y dureza. Por otro lado parece que son susceptibles a la cantidad de sólidos en suspensión y a la turbiedad.

Pennak (op. cit.) indica que estos organismos se encuentran bajo y entre las rocas en las corrientes, valiéndose de sus proyecciones laterales para mantener su posición, de ahí que su ausencia durante los tres últimos muestreos (mayo, julio y agosto) es más atribuible a la cantidad de sólidos en suspensión y a la pérdida del sustrato rocoso (Peckarsky, 1979) que al aumento de la velocidad de la corriente.

Gyraulus, gasterópodo de la familia Planorbidae, se colectó en las estaciones Zacatepec, Atenango y Mezcala, en el primero, cuarto y segundo muestreos. Las condiciones de colecta indican que se trata de un organismo de aguas cálidas, de velocidades de corriente alta y buena oxigenación. Existe en aguas muy duras donde el contenido de sales es alto.

Pennak (op. cit.), señala que este es un factor muy importante, sobre todo porque el carbonato de calcio es un material esencial para la construcción de la concha de los moluscos; de ahí que el contenido de calcio sea alto en las estaciones en que se colectó.

Ferrissia, de la familia Ancyliidae, se colectó únicamente en las estaciones Temixco y Panchimalco, en enero y marzo y en la segunda en agosto aunque de hecho su hábitat se restringe a los sustratos rocosos (Hynes, 1970). También organismos de esta familia se han relacionado con cierto tipo de oligoquetos (Hynes, op. cit.). Las condiciones de captura lo colocan como un organismo euritermo, de corrientes no muy rápidas, con un intervalo amplio de pH. (Pennak, op. cit. reporta que *Ferrissia* *parallela* se ha encontrado en aguas con un pH de 6.0 a 8.4).

Los requerimientos de oxígeno son relativamente altos, así como su tolerancia al contenido de materia orgánica, a pesar de que Pennak (op. cit.) señala que estos organismos solo se encuentran donde el agua permanece casi saturada. Tolera aguas muy duras aún cuando algunos reportes mencionan la ocurrencia de otros anclidos solamente en aguas blandas, además de una alcalinidad y contenido de nutrientes altos. Este organismo parece estar relacionado con lugares donde el alto contenido de materia orgánica presente durante largo tiempo, ha deteriorado tanto la calidad del agua como la del sustrato. Además, puesto que sus generaciones se traslapan siempre hay especímenes presentes.

Lymnaea, gasterópodo de la familia Lymnaeidae se colectó en las

estaciones Zacatepec, Panchimalco, Tlalcozotitlán y San Juan. De acuerdo con sus requerimientos, se le puede calificar como un organismo de aguas cálidas de corriente media a rápida, donde el pH tiende a la alcalinidad y toleran condiciones de baja oxigenación. De acuerdo con la DBO en la que sobreviven se clasifican como habitantes de las aguas de desecho. Pennak, (op. cit.) señala que *Lymnaea* ocurre en una amplia variedad de habitats, por lo que sus requerimientos en cuanto a calidad de agua no son muy exigentes.

Margalef (1980), señala que la reproducción de *Lymnaea palustris* depende del fotoperíodo y es posible que esta condición incida en su ocurrencia, lo que presenta una desventaja para hacer inferencias acerca de las condiciones de la calidad del agua.

Margaritifera, pelecípodo de la familia Margaritiferidae (Tabla No. 27), es un organismo propio del sustrato rocoso (Hynes, 1970), y se colectó únicamente en la estación Tlayahualco en el mes de mayo, por lo que no se pueden establecer intervalos de sus requerimientos. Sin embargo, a pesar de que Hynes (1970) señala que suelen ocurrir en corrientes de aguas "blandas", el agua en el lugar de colecta se clasifica como "muy dura" donde también el contenido de calcio es muy alto.

Physa, molusco de la familia Physidae se colectó en las estaciones Temixco, Zacatepec y Panchimalco en varios muestreos de acuerdo con lo cual se infiere que se trata de un organismo que prolifera aún en condiciones de fuerte deterioro orgánico que incluso agota por completo el OD en el agua. Asimismo, sobreviven en aguas muy duras y alcalinas. Su presencia y abundancia parecen relacionarse directamente con la cantidad de materia orgánica.

Además de indicar enriquecimiento orgánico, *Physa* es muy sensitivo al envenenamiento por toxinas y desaparece en condiciones de contaminación tóxica (Hynes, op. cit.).

Pleurocera, molusco de la familia Pleuroceridae, se colectó en la estación Zacatepec, Panchimalco, Atenango, Tlayahualco y Mezcala en diversos muestreos. Aunque los intervalos en que se presenta son muy amplios se puede afirmar que tolera aguas más bien cálidas con una DBO relativamente alta. Se presentó en aguas muy duras de alta alcalinidad.

Su presencia y frecuencia en las dos últimas estaciones posiblemente se debe al arrastre de estos organismos por la corriente, ya que de acuerdo con su abundancia en las primeras estaciones parece estar relacionado con una concentración alta de materia orgánica. Esta característica y el hecho de que su ciclo de vida exceda el año, lo hacen adecuado para utilizarlo como un indicador de deterioro orgánico, siempre y cuando se presente en varios muestreos consecutivos.

Aphylla, odonato de la familia Gomphidae, se colectó en la estación Atenango en el primero y tercer muestreos y en Tlayahualco en el segundo muestreo. Es un organismo que se presenta en aguas templadas de velocidad media a alta y de pH alcalino con un buen nivel de oxigenación. En las estaciones en las que se colectó, el contenido de sales era alto así como la dureza. También el contenido de sulfatos, sodio y calcio resultaron comparativamente elevados. Pennak (1979), señala que este género es poco común y se distribuye sólo en el estado de Texas.

Argia, odonato de la familia Coenagriidae, se colectó en casi todas las estaciones a excepción de Papalutla y Tlayahualco, en octubre, enero, marzo y mayo. Los intervalos en que se presentaron son tan amplios que se puede inferir que toleran condiciones de fuerte deterioro orgánico. Sin embargo, a pesar de esto requiere de un contenido adecuado de oxígeno disuelto, además de que resisten aguas "muy duras" y alcalinas, con alto contenido de nutrientes. No se colectaron en aguas muy turbias. Hynes (1970) reporta que este es un género común en Norteamérica que habita debajo de las rocas en corrientes rápidas.

Gomphus, odonato de la familia Gomphidae, se colectó en la estación Amacuzac, Atenango, Tlalcozotitlán y Mezcala. Se puede clasificar como un organismo de aguas templadas que a la vez requiere una buena oxigenación. Sobrevive en aguas muy duras y turbias, donde el contenido de sólidos en suspensión es relativamente elevado. Sólo se colectó en los meses de estiaje y hasta las primeras lluvias.

Hetaerina, odonato de la familia Agriidae, se colectó en las estaciones Panchimalco, Zacatepec y Tlayahualco. Es un organismo cuyos requerimientos físico-químicos son muy amplios e incluso su presencia en la estación Panchimalco, indica que sobrevive aún en ausencia total de oxígeno.

Agrion, que pertenece a la misma familia que **Hetaerina**, se ha identificado como un habitante de plantas expuestas a la corriente (Hynes, 1970).

Hyponeura de la familia Coenagriidae se colectó en las estaciones Atenango y Tlayahualco durante el muestreo de enero. Por presentarse solo en dos estaciones es difícil delimitar sus requerimientos físico-químicos, aunque al parecer prefiere aguas bien oxigenadas con bajo contenido de materia orgánica; tolera además aguas muy duras con concentraciones elevadas de sales sobre todo de calcio. Se presentó en aguas claras con poca cantidad de sólidos en suspensión.

Los organismos del género **Libellula** se colectaron en las estaciones Atenango, San Juan y Mezcala, se pueden considerar como de aguas corrientes templadas, alcalinas y bien oxigenadas

que además sobreviven en aguas "muy duras" y toleran cierta turbiedad y cantidad de sólidos.

Ophiogomphus se colectó en casi todas las estaciones a excepción de Temixco. Los intervalos de sus requerimientos son muy amplios. Sin embargo, parece que es sensible a la cantidad de oxígeno disuelto, ya que en la estación Panchimalco sólo se colectaron cuando las condiciones de oxigenación mejoraron por aumento en la velocidad de la corriente.

Perithemis, también de la familia Libellulidae se colectó únicamente en la estación Panchimalco en el muestreo del mes de julio. Por las condiciones en que se colectó, parece que no es un género muy común. Aunque se presentó en la estación Panchimalco, que es una estación muy deteriorada, ya la calidad del agua había mejorado con respecto a los muestreos anteriores, es decir durante la etapa de recuperación.

En la estación Amacuzac se colectó un anisoptero no identificado que posiblemente corresponde a un estadio ninfal temprano de alguno de los otros géneros ya reportados para esta estación.

En la estación Panchimalco, durante el segundo muestreo, se colectó un ejemplar del orden Orthoptera, sin embargo parece que las aguas corrientes no son el hábitat normal de este organismo por lo que su presencia parece ser incidental.

Los ostrácodos se colectaron en la estación Temixco, Panchimalco, Atenango, Tlalcozotitlán y Tlayahualco. De acuerdo con lo que señala Pennak (op. cit.), los ostrácodos toleran rangos amplios de factores ecológicos y los rangos normales de temperatura y químicos tienen poca importancia. A pesar de que se presentan en estaciones muy deterioradas como Temixco, tanto la DBO como el OD revelan que para agosto, las condiciones habían mejorado notablemente.

Asimismo, su presencia se relaciona con la pérdida del sustrato rocoso, ya que de acuerdo con Pennak, (op. cit.) la mayoría de las especies ocurren en los sustratos suaves. Sin embargo este autor señala que su presencia es más frecuente cuando hay poca velocidad de corriente, lo cual no coincide con las velocidades medidas en el sitio de colecta.

Atoperla, de la familia Perlidae es el único género de plecóptero identificado en la cuenca. Se colectó en la estación Atenango y Tlalcozotitlán en el cuarto y primer muestreo, respectivamente, de acuerdo con lo cual se infiere que son organismos de aguas corrientes templadas, de pH alcalino con una buena oxigenación. También toleran aguas "muy duras" con un contenido alto de sales, sobre todo sulfatos de calcio. Es posible que el hecho de que sólo se hayan colectado dos ejemplares, se deba a que estos organismos son de hábitos nocturnos (Hynes, 1970).

Es importante señalar que la mayoría de los plec6pteros se consideran como habitantes de corrientes frías (Hynes, op. cit.), no obstante, estos organismos se colectaron en aguas entre los 26 y 27°C. Dentro de este grupo tax6nomico existen algunas especies que se pueden considerar como calcífugas y otras como calcífilas, por lo que tomando en cuenta las concentraciones de calcio, parece ser que la especie colectada pertenece a estas últimas, (Hynes, op. cit.).

Por otro lado, parece que también la época del muestreo influye en la aparición de los plec6pteros. Cushing en 1963, en un estudio en el río Montreal, encontró que la mayor parte de los plec6pteros se presentaron en los meses de agosto y septiembre (Hynes, 1970), es decir, en los meses de lluvia, lo cual en cierta forma coincide con la época en que se colectaron estos plec6pteros y lo más probable es que trate de especies de una sola generación anual.

Pennak (op. cit.), señala que estos organismos se encuentran en habitats l6ticos poco contaminados donde existe oxígeno en abundancia.

Agraylea, tric6ptero de la familia Hydrophilidae, se colectó en las estaciones Amacuzac, Atenango, Tlayahualco, San Juan y Mezcala en los muestreos de enero y marzo. Aunque las condiciones en que se presenta son muy variadas, se observa que el contenido de oxígeno es alto y tolera aguas "muy duras" y alcalinas con gran cantidad de sales sobre todo de calcio. Por sus hábitos alimenticios como "raspadores" (Pennak, op. cit.) su presencia se relaciona con cierta cantidad de materia orgánica.

Arctopsyche de la familia Hydropsychidae se colectó en las estaciones Zacatepec, Amacuzac y Mezcala en diversos muestreos de la época de estiaje. Sus intervalos de velocidad de corriente son más estrechos y tolera más cantidad de materia orgánica. Se colectó en aguas "muy duras" aunque no muy alcalinas y sobrevive en aguas muy turbias con un contenido alto de sólidos en suspensión.

Las concentraciones de sales y nutrientes no parecen influir en su distribución e incluso estos últimos factores parecen favorecer su desarrollo, ya que de acuerdo con sus hábitos alimenticios como filtradores de red (Pennak, op. cit.) necesitan retener partículas de material suspendido en el agua.

Chimarra, tric6ptero de la familia Philopotamidae, se colectó en la estación Atenango y Mezcala, en enero y marzo respectivamente, esto es, durante el estiaje. Sus requerimientos de oxígeno son altos y poca la materia orgánica, de acuerdo con la DBO en que se colectaron. La dureza del agua en estas zonas es muy alta, mientras que la cantidad de sólidos suspendidos y por lo tanto la turbiedad son bajas.

Pennak (op. cit.) señala que estos organismos al igual que la familia Hydropsychidae son "filtradores de red", sin embargo, mientras aquellos se colectaron incluso durante las primeras lluvias, **Chimarra** parece preferir aguas más claras.

Hynes (1970) menciona que altitudinalmente **Chimarra** se distribuye entre los 1400 hasta un poco más de 3000 m.s.n.m. No obstante, la estación Atenango se encuentra a los 626 m.s.n.m. y Mezcala a los 500 m.s.n.m.

Por otro lado, este mismo autor señala que **Chimarra** se desarrolla en aguas muy frías, lo cual no coincide con la temperatura en que se colectó, por lo que se infiere que probablemente se trate de otro género con características taxonómicas muy similares.

Hydropsyche es el tricóptero más representativo de la familia Hydropsychidae y el más ampliamente distribuido en la cuenca, por lo que sus intervalos de requerimientos físico-químicos son muy amplios. Se presentó tanto en aguas casi libres de materia orgánica como en otras donde la DBO alcanza niveles muy elevados. Es muy tolerante a la dureza y alcalinidad, así como a la cantidad de sólidos suspendidos y a la turbiedad.

A menos que se trate de especies diferentes cuya identificación no resulte demasiado difícil, este género no parece recomendable para obtener información acerca de las propiedades del ambiente, ya que sólo puede indicar un buen nivel de oxigenación.

Macronema, también de la familia Hydropsychidae, se colectó únicamente en la estación Tlalcozotitlán en el muestreo de mayo, es decir en la primeras lluvias, precisamente en la época en que el agua acarrea mayor cantidad de sólidos en suspensión que incluyen también materia orgánica oxidable, por lo que el nivel de oxígeno decrece y la DBO se incrementa. Por ser **Macronema** también un filtrador de red, esta condición de deterioro resulta incluso favorable para su desarrollo al proveerlo de partículas orgánicas que quedan atrapadas en la red.

Aunque es difícil establecer sus intervalos de sobrevivencia, la presencia de este organismo puede indicar condiciones de deterioro debido a los sólidos en suspensión con poca cantidad de materia orgánica.

V.3.2 RELACION ENTRE LA VARIACION LONGITUDINAL DEL ICA Y LA RIQUEZA ESPECIFICA

Odum (1972), postula que la diversidad de las especies suele ser baja en los ecosistemas controlados físicamente, esto es, sujetos a factores fisico-químicos fuertemente limitativos y alta en cambio en los ecosistemas controlados biológicamente. Por otro lado, Margalef (1980) afirma que la "polución determina un descenso en la diversidad, que se recupera a medida que aumenta la distancia al origen de la polución".

En la Fig. No. 4 se muestra la variación longitudinal, tanto en el ICA como en el número de grupos taxonómicos colectados durante los muestreos que se consideraron como representativos de la época de estiaje. Al comparar estas dos gráficas se observa que en general el ICA muestra una tendencia ascendente con ligeras fluctuaciones, salvo en el muestreo del mes de marzo. Sin embargo, en la gráfica de la parte inferior de la misma figura, las variaciones son mucho más amplias y en todos los casos coinciden en mostrar que existe una severa perturbación en el medio lo suficientemente fuerte para reducir el número de grupos de organismos bentónicos entre la estación Zacatepec y Panchimalco, que es precisamente el lugar donde se sitúa el ingenio azucarero de Zacatepec.

En el primer muestreo, los ligeros cambios en el ICA, entre estas dos estaciones se encuentran mejor representados por la variación en el número de grupos. Por otro lado los decrementos en el ICA a partir de la estación Atenango se deben, primero, a un ligero aumento de materia orgánica seguido por un incremento en la cantidad de sólidos sobre todo en suspensión.

Para esta época, el río Balsas antes de la confluencia del Amacuzac, todavía arrastra gran cantidad de sólidos. No obstante, estos factores no tienen mayor repercusión entre la fauna bentónica.

En el mes de enero, mientras que el ICA registra incluso un incremento en la calidad del agua en la estación Panchimalco, debido tal vez a la disminución en la concentración de nutrientes, los cambios a nivel biológico indican que existen condiciones que el ICA no considera y que sin embargo afectan a la fauna bentónica. De acuerdo con los resultados del ICA esto podría interpretarse como que la calidad del agua en la estación Panchimalco esta menos deteriorada que la estación Zacatepec, aún

cuando la ausencia de efemerópteros, y el número elevado de *Psychoda* indican condiciones de fuerte perturbación orgánica.

La segunda discrepancia en este muestreo, se registró a partir de la estación Tlayahualco, ya que mientras el ICA se incrementa por una disminución en el contenido de nutrientes y un aumento en la DQO, la fauna bentónica se reduce.

El río Amacuzac transporta gran cantidad de materia orgánica que a esta altura ya se ha estabilizado y los nutrientes son fácilmente asimilables para el proceso fotosintético. Es interesante observar que sobre todo la concentración de fosfatos fue trece veces más elevada en la estación Tlayahualco que en San Juan. Este río al confluir con el Balsas, que en este lugar es relativamente pobre en materia orgánica pero rico en sales y material suspendido, amplía su cauce y la velocidad disminuye, por lo que seguramente también estos cambios están afectando la presencia de los organismos del fondo.

Por otro lado y de acuerdo con las observaciones de campo, en la estación Tlayahualco las rocas aparecieron densamente cubiertas por pequeñas algas y en las orillas, la materia orgánica se había acumulado formando un lodo negro, mientras que en San Juan, las rocas estaban desnudas y en la arena no había restos de materia orgánica.

En ambas estaciones los organismos más abundantes fueron los efemerópteros, sin embargo, mientras que en la estación Tlayahualco dominaron los del género *Traverella*, en la estación San Juan, los más abundantes fueron los *Thraulodes* especie B. Aún cuando aparentemente, los requerimientos físico-químicos considerados en este estudio podrían indicar una gran similitud entre uno y otro género, y a pesar de que *Traverella* se colectó incluso aguas abajo de San Juan, en este lugar *Traverella* no se registró en ninguno de los seis muestreos, lo cual sucede también con los megalópteros, por lo que se infiere que estos dos grupos están relacionados con cierta cantidad de materia orgánica en el medio.

Esto parece confirmarse en la estación Mezcala, ya que mientras el ICA decrece por efecto de un ligero aumento en la DBO y disminución del OD, el número de grupos se incrementa; no obstante, sólo cuatro grupos son comunes en las dos estaciones: *Dactylobaetis*, *Thraulodes* spp., *Trycorithodes* especie A y *Ophiogomphus*.

En el muestreo del mes de marzo, las fluctuaciones tanto en el ICA como en el número de grupos se hicieron más evidentes y al igual que en los muestreos anteriores las discrepancias se dieron a partir de la estación Atenango y aguas abajo. En esta época el ICA se incrementó alcanzando el nivel más alto registrado en todo el muestreo, por el aumento del OD y disminución de DBO, sin

embargo el número de grupos decreció siendo sobre todo notable la ausencia de coleópteros, odonatos y tricópteros.

De acuerdo con las observaciones de campo, en la estación Atenango se observó gran cantidad de vegetación tanto flotante como arraigada entre las que se identificó a *Elodea*, condiciones con las que podría relacionarse el número de grupos, ya que no se presentan en la estación Tlayahualco.

La disminución en el ICA en la estación San Juan, parece deberse al aumento en la DQO por lo que se infiere que el río Balsas transporta cierta cantidad de material de lenta oxidación como ramas y otros restos vegetales. No obstante, la fauna bentónica no parece afectada por dichos cambios en cuanto al número de grupos.

Hasta aquí se observa que invariablemente tanto el ICA, como la riqueza específica se incrementan entre la estación Panchimalco y Atenango debido a que en este tramo confluye el río Amacuzac cuyas aguas son relativamente de buena calidad y además a que en estos 100 Km que hay aproximadamente entre estas dos estaciones, el río no recibe descargas importantes de ningún tipo.

Asimismo, gran parte de las discrepancias que se observan entre las estaciones Tlayahualco y San Juan es probable que se deban al efecto de la confluencia de los dos ríos, el Amacuzac con una gran carga de materia orgánica ya estabilizada y el Balsas con un alto contenido de sólidos minerales en suspensión. Entre estas dos estaciones existe una correlación negativa, ya que mientras el ICA determina un incremento en la calidad del agua, la riqueza específica disminuye y viceversa.

Para el cuarto muestreo en el mes de mayo, (Fig. No. 5), las condiciones de la estación Temixco han mejorado, tanto desde el punto de vista físico-químico como biológico y ambos coinciden otra vez hasta la estación Atenango, a partir de donde el ICA disminuye gradualmente por aumento de los sólidos y de la DQO, lo que indica que gran parte de estos sólidos son restos vegetales. Hasta la estación Tlayahualco este hecho no tiene mayor repercusión biológica, no obstante en la estación San Juan, donde el sustrato pedregoso ha desaparecido casi por completo por efecto del aumento del caudal, sólo se colectó un molusco.

Los pocos organismos colectados en la estación Mezcala, señalan que la densidad se ha reducido y que algunos grupos como los efemerópteros, hemipteros y tricópteros han desaparecido en esta temporada.

A pesar de que en esta época se observa a primera vista una diferencia en la tendencia inicial de las líneas entre las estaciones Temixco y Zacatepec con respecto a los muestreos anteriores, el comportamiento de la curva es en general similar a

éstos, es decir que mayo aún podría considerarse como época de estiaje. Es interesante notar que las variaciones ocasionadas por las primeras lluvias se manifiestan más en el número de especies que en la calidad del agua.

En julio, la tendencia general de las dos curvas coincide en cierta forma, siendo la única época, donde las dos líneas indican un incremento tanto en la calidad del agua como en la riqueza específica en la estación Zacatepec. De acuerdo con esto, en esta época de lluvias ocurre el "lavado" y recuperación de este lugar, a partir del cual el ICA disminuye por efecto de los sólidos arrastrados por el río y en la última estación mejora por aumento de OD y disminución en la concentración de fosfatos. No obstante, este incremento del ICA, la fauna continúa disminuyendo. De acuerdo con las observaciones de campo y las determinaciones con el disco de Secchi, el agua en este muestreo es tan densa que la transparencia se reduce a cero, por lo que en esta época lo que el ICA puede considerarse como "aceptable" no indica que desde el punto de vista biológico éste sea un ecosistema saludable.

Para fines de agosto, la tendencia general del ICA fué similar a la de marzo pero con fluctuaciones menos marcadas. Mientras que físico-químicamente la calidad del agua de la estación Panchimalco se deteriora con respecto a Zacatepec, biológicamente existe un aumento en la diversidad. Las observaciones de campo señalan que en esta época el sustrato pedregoso había desaparecido por completo en la estación Zacatepec, mientras que en la estación Panchimalco, todavía por efecto de la recuperación, el número de grupos se ha incrementado, aún cuando el ICA no sea alto.

La disminución drástica en el número de grupos de la estación Tlayahualco se debe, de acuerdo con los reportes de campo, a la ausencia de un sustrato pedregoso propiamente dicho. Sin embargo, parece ser que a medida que se va depositando el material fino, se va dando una recuperación gradual del fondo rocoso y de la fauna bentónica propia de éste. Esto coincide con los estudios de ríos que reportan los cambios en la composición y densidad de la fauna durante las avenidas (Hynes, 1970; Hoopes, 1974).

En general, durante la época de lluvias las variaciones en cuanto al número de especies son mucho más drásticas que las del ICA. A pesar de esto, en julio se observa cierta correspondencia entre estos dos índices, a excepción de la estación Mezcala. Sin embargo, es interesante resaltar que en agosto se observa un comportamiento exactamente inverso.

Ahora bien, el examen global de estas gráficas permite determinar que si se quiere conocer la calidad del agua a través de un muestreo biológico cualitativo que tome en cuenta únicamente la

riqueza de especies, éste resulta útil únicamente en los meses de octubre a julio y en el tramo del río comprendido entre Temixco y Atenango ya que a partir de este lugar y sobre todo en el tiempo de lluvias más intensas, el número de especies no guarda ninguna relación con la calidad del agua definida según el ICA.

V.3.3 RELACION ENTRE LA VARIACION ESTACIONAL DEL ICA Y LA DIVERSIDAD

Al comparar las curvas que describen la variación estacional del ICA con la diversidad de los organismos determinada por los índices de Shannon y Margalef, se observa que en la estación Temixco (Fig. No. 6), la tendencia de las tres líneas es similar de octubre a julio sobre todo entre el ICA y el índice de Shannon. Sin embargo, en el último muestreo, existe cierta discrepancia, ya que mientras la diversidad se incrementa, el ICA disminuye. Este incremento en la diversidad, no se debe a que haya aumentado la riqueza específica de la comunidad sino únicamente a que el número de organismos capturados por género es más uniforme que en los muestreos anteriores, debido a que fueron muy pocos los organismos colectados en este último muestreo.

El descenso en el ICA, lo más probable es que se deba al ligero aumento en la DBO que se registró en esta ocasión con respecto al muestreo anterior.

En general parece ser que en esta estación, tanto el índice de Shannon que toma en cuenta la riqueza específica y uniformidad, como el de Margalef que solo considera el primer criterio, resultan buenos indicadores de la variación de la calidad del agua, a excepción de la época de máxima precipitación.

En la gráfica de la Fig. No. 7, se muestra que la tendencia general de la curva del ICA en la estación Zacatepec indica que sigue un ciclo, alcanzando un valor máximo de 77.02 durante las lluvias más intensas (septiembre, CFE, 1983) y mínimo de 52.19 inmediatamente después de éstas (octubre). Los ligeros cambios en la pendiente del ICA se ven mejor reflejados en el índice de Shannon. Sin embargo, a pesar de que el mayor valor de ICA se registró en agosto la mayor diversidad se presentó en marzo. Al igual que en la estación Temixco, las discrepancias se observan entre los muestreos de julio y agosto.

En la estación Panchimalco (Fig. No. 8) la correspondencia entre las tres curvas es mayor, sobre todo entre el ICA e índice de Shannon y aquí, a diferencia de lo que sucede en las estaciones de muestreo anteriores, el descenso del ICA en el sexto muestreo lleva consigo una disminución en la diversidad.

Es interesante observar, sobre todo la variación que se da en esta estación, sobre todo en el ICA y en la diversidad que va de

0.32 bits/individuo en el mes de octubre a 3.58 en julio, indica que es un ambiente altamente fluctuante e inestable que establece condiciones rigurosas que pocas especies pueden resistir (Margalef, 1980). =

En la estación Amacuzac, la relación que se observa entre el ICA y la diversidad (Fig. No. 9) resulta muy extraña con respecto a las estaciones anteriores ya que estos dos índices no se corresponden en ninguno de los muestreos y se presenta un desfase entre ambos, además de que las variaciones de cada uno de dichos índices se dan en un intervalo relativamente estrecho y alto.

Considerando que un sistema donde las fluctuaciones no son muy marcadas es estable y a pesar de no existir una congruencia entre estas dos curvas, se infiere que las condiciones tanto físico-químicas como biológicas resultan adecuadas durante la mayor parte del año. Contrariamente a lo que sucede en la estación Temixco y Zacatepec, en esta estación la única época en que coinciden los índices de diversidad e ICA es entre los muestreos de julio y agosto, es decir que en esta parte del río el aumento del caudal influye directamente sobre la diversidad.

En la estación Atenango del Río (Fig. No. 10) se observa claramente que el índice de Shannon es el que mejor representa los cambios en la calidad del agua y la tendencia de las curvas coincide en casi todos los muestreos, a excepción del cuarto en el que el ICA se incrementa por efecto del aumento en la velocidad de la corriente con disminución de DBO, DQO, y nitratos, mientras que la diversidad disminuye como consecuencia de las primeras lluvias.

En la estación Papalutla (Fig. No. 11), se distingue que nuevamente el índice de Shannon y el ICA vuelven a coincidir en su tendencia hasta antes de julio, además de que el aumento del caudal que por un lado favorece un incremento en la calidad del agua, por el otro provoca una disminución en la diversidad de los organismos del fondo.

Este lugar pertenece también al grupo de estaciones en las que las variaciones son muy fuertes y donde la diversidad, determinada sobre todo por el índice de Shannon, refleja de manera más evidente los cambios durante la época de estiaje únicamente.

La estación Tlalcozotitlán (Fig. No. 12), se caracteriza por tener un comportamiento muy extraño de la diversidad con respecto al ICA. Aún cuando la diversidad en octubre es relativamente alta (2.85 bits/individuo) en mayo y julio. Se observa que estos dos valores de diversidad son menores que el primero, sin embargo, no revelan exactamente la diferencia que existe entre ellos, ya que mientras en el primer muestreo, se colectaron 96

organismos de 14 grupos, en el cuarto muestreo el total de organismos fue de 2.5 (debido a que se tomó el promedio de los dos muestreos) pertenecientes a 5 grupos y en el sexto de 3.5 distribuidos en 4 grupos.

Esto demuestra que el índice de diversidad por sí solo no permite inferir las condiciones reales de la comunidad, resultando poco sensible en el rango de valores que se aproximan a su límite superior y cuando la diversidad se calcula sobre muestras relativamente pequeñas, sacadas de comunidades que se suponen más o menos uniformes (Margalef, op. cit.)

En la estación Tlayahualco (Fig. No. 13), los valores de diversidad tampoco se corresponden con los del ICA. La diversidad, según el índice de Shannon, osciló entre los 3.24 y 3.13 bits/individuo, de octubre a julio, no obstante en el mes de agosto, el valor de la diversidad bajó a cero, debido a la pérdida del sustrato pedregoso.

En la estación San Juan Tetelcingo (Fig. No. 14), la diversidad, de acuerdo con el índice de Shannon, es mayor en el mes de marzo, no obstante en mayo el valor se redujo a cero también por pérdida del sustrato. En julio, aún cuando aparentemente la diversidad vuelve a aumentar, no resulta representativa, ya que la muestra es muy pequeña, mientras que en el sexto muestreo, a pesar de que se colectaron más grupos que en el muestreo anterior, casi la totalidad de organismos pertenecen al género *Simulium*.

En el segundo muestreo, la disminución en la DBO y nutrientes, que ocasiona el incremento del ICA es posible que también influya sobre todo en la riqueza específica, observándose el fenómeno inverso en el siguiente muestreo.

A partir de mayo, las variaciones de la diversidad, se producen más como consecuencia de los fenómenos físicos como aumento del caudal y desaparición de los sustratos rocosos, pasando a ser casi independientes de las características químicas.

La diversidad de la estación Mezcala (Fig. No. 15) fue muy alta en los muestreos de enero y marzo, reduciéndose hacia mayo y en julio incluso alcanza un valor de cero, recuperándose en agosto. En este lugar la diversidad fue alta casi durante todo el año, a excepción del mes de julio, disminución ocasionada también por el aumento del caudal.

En resumen, los resultados señalan que se puede dividir a las estaciones en dos tipos: aquellas cuya diversidad parece depender de la calidad del agua, exceptuando la época lluviosa, como Temixco, Zacatepec, Panchimalco, Atenango, Papalutla y Mezcala y por otro lado aquellas en las que la diversidad nada tiene que ver con el ICA, como son Amacuzac, Tlayahualco,

Tlalcozotitlán y San Juan Tetelcingo donde su diversidad depende más de las características físicas del río que fisico-químicas del agua.

Los valores bajos de correlación entre el ICA y los índices de Shannon y Margalef, tanto por muestreo como por estación indican que no existe correlación de ningún tipo entre estos dos índices, lo cual puede deberse a que:

- (a) no se tomaron las suficientes réplicas de las muestras biológicas.
- (b) es necesario considerar otros parámetros fisico-químicos dentro del ICA.
- (c) el ICA no toma en cuenta condiciones que biológicamente son importantes para el desarrollo de los organismos bentónicos, como velocidad de corriente, tamaño de partícula del sustrato, altitud sobre el nivel del mar, etc.

También la correlación entre índice de Shannon y DBO presentó valores muy bajos, lo que indica que la cantidad de materia orgánica no siempre determina el valor de la diversidad.

V.3.4 RELACION ENTRE EL INDICE BIOTICO DE VERNEAUX-TUFFERY Y EL ICA

En la Figura No. 16 se observa que de acuerdo con los resultados de la determinación de Índice Biótico (IB) de Verneaux y Tuffery, el agua de la estación Zacatepec es de mejor calidad que en la estación Panchimalco, invirtiéndose el comportamiento en los muestreos de julio y agosto.

La estación Amacuzac mostró sistemáticamente la más alta calidad, seguida por las estaciones Tlayahualco y Atenango (Fig. No. 17), excepto en el muestreo de agosto para la estación Tlayahualco que merece un análisis particular.

Es importante resaltar que seis de las diez estaciones mostraron disminuciones en su IB en los muestreos de julio y agosto y que cinco estaciones mostraron su valor de IB más alto en marzo y solo tres lo hicieron en enero.

También se observó que las estaciones Temixco y Papalutla conservan durante todos los muestreos su categoría de baja calidad, siendo la primera la que mostró los valores más bajos de IB.

Otras estaciones que presentaron valores bajos de IB fueron San Juan en octubre y Tlayahualco en agosto.

En general se podría hablar de dos comportamientos, uno representado por el tercer muestreo realizado en época de estiaje y que corresponde a altas diversidades y otro tipificado por el quinto muestreo realizado en tiempo de lluvias y caracterizado por bajas diversidades.

Asimismo, al comparar las variaciones del IB con las del ICA, se observa que a excepción de Panchimalco y Mezcala, en todas las demás estaciones no existe relación entre los dos índices.

Los resultados anteriores parecen indicar que los parámetros que más influyen en la diversidad de las especies del sistema en estudio son la materia orgánica y los sólidos totales.

En la Figura No. 18 se muestra la variación longitudinal de estas dos variables en la que se observa que la cantidad de materia orgánica medida de manera indirecta como DBO decrece aguas abajo durante el estiaje por efecto de la autodepuración

natural del río, mientras que los sólidos totales se incrementan ligeramente.

En la época de lluvias el comportamiento de la DBO se invierte con respecto a la estación de secas y los sólidos aumentan poco a poco aguas abajo en el río Amacuzac; sin embargo, después de la confluencia de éste con el Balsas, el nivel de sólidos se eleva en una forma extraordinaria.

Esto se debe a que aguas arriba de las estaciones Papalutla y Tlayahualco existen grandes áreas que han sido desmontadas con fines agrícolas y que actualmente están sufriendo los efectos de una fuerte erosión hídrica.

VI. CONCLUSIONES

De los 89 grupos taxonómicos colectados, 64 fueron identificados a nivel de género. El 83% del total de los organismos fueron insectos, el 8% moluscos y el resto anélidos, isópodos y ostrácodos.

Entre los insectos, los dípteros fueron los más numerosos en las partes altas del río, mientras que los efemerópteros y tricópteros lo fueron en las partes bajas.

Las comunidades zoomacrobenéticas del río presentan diferencias numéricas de abundancia originadas principalmente por las fluctuaciones estacionales en el régimen fluvial y sus efectos implícitos sobre el tipo de sustrato, la velocidad de la corriente, la oxigenación y las concentraciones de materia orgánica y sales. De ahí que estas comunidades son en todos los casos transitorias.

De acuerdo con las condiciones físico-químicas del lugar de colecta se definieron los intervalos aproximados de requerimientos para cada uno de dichos grupos taxonómicos, a excepción de los organismos colectados en una sola ocasión.

Entre los organismos que pueden considerarse como "indicadores" de deterioro orgánico (están *Asellus attenuatus*, los hirudíneos especies A y B, *Pelonomus*, *Culex*, *Helophilus*, *Pericoma*, *Psychoda*, *Physa* y *Pleurocera*).

Los efemerópteros, a pesar de que generalmente se les considera como grupo indicador de buena calidad del agua, en este caso no cumplen con las características que debe tener un indicador, ya que se colectaron en ambientes muy diversos, a excepción de *Homoeoneuria*, *Parameletus* y *Thraulodes* spp.

Por otro lado, los odonatos *Aphylla*, *Hyponeura*, *Libellula*, *Perithemis* y los tricópteros *Agraylea*, *Chimarra*, *Orthotrichia* y *Parapsyche*, pueden considerarse como indicadores de buena calidad.

Los demás organismos colectados se han adaptado a una amplia gama de ambientes, lo cual los hace ineficientes como indicadores.

Por lo que se refiere a la calidad del agua, el río Amacuzac, a

pesar de sufrir un fuerte deterioro en su parte alta, originado principalmente por las descargas de la Ciudad de Cuernavaca y el ingenio azucarero de Zacatepec, alcanza a recuperarse antes de confluir con el Balsas. Sin embargo, la elevada concentración de sólidos de que es portador este último vuelve a incidir sobre la calidad que parece mejorar aguas abajo.

Además en función del tiempo, se presentan dos condiciones extremas, una durante el estiaje, en la que las características químicas determinan la calidad del agua y otra durante las lluvias cuando las propiedades físicas parecen ser más relevantes.

El uso del ICA para evaluar la calidad del agua, resulta útil únicamente en lugares donde se sospecha que el deterioro es de origen orgánico y en sistemas lénticos, ya que no considera la dinámica propia de un sistema fluvial. No obstante, las fluctuaciones periódicas del ICA en un lugar dado sí pueden tomarse como un buen "indicador".

Por lo que se refiere a la diversidad, el índice de Margalef es una buena aproximación para evaluar la calidad del agua y resulta útil si se toman en cuenta las ventajas de un muestreo cualitativo, sin embargo el índice de Shannon refleja mejor los cambios en la calidad del agua. A pesar de esto, no fue posible correlacionar el ICA y la diversidad.

Se observó además, que la diversidad como un criterio para evaluar la calidad del agua de un río presenta las siguientes limitaciones:

- (a) resulta útil únicamente en la época de estiaje,
- (b) en las partes bajas de los ríos el muestreo de tipo cuantitativo resulta muy difícil.
- (c) la separación e identificación de los organismos requieren de una gran habilidad taxonómica.
- (d) en nuestro país no existe un catálogo que describa las especies bentónicas referidas a ríos mexicanos.

Siendo la riqueza específica un componente de la diversidad, presenta las mismas limitaciones que ésta.

En los lugares donde no existe relación entre diversidad e ICA y donde las condiciones no permiten un muestreo cuantitativo, resulta más provechosa la identificación de los organismos y el uso de índices bióticos tales como el de Verneaux y Tuffery pero adaptados para especies de aguas tropicales.

Asimismo es recomendable que en el estudio de la fauna bentónica de grandes ríos, se utilicen métodos más eficientes, tales como las cajas con rocas de diferentes tamaños (Page, 1979) y para facilitar el trabajo de separación y clasificación de los organismos se empleen algunas técnicas de tinción (Williams, 1973).

VII. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, J.M., CALDERON, B.J., BAHAMONDE, T.F. (1982) Diagnóstico y solución a la problemática de la contaminación del agua. Estado de Morelos. IEPES.CEPES. México. 30 pp.
- AGUIRRE, J.M., CALDERON, B.M., BAHAMONDE, T.F. (1982) Diagnóstico y solución a la problemática de la contaminación del agua. Estado de Puebla. IEPES. CEPES. México. 27 pp.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1975) Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th. Ed. Washington. 1193 pp.
- BABBITT, H.E., DOLAND, J.J., CLEASBY, J. L. (1955) Water Supply Engineering. McGraw-Hill Book Company. Sixth Ed. U.S.A. 672 pp.
- BICK, H. (1963). A review of Central European methods for the biological estimation of water pollution levels. Bull. Wld. Hlth. Org. 29, 401-413.
- BRIGHT, G.R. (1982) Secondary benthic production in a tropical island stream. Limnol. Oceanogr. 27(3) 472-480.
- BUENO, S.J., LOPEZ, .J., MARQUEZ., M.C. (1981) Consideraciones preliminares sobre la ecología de los insectos acuáticos del Río Lerma. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 8 (1) : 175-182.
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (1976). Cuenca del Río Balsas. Datos hidrológicos de sitios en estudio para aprovechamientos hidroeléctricos hasta diciembre de 1976. México. 339 pp.
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (1983) Gastos en metros cúbicos por segundo. Período de 1951 a 1983. Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos. Departamento de Estudios Hidrometeorológicos. Div. Hidrométrica Guerrero. México. (Inédito).

- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (1983) **Informe geológico final.** P.H. San Juan Tetelcingo, Gro. Subgerencia de Ingeniería Preliminar, Civil y Geotecnia. Superintendencia de Geología. Zona Pacífico Sur. México. 133 pp. (Inédito).
- HERNANDEZ, P.G., GARCIA, C.J. (1982)- Observaciones preliminares sobre organismos planctónicos como indicadores de contaminación en la cuenca del río Amacuzac, durante el período de agosto de 1981 a enero de 1982. S.A.R.H. Dir. Gral. de Usos del Agua y Prev. de la Cont. Subdir. de Inv. y Entrenamiento. Depto. de Bioecología. México. (Inédito).
- HILDEBRAND, S.G. (1974) The relation to drift to benthos density and food level in an artificial stream. **Limnology and Oceanography.** V. 19(6) 951-957.
- HOOPEs, R.L. (1974) Flooding as the result of Hurricane Agnes and its effect on a macrobenthic community in an infertile headwater stream in Central Pennsylvania. **Ecology** 55:853-857.
- HYNES, H. B. (1960) **Biology of polluted waters.** Liverpool University Press. Great Britain. 202 pp.
- HYNES, H. B. (1970) **The ecology of the running waters.** University of Toronto Press. Canada. 541 pp.
- HYNES, H.B.N. (1974) Further studies on the distribution of stream animals within the substratum. **Limnology and Oceanography** V.19(1) 92-99.
- GOMEZ, B.A. (1986) Aspectos tróficos de la ictiofauna de la cuenca alta del río Balsas (Morelos y Guerrero) U.N.A.M., E.N.E.P.I. 46 pp. (Tesis).
- JAMES AND EVISON, L. (1979) **Biological indicators of water quality.** John Wiley and Sons. Great Britain.
- KATO, E., ROMO, M. (1982) Algunos aspectos biológicos del bagre dulceacuícola nativo *Istliarius balsanus* (Jordan y Snyder), en el río Amacuzac, Morelos. ENEPI. UNAM. 96 pp. (Tesis).
- KATO, E. y ROMO, M. (1982) Composición y variación estacional de las comunidades de invertebrados bentónicos de ríos. VII Congreso de Zoología. Mazatlán. México.
- LIND, D.W. (1974) **Handbook of common methods in Limnology.** The C.V. Mosby Company. U.S.A. 154 pp.

- LOPEZ, H.M. (1981) Estudio hidrológico del río González, Tab. Mex. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. (Tesis).
- MADEREY, R.L. (1977) El agua de escurrimiento en la República Mexicana. Instituto de Geografía. Univ. Nal. Autón. de México. México.
- MARGALEF, R. (1980) Ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 951 pp.
- McCULLOUGH, D.A., MINSHALL, G.W., CUSHING, C.E. (1979) Bioenergetics of a stream 'collector' organism, *Trycorithodes minutus* (Insecta: Ephemeroptera) *Limnol. Oceanogr.* 24(1) 45-58.
- NORDEL, E. (1963) Tratamiento de agua para la industria y otros usos. Cía. Ed. Continental, S.A. México. 641 pp.
- ODUM, E.P. (1972) Ecología. Interamericana. Tercera Ed. México. 639 pp.
- PAGE, T.L., NIETZEL, D.A. (1979) A device to hold and identify rock-filled baskets for benthic sampling in large rivers. *Limnol. Oceanogr.* 24(5) 988-990.
- PECKARSKY, B.L. (1979) Biological interactions as determinants of distributions of benthic invertebrates within the substrate of stony streams. *Limnol. Oceanogr.* 24(1) 59-68.
- PENNAK, P. W. (1979) Fresh water invertebrates of the United States. Wiley-Interscience. New York. 803 pp.
- PORRAS, D.D. CASTREJON, O.L., (1981). Los insectos acuáticos del río Amacuzac (Amacuzac-Huajintlán), Morelos. México. Univ. Autón. Edo. de Morelos. México.
- * - ROLAN, R.G. (1973). Laboratory and field investigation in general ecology. MacMillan.
- SCHWOERBEL, J. (1975) Métodos de hidrobiología. H. Blume Ediciones. España. 262 pp.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (1971) Boletín hidrológico No. 47 Región hidrológica No. 18 (Parcial) Cuenca del río Amacuzac. Tomos I y III. México.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (1973) Boletín hidrológico No. 49 Región hidrológica No. 18 (Parcial) Cuenca del medio y bajo Balsas. Tomo I. México.

- ★ SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. (1975) **Legislación relativa al agua y su contaminación.** Subsecretaría de Planeación. Dir. Gral. de Protección Ecológica. México. 143 pp.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. (1979) **Clasificación de la cuenca de los ríos Atoyac y Zahuapan en los estados de Puebla y Tlaxcala.** Dir. Gral. de Prot. y Ord. Ecol. México. 116 pp.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. (1980) **Clasificación de la cuenca de los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, cuenca del río Amacuzac, en el Estado de Morelos.** Dir. Gral. de Prot. y Ord. Ecol. México. 106 pp.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. (1981) **Plan Nacional Hidráulico. Anexo 2: 6-25, 6-33.**
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1979) **Quality criteria for water.** Castle House Publications Ltd. Great Britain. 254 pp.
- VERNEAUX J. et TUFFERY, G. (1967) **Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique de eaux courantes.** Ann. Sci. de L'Université de Besacon (3): 79-89.
- VIZCAINO, M.F. (1975) **La contaminación en México.** Fondo de Cultura Económica. México, 514 pp.
- WELCOME, R.L. (1980) **Cuencas fluviales.** F.A.O. Documentos técnicos de Pesca No. 202. pp. 1-8.
- WEITZEL, R.G., LIKENS, G.E. (1979) **Limnological Analyses.** W.B. Saunders Company. U.S.A. 357 pp.
- WHITTON, B.A. (1975) **River ecology.** Studies in Ecology. Vol. 2. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 725 pp.
- WILLIAMS, D.D., WILLIAMS, N.E. (1973) **A counterstaining technique for use in sorting benthic samples.** Limnol. Oceanogr. 19:152-153.
- WILLIAMS, D.D. (1978) **Substrate size selection by stream invertebrates and the influence of sand.** Limnol. Oceanogr. 23(5) 1030-1033.
- ZAPIEN, H.G. (1979) **Contribución al conocimiento de la taxonomía y distribución del orden Ephemeroptera en algunas regiones de México.** U.N.A.M. Facultad de Ciencias (Tesis).

ESTACION No.	L U G A R	LOCALIZACION GEOGRAFICA		ALTITUD	R I O
		LATITUD	LONGITUD		
1	EMILIANO ZAPATA	18° 50'	99° 11'	1,250	ACUEDUCTO
2	TEMIXCO	18° 52'	99° 14'	1,300	ARROYO POLLO
* 3	ZACATEPEC	18° 39'	99° 12'	920	APATLACO
* 3A	PANCHIMALCO	18° 39'	99° 12'	920	APATLACO
4	AMACUZAC	18° 36'	99° 22'	920	AMACUZAC
5	ATENANGO DEL RIO	18° 06'	99° 07'	626	AMACUZAC
6	PAPALUTLA	18° 01'	99° 59'	660	MIXTECO
7	TLALCOZOTITLAN	17° 54'	99° 06'	610	BALSAS
8	TLAHUALCO	17° 55'	99° 07'	630	AMACUZAC
9	SAN JUAN TETELCINGO	17° 55'	99° 31'	610	BALSAS
10	MEZCALA	17° 56'	99° 36'	500	BALSAS

* La localización de estas estaciones difiere en que la estación 3 se encuentra antes de la descarga del Ingenio de Zacatepec y la estación 3A después de dicha descarga.

Tabla No. 1 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

INDICE DE CALIDAD, (%)	100	EXCELENTE	NO REQUIERE PURIFICACION			NO REQUIERE PURIFICACION	A C E P T A B L E
	90	ACEPTABLE	LIGERA PURIFICACION	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUATICO	ACEPTABLE PARA TODO LOS ORGANISMOS	LIGERA PURIFICACION PARA ALGUNOS PROCESOS	
	80		MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	AUN ACEPTABLE, NO RECOMENDABLE.	EXCEPTO ESPECIES MUY SENSIBLES.	SE INCREMENTA LA NECESIDAD DE TRATAMIENTO	
	70	CONTAMINADO			DUBOSO PARA ESPECIES SENSIBLES.		
	60	FUERTEMENTE CONTAMINADO	DUBOSO	DUBOSO PARA CONTACTO DIRECTO.	SOLO ORGANISMOS MUY RESISTENTES	CON TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA	
	50		INACEPTABLE	SIN CONTACTO CON EL AGUA		USO MUY RESTRINGIDO	
40	INACEPTABLE	INACEPTABLE		INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE	
30	INACEPTABLE						
20							
10							
0							
		CRITERIO GENERAL.	AGUA POTABLE	RECREACION (TURISMO).	ACUACULTURA Y VIDA ACUATICA.	INDUSTRIAL Y AGRICOLA.	NAVEGACION

U S O S

TABLA No.2 ESCALA GENERAL DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA DIFERENTES USOS.

Tabla No. 3
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No.1 ZAPATA

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	°C	20.0	18.0	19.0	19.0	22.0	22.0
Transparencia	cm	10.0	10.0	0.0	2.0	5.0	30.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.48	-	-	0.67	0.59	1.06
pH Campo		8.2	6.0	7.5	6.0	7.0	6.5
pH Laboratorio		8.15	8.26	8.18	7.58	6.87	7.60
Oxígeno disuelto	mg/l	3.0	2.0	0.00	2.9	1.7	1.2
D.Q.O.	mg/l	-	-	480.0	223.3	57.4	1.3
D.B.O.	mg/l	280.0	130.0	358.0	26.0	7.6	17.6
Anhídrido carbónico	mg/l	-	-	33.50	1.94	-	15.50
Salinidad	o/oo	1.05	0.87	0.98	-	0.86	0.66
Conductividad eléctrica	µmhos/cm	1450.0	1050.0	1400.0	330.0	810.0	610.0
Dureza total	mg/l	221.96	192.00	274.80	73.40	137.70	135.80
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	378.30	249.70	360.87	-	153.30	137.80
Carbonatos	mg/l	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	461.35	304.50	442.53	90.20	187.00	168.00
Fosfatos	mg/l	0.50	1.50	1.00	0.11	0.74	0.40
Nitratos	mg/l	0.25	0.44	0.54	0.62	0.46	0.20
Sulfatos	mg/l	162.00	95.00	83.00	49.14	85.00	73.80
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.00	1.60	0.40
Cloruros	mg/l	175.12	113.40	184.0	93.80	113.77	126.50
Grasas y aceites	mg/l	-	-	28.39	11.29	9.75	-
Turbiedad	mg/l	16.0	135.0	166.0	1300.0	35.0	29.0
Sólidos totales tot.	mg/l	864.0	724.0	1080.0	-	684.0	636.0
Sólidos totales fijos	mg/l	692.0	472.0	676.0	-	436.0	428.0
Sólidos tot. sus.	mg/l	137.0	116.0	91.0	2428.0	104.0	56.0
Sodio	mg/l	160.00	125.00	150.00	79.40	107.00	117.00
Potasio	mg/l	15.20	10.30	39.10	12.30	14.70	11.80
Calcio	mg/l	70.00	58.20	88.00	21.00	40.10	39.00
Magnesio	mg/l	11.40	11.3	13.30	5.07	9.10	9.30
Manganeso	mg/l	-	0.12	0.00	0.03	0.00	0.02
Zinc	mg/l	-	0.02	0.07	0.04	0.00	-
Coliformes totales	NMP/100 ml	2.4x10 ⁶					
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2.4x10 ⁶					

Tabla No. 4
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No.2 TEMIXCO

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	°C	17.0	16.0	16.5	18.0	19.0	19.0
Transparencia	cm	-	40.0	70.0	2.0	8.0	32.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.79	0.42	0.36	0.70	1.11	0.96
pH Campo		7.7	6.0	7.5	7.0	6.5	7.0
pH Laboratorio		7.8	8.1	7.2	6.9	6.8	7.4
Oxígeno disuelto	mg/l	6.6	6.5	6.8	4.6	1.8	7.1
D.Q.O.	mg/l	-	-	53.3	82.9	63.8	73.0
D.B.O.	mg/l	125.0	30.0	424.0	19.0	1.6	9.6
Anhídrido carbónico	mg/l	-	-	6.00	0.40	1.99	1.99
Salinidad	o/oo	0.17	0.40	0.73	-	0.77	0.43
Conductividad eléctrica	µmhos/cm	300.0	400.0	400.0	140.0	350.0	150.0
Dureza total	mg/l	78.02	93.30	103.27	75.81	93.60	116.30
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	86.97	116.1	115.86	68.68	96.75	80.70
Carbonatos	mg/l	106.08	141.5	141.30	83.75	118.00	98.41
Bicarbonatos	mg/l	0.61	1.65	1.20	0.09	0.39	0.55
Fosfatos	mg/l	1.86	1.04	2.26	0.06	0.16	1.40
Nitratos	mg/l	19.20	18.00	17.00	47.50	11.00	70.80
Sulfatos	mg/l	-	-	-	2.4	1.20	0.20
Cloruros	mg/l	13.82	38.0	55.63	38.30	68.27	22.80
Grasas y aceites	mg/l	-	-	12.74	16.30	6.96	-
Turbiedad	mg/l	-	8.5	146.0	900.0	61.0	19.0
Sólidos totales tot.	mg/l	208.0	296.0	1036.0	-	440.0	536.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	188.0	192.0	660.0	-	252.00	212.00
Sólidos tot. susp.	mg/l	25.2	15.0	97.6	1680.0	150.0	50.0
Sodio	mg/l	19.50	36.80	49.00	26.80	33.30	17.60
Potasio	mg/l	4.31	4.20	6.17	7.80	5.00	4.92
Calcio	mg/l	19.50	24.30	24.50	20.70	22.60	31.60
Magnesio	mg/l	7.10	7.90	10.20	5.84	9.00	7.85
Manganeso	mg/l	-	0.04	0.00	0.06	0.00	0.17
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.00	0.00	0.04
Coliformes totales	NMP/100ml	2.4x10 ⁵	2.4x10 ⁶	>2.4x10 ⁶	2.4x10 ⁶	>2.4x10 ⁶	2.4x10 ⁶
Coliformes fecales	NMP/100ml	3.9x10 ⁴	2.4x10 ⁶	>2.4x10 ⁶	2.4x10 ⁶	2.1x10 ⁵	1.1x10 ⁶

Tabla No. 5
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No.3 ZACATEPEC

UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO	
Temperatura agua	*C	25.0	27.0	30.0	29.5	24.0	24.0
Transparencia	cm	>50.0	>35.0	>40.0	40.0	7.0	12.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.79	0.59	0.90	0.87	0.66	1.06
pH Campo		8.2	7.0	8.1	7.0	7.0	7.5
pH Laboratorio		8.2	-	8.1	7.9	7.4	7.8
Oxígeno disuelto	mg/l	6.8	3.0	2.1	3.6	6.9	6.2
D.Q.O.	mg/l	-	-	20.0	51.0	12.8	61.0
D.B.O.	mg/l	62.0	180.0	386.0	11.2	2.0	2.3
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	26.00	0.58	0.00	0.50
Salinidad	o/oo	0.71	0.71	0.73	-	0.73	0.48
Conductividad eléctrica	umhos/cm	1000.0	1200.0	1200.0	1100.0	850.0	720.0
Dureza total	mg/l	621.00	553.50	515.12	617.00	350.50	415.40
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	-	282.90	276.43	262.32	417.00	200.00
Carbonatos	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	313.75	345.00	337.11	319.90	209.00	246.00
Fosfatos	mg/l	0.35	0.70	0.70	0.57	0.10	0.28
Nitratos	mg/l	0.90	0.14	0.06	0.12	0.64	0.50
Sulfatos	mg/l	158.00	200.00	184.00	308.50	142.00	234.50
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.00	2.80	0.20
Cloruros	mg/l	23.04	42.80	60.99	72.40	55.50	27.30
Grasas y aceites	mg/l	-	-	9.54	9.64	6.58	-
Turbiedad	mg/l	2.60	2.80	4.20	4.10	45.00	19.00
Sólidos totales tot.	mg/l	964.0	64.0	1064.0	-	772.00	884.00
Sólidos tot. fijos	mg/l	408.0	788.0	784.0	-	596.00	604.00
Sólidos tot. susp.	mg/l	16.4	8.0	21.2	35.6	116.0	68.0
Sodio	mg/l	23.10	20.90	43.00	30.00	26.70	36.40
Potasio	mg/l	4.98	4.20	7.50	5.70	5.00	4.62
Calcio	mg/l	166.00	184.00	137.00	169.00	101.00	122.00
Magnesio	mg/l	50.00	22.70	41.90	47.20	23.80	26.80
Manganeso	mg/l	-	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00
Zinc	mg/l	-	0.03	0.03	0.00	0.03	0.05
Coliformes totales	NMP/100m	2.4×10^4	2.4×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	2.4×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	2.4×10^6
Coliformes fecales	NMP/100m	2.4×10^4	2.4×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	2.4×10^6	2.1×10^5	2.4×10^6

Tabla No. 6
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No.3A PANCHIMALCO

UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO	
Temperatura agua	*C	24.0	27.0	29.0	29.5	26.0	25.0
Transparencia	cm	>40.0	10.0	0.0	>11.5	7.0	40.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.79	0.55	0.43	0.77	1.00	0.66
pH Campo		8.2	6.0	8.0	7.5	7.5	7.0
pH Laboratorio		8.2	7.5	8.1	7.8	7.3	7.9
Oxígeno disuelto	mg/l	6.8	2.0	0.0	0.0	-	6.0
D.Q.O.	mg/l	-	-	226.0	44.7	12.8	82.0
D.B.O.	mg/l	84.0	190.0	588.0	26.0	1.0	4.3
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	26.00	0.74	1.99	0.00
Salinidad	o/oo	0.99	0.71	-	-	0.70	0.50
Conductividad eléctrica	umhos	1450.0	1200.0	1300.0	1300.0	850.0	820.0
Dureza total	mg/l	609.24	525.40	528.30	636.00	337.00	446.00
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	268.00	296.40	375.10	334.40	453.00	544.00
Carbonatos	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	327.57	362.00	457.46	407.80	190.00	271.80
Fosfatos	mg/l	0.42	0.12	0.80	0.90	0.094	0.30
Nitratos	mg/l	0.86	0.08	0.24	0.20	0.40	0.40
Sulfatos	mg/l	186.00	205.00	154.00	300.60	231.00	250.00
Sulfuros	mg/l	-	-	-	1.60	0.00	0.20
Cloruros	mg/l	23.04	42.8	150.22	71.00	45.50	31.90
Fenoles	mg/l	-	-	0.02	-	0.00	0.001
Grasas y aceites	mg/l	-	-	11.71	11.00	6.35	-
Turbiedad	mg/l	6.6	73.0	146.0	580.0	61.0	14.0
Sólidos totales tot.	mg/l	940.0	1160.0	1036.0	-	816.0	892.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	772.0	776.0	660.0	-	636.0	652.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	19.2	112.0	97.6	72.0	164.0	49.0
Sodio	mg/l	25.80	20.90	63.00	39.80	25.10	34.00
Potasio	mg/l	5.78	21.40	15.10	20.30	6.00	5.15
Calcio	mg/l	158.00	169.00	138.00	172.00	100.00	126.00
Magnesio	mg/l	52.00	25.10	44.50	50.00	23.60	31.80
Manganeso	mg/l	-	0.23	0.00	0.08	0.00	0.00
Zinc	mg/l	-	-	0.06	0.08	0.00	0.00
Coliformes totales	NMP/100ml	2.4×10^4	2.4×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	1.1×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	2.4×10^6
Coliformes fecales	NMP/100ml	2.4×10^4	2.4×10^6	2.4×10^6	1.1×10^6	$> 2.4 \times 10^6$	2.4×10^6

Tabla No. 7
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No. 4 ANACUZAC

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	°C	19.5	20.0	24.0	24.0	21.0	19.0
Transparencia	cm	7.0	50.0	55.0	4.0	14.7	1.40
Vel. de la corriente	m/seg	0.55	0.30	0.19	0.60	0.83	0.56
pH Campo		8.0	7.0	8.0	6.0	7.0	6.0
pH Laboratorio		8.0	8.6	8.6	7.4	7.0	7.3
Oxígeno disuelto	mg/l	7.0	7.2	5.3	5.6	7.6	6.6
D.Q.O.	mg/l	-	-	6.6	57.4	0.0	50.0
D.B.O.	mg/l	9.0	25.0	26.0	22.5	0.0	6.0
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	0.00	0.30	-	0.30
Salinidad	o/oo	0.16	0.76	0.75	-	0.70	0.40
Conductividad eléctrica	umbhos/cm	300.0	500.0	560.0	145.0	350.0	60.0
Dureza total	mg/l	89.63	175.90	105.00	87.76	127.30	112.00
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	7.98	14.90	0.00	0.50	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	93.57	151.90	163.77	83.40	324.00	484.00
Carbonatos	mg/l	0.00	4.81	8.98	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	114.12	185.30	199.72	101.70	145.00	88.15
Fosfatos	mg/l	0.30	0.28	0.30	0.006	0.064	0.40
Nitratos	mg/l	0.46	0.32	0.10	0.20	0.96	0.50
Sulfatos	mg/l	16.32	25.00	27.00	27.50	6.80	48.50
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.80	0.60	0.20
Cloruros	mg/l	13.82	61.42	88.10	23.20	40.50	18.20
Grasas y aceites	mg/l	-	-	11.91	7.00	6.09	-
Turbiedad	mg/l	236.0	7.4	4.1	43.0	59.0	1360.0
Sólidos totales tot.	mg/l	460.0	336.0	432.0	-	352.0	4076.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	408.0	244.0	256.0	-	240.0	3528.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	312.8	9.6	3.2	1045.0	134.0	3668.0
Sodio	mg/l	9.50	34.10	23.00	27.30	20.40	7.68
Potasio	mg/l	3.10	4.20	6.00	5.20	2.33	2.92
Calcio	mg/l	25.80	51.90	87.00	23.90	40.80	36.60
Magnesio	mg/l	6.10	11.20	10.20	6.80	6.18	4.93
Manganeso	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.00	0.03	0.02
Coliformes totales	NMP/100ml	17	5.4x10 ⁵	> 2.4x10 ⁶	2.4x10 ⁶	4.6x10 ⁶	1.1x10 ⁶
Coliformes fecales	NMP/100ml	7.0x10 ²	1.3x10 ⁵	2.4x10 ⁶	2.4x10 ⁶	9.3x10 ³	1.1x10 ⁶

Tabla No. 8
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICO
ESTACION No. 5 ATENANGO DEL RIO

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	°C	27.0	25.0	24.0	27.0	26.0	24.5
Transparencia	cm	90.0	70.0	50.0	12.0	9.0	6.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.58	0.67	1.50	1.00	0.78	1.13
pH Campo		8.5	8.0	8.0	7.5	7.5	7.0
pH Laboratorio		8.5	8.5	8.5	8.0	8.0	7.9
Oxígeno disuelto	mg/l	7.8	6.6	6.8	5.1	7.3	7.0
D.Q.O.	mg/l	-	11.6	26.6	6.4	19.1	6.5
D.B.O.	mg/l	4.0	5.0	30.5	8.6	6.6	6.5
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Salinidad	o/oo	0.58	0.70	-	-	0.71	0.45
Conductividad eléctrica	umbhos	1000.0	1350.0	1250.0	1035.0	850.0	570.0
Dureza total	mg/l	551.28	813.00	519.65	483.32	357.80	327.00
Alcalinidad a la f	mg/l	11.53	11.71	16.37	9.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	96.84	256.0	241.90	205.50	461.00	330.00
Carbonatos	mg/l	6.95	7.06	8.66	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	118.10	312.30	295.00	250.60	228.10	182.70
Fosfatos	mg/l	0.32	0.30	0.40	0.03	0.61	0.07
Nitratos	mg/l	0.28	0.20	0.00	0.37	0.32	0.40
Sulfatos	mg/l	216.00	354.00	240.0	308.00	154.00	190.70
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.80	0.80	1.10
Cloruros	mg/l	23.04	33.30	76.36	51.00	48.20	22.80
Grasas y aceites	mg/l	-	-	12.76	7.30	8.18	-
Turbiedad	mg/l	8.1	6.4	3.5	210.0	78.0	250.0
Sólidos totales tot.	mg/l	848.0	1072.0	1284.0	-	872.0	520.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	720.0	876.0	984.0	-	163.0	700.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	21.2	13.2	4.0	286.0	197.0	316.0
Sodio	mg/l	22.40	30.20	43.00	45.80	29.10	28.10
Potasio	mg/l	4.00	6.20	8.50	5.80	4.40	4.00
Calcio	mg/l	148.00	161.00	150.00	138.00	110.00	100.00
Magnesio	mg/l	44.00	34.20	35.10	36.00	20.10	18.70
Manganeso	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.20	0.00	0.02
Coliformes totales	NMP/100ml	21	2.3x10 ³	1.5x10 ³	0.00	2.4x10 ³	4.3x10 ³
Coliformes fecales	NMP/100ml	7x10 ²	9.1x10 ²	1.5x10 ³	0.0	2.4x10 ³	2.3x10 ²

Tabla No. 9

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No. 6 PARALUTLA

UNIDAD	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO	
Temperatura agua	°C	27.0	22.0	27.5	25.0	25.0
Transparencia	cm	43.0	6.0	1.5	2.0	1.0
Vel. de la corriente	m/seg	1.11	0.19	0.51	0.71	0.70
pH Campo		7.0	6.0	6.0	7.0	7.0
pH Laboratorio		8.15	8.10	7.54	7.61	7.62
Oxígeno disuelto	mg/l	6.0	7.0	2.3	6.9	7.0
D.O.O.	mg/l	22.0	53.3	0.0	19.1	2.0
D.B.O.	mg/l	4.0	27.0	10.4	5.3	3.3
Anhidrido carbónico	mg/l	-	2.00	1.65	0.20	0.20
Salinidad	Q/00	0.73	0.86	-	0.66	0.45
Conductividad eléctrica	µmhos/cm	1450.0	1600.0	960.0	600.0	460.0
Dureza total	mg/l	562.70	683.93	459.81	254.20	277.00
Alcalinidad a la f	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	136.40	127.37	128.00	315.00	266.00
Carbonatos	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	166.40	155.34	156.00	138.61	150.00
Fosfatos	mg/l	0.15	0.07	0.07	0.09	0.055
Nitratos	mg/l	0.16	0.18	0.54	0.24	0.10
Sulfatos	mg/l	448.00	220.00	321.50	110.40	170.00
Sulfuros	mg/l	-	0.80	0.80	6.60	1.00
Cloruros	mg/l	47.60	169.54	75.15	40.30	18.20
Grasas y aceites	mg/l	-	10.32	8.40	4.88	-
Turbiedad	mg/l	26.5	264.0	6800.0	1200.0	2720.0
Sólidos totales tot.	mg/l	1260.0	1720.0	-	6448.0	5352.0
Sólidos totales fijos	mg/l	1084.0	1380.0	-	2024.0	4924.0
Sólidos tot. suspendidos	mg/l	38.4	238.0	5420.0	2224.0	4924.0
Sodio	mg/l	61.90	66.0	42.80	19.10	18.50
Potasio	mg/l	6.09	8.00	7.00	4.35	3.80
Calcio	mg/l	174.00	206.00	148.00	74.00	88.00
Magnesio	mg/l	31.00	41.00	21.80	16.00	13.90
Manganeso	mg/l	0.00	0.20	0.04	0.00	0.03
Zinc	mg/l	-	0.03	0.02	0.00	0.02
Coliformes totales	NMP/100ml	2.3x10 ³	4.2x10 ³	0.00	1.5x10 ⁵	2.1x10 ⁴
Coliformes fecales	NMP/100ml	7.3x10 ²	4.3x10 ²	0.00	1.5x10 ⁵	2.1x10 ⁴

Tabla No. 10

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No.7 TLALCOZOTITLAN

UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	°C	26.0	27.0	26.0	26.0	25.0
Transparencia	cm	12.0	40.0	5.0	1.5	1.2
Vel. de la corriente	m/seg	1.16	0.83	1.07	1.11	2.00
pH Campo		8.4	7.0	6.0	6.0	6.0
pH Laboratorio		8.35	8.30	8.14	7.93	7.72
Oxígeno disuelto	mg/l	7.4	6.6	7.7	3.6	8.7
D.O.O.	mg/l	-	9.0	26.6	12.8	25.5
D.B.O.	mg/l	6.0	3.0	22.0	9.1	1.7
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	1.00	0.30	0.15
Salinidad	o/oo	0.72	0.76	0.87	-	0.60
Conductividad eléctrica	µmhos/cm	1150.0	1400.0	1600.0	950.0	600.0
Dureza total	mg/l	517.58	559.00	671.00	370.12	270.00
Alcalinidad a la f	mg/l	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	58.98	121.00	103.52	137.60	294.00
Carbonatos	mg/l	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	71.93	147.50	126.62	167.80	135.72
Fosfatos	mg/l	0.22	0.087	0.11	0.06	0.083
Nitratos	mg/l	0.25	0.16	0.12	0.54	0.32
Sulfatos	mg/l	386.00	420.00	406.00	267.20	110.00
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.00	0.80
Cloruros	mg/l	27.65	62.80	180.27	61.00	41.10
Grasas y aceites	mg/l	-	-	9.15	7.60	6.90
Turbiedad	mg/l	172.0	33.0	272.0	200.0	656.0
Sólidos totales tot.	mg/l	1204.0	1252.00	1720.0	-	43164.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	1072.0	1056.0	1412.0	-	3276.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	304.0	57.2	243.0	28556.0	354.0
Sodio	mg/l	40.00	62.00	75.00	33.50	28.10
Potasio	mg/l	5.20	6.29	8.00	6.20	4.66
Calcio	mg/l	151.00	174.00	204.00	123.00	90.00
Magnesio	mg/l	34.00	30.10	39.10	15.20	10.90
Manganeso	mg/l	-	0.02	0.00	1.82	0.00
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.02	0.00
Coliformes totales	NMP/100ml	7	2.9x10 ³	4.3x10 ²	0.00	1.5x10 ⁵
Coliformes fecales	NMP/100ml	9.0x10 ²	7.3x10 ²	1.5x10 ²	0.00	7.5x10 ⁴

Tabla No. 11
 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 ESTACION No. 8 TLAYAHUALCO

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	*C	25.0	27.0	29.0	28.0	24.5	27.0
Transparencia	cm	>50.0	50.0	> 50.0	8.0	0.0	7.0
Vel. de la corriente	m/seg	0.91	0.91	0.89	1.05	0.67	0.73
pH Campo		8.7	8.0	8.5	7.0	6.5	8.0
pH Laboratorio	mg/l	7.0	7.1	9.0	8.0	7.9	7.9
Oxígeno disuelto	mg/l	-	8.6	8.6	5.8	8.3	6.7
D.Q.O.	mg/l	8.0	8.1	0.0	12.8	25.5	8.0
D.B.O.	mg/l	-	3.0	9.0	9.1	7.6	6.6
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	0.00	0.00	0.20	0.00
Salinidad	o/oo	0.55	0.70	0.78	-	0.60	0.43
Conductividad eléctrica	umhos/cm	1000.0	1300.0	1300.0	800.0	750.0	600.0
Dureza total	mg/l	518.04	543.76	574.00	475.20	301.0	330.30
Alcalinidad a la f	mg/l	17.75	22.60	25.03	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	184.78	230.60	218.90	192.62	407.00	165.60
Carbonatos	mg/l	10.75	13.80	15.08	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	225.35	281.30	266.95	234.90	178.40	202.00
Fosfatos	mg/l	0.10	0.40	0.70	0.40	0.10	0.015
Nitratos	mg/l	0.30	0.16	0.12	0.18	0.48	0.40
Sulfatos	mg/l	224.00	316.00	296.00	257.30	125.00	207.00
Sulfuros	mg/l	-	-	-	-	0.40	1.30
Cloruros	mg/l	18.43	33.30	96.36	42.40	47.30	20.50
Grasas y aceites	mg/l	-	-	12.82	9.20	9.12	-
Turbiedad	mg/l	15.0	8.9	2.6	360.0	434.0	190.0
Sólidos totales tot.	mg/l	852.00	1136.00	1276.00	-	2468.00	1296.00
Sólidos tot. fijos	mg/l	716.00	876.00	1012.00	-	1532.00	1004.00
Sólidos tot. susp.	mg/l	35.0	18.0	6.4	334.0	1776.00	568.00
Sodio	mg/l	22.00	27.20	44.00	21.70	26.50	19.40
Potasio	mg/l	3.80	6.78	7.50	6.20	4.31	4.30
Calcio	mg/l	138.00	159.00	168.00	138.00	96.00	98.00
Magnesio	mg/l	42.00	35.50	37.40	31.60	14.80	20.70
Manganeso	mg/l	-	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.00	0.00	0.02
Coliformes totales	NMP/100ml	7	4.3x10 ³	40	0.00	4.6x10 ⁵	9.3x10 ³
Coliformes fecales	NMP/100ml	6.0x10 ²	1.4x10 ³	40	0.00	4.6x10 ⁵	90

Tabla No. 12
 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 ESTACION No.9 SAN JUAN TETELCINGO

	UNIDAD	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
Temperatura agua	*C	25.0	29.0	29.0	27.0	21.5	25.0
Transparencia	cm	10.0	40.0	20.0	1.0	0.5	1.5
Vel. de la corriente	m/seg	0.60	0.83	0.45	0.91	0.67	1.13
pH Campo		8.6	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0
pH Laboratorio	mg/l	8.6	8.5	8.3	7.6	7.0	7.7
Oxígeno disuelto	mg/l	7.9	7.3	8.2	4.6	7.5	6.8
D.Q.O.	mg/l	-	11.2	12.8	31.9	6.4	15.0
D.B.O.	mg/l	9.0	3.0	8.0	6.9	7.6	2.0
Anhidrido carbónico	mg/l	-	-	0.00	0.00	0.60	0.00
Salinidad	o/oo	0.67	0.70	0.74	-	0.66	0.40
Conductividad eléctrica	umhos/cm	1050.0	1300.0	1400.0	800.0	700.00	430.00
Dureza total	mg/l	526.56	571.6	602.30	467.40	281.00	248.60
Alcalinidad a la f	mg/l	13.64	8.5	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcalinidad a.m.	mg/l	150.0	182.0	162.96	72.37	337.00	111.50
Carbonatos	mg/l	8.22	5.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	182.91	219.6	198.74	188.35	183.70	136.00
Fosfatos	mg/l	0.20	0.03	0.03	0.09	0.47	0.055
Nitratos	mg/l	0.34	0.14	0.06	0.30	0.48	0.30
Sulfatos	mg/l	234.00	374.0	424.0	497.21	130.00	171.00
Sulfuros	mg/l	-	-	-	0.80	0.40	1.30
Cloruros	mg/l	23.04	33.3	51.0	83.80	51.60	18.20
Grasas y aceites	mg/l	-	-	6.83	8.15	6.45	-
Turbiedad	mg/l	180.00	26.5	54.00	800.0	944.0	3120.0
Sólidos totales tot.	mg/l	1208.00	1216.0	1428.0	-	576.0	5876.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	1032.0	1020.0	1184.0	-	4840.0	5200.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	322.0	51.6	53.60	7932.0	5268.0	5452.0
Sodio	mg/l	34.20	37.80	51.00	52.90	40.80	16.80
Potasio	mg/l	4.20	6.20	7.50	6.90	4.80	3.70
Calcio	mg/l	148.00	170.00	191.00	140.00	91.00	78.00
Magnesio	mg/l	38.00	35.50	30.30	28.50	13.00	13.00
Manganeso	mg/l	-	0.01	0.00	0.02	0.0	0.00
Zinc	mg/l	-	-	0.03	0.02	0.0	0.03
Coliformes totales	NMP/100ml	9	2.3x10 ³	90	0.00	1.1x10 ⁶	4.6x10 ⁴
Coliformes fecales	NMP/100ml	5x10 ²	9.1x10 ²	90	0.00	1.1x10 ⁶	9.3x10 ³

Tabla No. 13

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
ESTACION No. 10 MEZCALA

UNIDAD	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO	
Temperatura agua	*C	24.5	25.0	25.0	27.5	27.0
Transparencia	cm	40.0	-	2.5	0.00	1.50
Vel. de la corriente	m/seg	-	-	0.53	0.71	1.63
pH Campo		6.5	6.0	7.0	7.0	7.0
pH Laboratorio		8.5	8.4	8.1	7.8	7.6
Oxígeno disuelto	mg/l	6.2	7.8	6.1	8.3	7.0
D.Q.O.	mg/l	5.0	26.6	31.9	0.0	8.6
D.B.O.	mg/l	11.8	6.0	6.9	8.0	2.4
Anhidrido carbónico	mg/l	-	2.0	0.0	0.2	0.0
Salinidad	0/00	0.71	0.79	-	0.64	0.40
Conductividad eléctrica	µmhos	1450.0	1450.0	1020.0	700.00	450.00
Dureza total	mg/l	630.50	611.10	514.14	285.10	223.50
Alcalinidad a la f	mg/l	9.57	0.00	0.00	0.00	-
Alcalinidad a.m.	mg/l	184.00	163.50	157.85	333.00	112.10
Carbonatos	mg/l	5.77	2.24	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos	mg/l	224.50	199.40	192.50	165.90	136.80
Fosfatos	mg/l	0.13	0.30	0.07	0.10	0.05
Nitratos	mg/l	0.10	0.07	1.06	0.48	0.10
Sulfatos	mg/l	420.00	384.00	345.45	210.00	177.00
Sulfuros	mg/l	-	-	8.80	0.40	0.50
Cloruros	mg/l	42.80	116.36	52.40	41.90	18.20
Grasas y aceites	mg/l	-	11.41	4.30	10.70	-
Turbiedad	mg/l	19.0	31.00	4700.0	656.0	4880.0
Sólidos totales tot.	mg/l	1252.0	1504.0	-	7220.0	5816.0
Sólidos tot. fijos	mg/l	1052.0	1208.0	-	2736.0	5172.0
Sólidos tot. susp.	mg/l	27.6	32.8	3952.0	2962.0	5316.0
Sodio	mg/l	35.90	54.00	30.80	22.00	30.30
Potasio	mg/l	6.60	7.80	6.30	4.81	3.53
Calcio	mg/l	197.00	195.00	146.00	91.60	68.00
Magnesio	mg/l	33.60	30.00	36.20	14.10	13.00
Manganeso	mg/l	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Zinc	mg/l	-	0.04	0.02	0.00	0.02
Coliformes totales	NMP/100ml	2.7x10 ³	1.5x10 ³	0.00	1.1x10 ⁶	2.4x10 ⁴
Coliformes fecales	NMP/100ml	7.3x10 ²	90	0.00	1.1x10 ⁶	4.3x10 ²

TABLA NO. 14. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

ESTACION		M U E S T R E O							Desv. Estd.
#	Nombre	Oct.	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Ago.	Media	
1	Zapata	45.43	36.68	31.83	42.99	44.83	63.70	44.23	10.89
2	Temixco	44.68	46.60	43.03	71.40	65.42	51.92	43.84	21.49
3	Zacatepec	52.19	56.69	62.86	61.73	73.96	77.02	64.07	9.67
3A	Panchimalco	51.37	60.28	37.10	45.38	89.12	61.89	57.50	18.03
4	Amacuzac	63.04	63.86	83.50	63.17	95.60	56.87	71.00	15.07
5	Atenango	72.94	75.01	75.03	84.47	66.47	74.46	74.73	5.77
6	Papalotla		76.04	67.58	75.40	71.80	94.23	77.01	10.19
7	Tlalcozotitlán	68.73	83.81	75.27	67.66	80.87	85.90	77.04	7.73
8	Ilayahualco	68.99	81.04	97.20	77.22	67.40	83.09	79.15	10.86
9	San Juan	65.64	91.94	83.51	70.95	64.66	80.10	76.13	10.85
10	Mezcala		81.99	84.51	69.49	91.23	92.20	81.88	8.17

Tabla No. 15

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 2, TENIXCO

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE						
HIRUDINEA sp. A.		9	6	0.5		
HIRUDINEA sp. B.		18	1.5	8.5		
OLIGOCHAETA sp. A.		176	5	1		
OLIGOCHAETA sp. B.			3			
COLEOPTERA						
<i>Pezomachus</i>				0.5		
DIPTERA						
ANTHONYIIDAE						
CHIRONOMINAE						
<i>Culex</i>	311	160	27	12.5	22.5	5
HELETHAE		5		0.5	0.5	0.5
<i>Helophila</i>			1	0.5	0.5	
<i>Psychoda</i>			1	19	2.5	
STRATIOMYIDAE			1		0.5	
TANYPODINAE				0.5	0.5	
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis</i> sp. A.		6		1.5		
<i>Baetis</i> spp.						
<i>Triglochinotodes</i> sp. A.	1					0.5
ISOPODA						
<i>Aeolus attenuatus</i>	2	38	247			0.5
LEPIDOPTERA						
<i>Platanoxys</i>	2					
MEGALOPTERA						
<i>Conyza</i>	1					
MOLLUSCA						
<i>Ferussakia</i>		14		2		
<i>Physa</i>		283	152	45.5		
ODONATA						
<i>Agria</i>		1	4			
OSTRACODA (N. I.)						1.5

Tabla No. 16

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 3, ZACATEPEC

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE						
OLIGOCHAETA sp. A.		7	3	122		
COLEOPTERA						
ELMIDAE sp. B.				0.5		
HYDROPHILIDAE						2
DIPTERA						
ANTHONYIIDAE			1			
CHIRONOMINAE		3360	30	10	48	
<i>Culex</i>			3	1	0.5	
<i>Polzoma</i>				2	1	
<i>Psychoda</i>						
TANYPODINAE		11	2			
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis</i> sp. A.		2	4		0.5	
<i>Baetis</i> sp. C.				5		
<i>Baetis</i> sp. D.				1		
<i>Baetis</i> spp.			2			
<i>Dactylobaetia</i>						
<i>Thraupodes</i> sp. A.			16		0.5	
<i>Thraupodes</i> sp. B.		1				
<i>Traverella</i>			6			
<i>Triglochinotodes</i> sp. A.			11	0.5		
<i>Triglochinotodes</i> sp. B.			7	1.5		
MEGALOPTERA						
<i>Conyza</i>	1					
MOLLUSCA (N. I.)						0.5
<i>Gyraulus</i>						1
<i>Lymnaea</i>		1				0.5
PELECYPODA		10		0.5		4.5
<i>Pleurocera</i>			4	2.5		1.5
<i>Physa</i>		1	5			
ODONATA						
<i>Abaia</i>		1				
<i>Ophlogomphus</i>		1	5			0.5
TRICHOPTERA						
<i>Asclapocybe</i>		1				
<i>Hydropsyche</i>		2				

Tabla No. 19

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 5, ATENANGO DEL RIO

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE	1					
OLIGOCHAETA		76				
COLEOPTERA						
<i>Cleptelmis</i>	1			5.5	0.5	0.5
ELMIDAE sp B			1		0.5	
ELMIDAE sp C						
DIPTERA	288		4			
CHIRONOMINAE	2					
HELEIDAE	2					
TROPIDINAE	10					
EPHEMEROPTERA	13			0.5		
<i>Baetis</i> sp A			1			
<i>Baetis</i> sp B	3					
<i>Psectrobaetis</i>	1					
<i>Parameletus</i>	4				0.5	0.5
<i>Thraulodes</i> sp A			1		0.5	0.5
<i>Thraulodes</i> sp B	2		3		1	
<i>Thraulodes</i> sp C	3		33		1.5	1
<i>Thraulodes</i> spp	21		21			
<i>Traverella</i>	11		6	5		2
<i>Trigonotrichodes</i> sp A				1.5		
<i>Trigonotrichodes</i> sp B						
HEMIPTERA	1		1		0.5	
<i>Amblyus</i> sp A						
<i>Amblyus</i> sp B						
MEGALOPTERA						
<i>Corydalis</i>			2			
MOLLUSCA						
<i>Gyrulus</i>				1	3	5
<i>Pezomachus</i>				3		3
ODONATA						
<i>Aphylia</i>	1		3			
<i>Agia</i>	1		15		0.5	
<i>Gomphus</i>	6		2			
<i>Hyporeusa</i>		2				
<i>Libellula</i>		2				
<i>Opicogomphus</i>		1				0.5
OSTRACODA (N.I.)			6			0.5
PLECOPTERA						
<i>Asiatia</i>					0.5	
TRICHOPTERA						
<i>Asiatia</i>		1				
<i>Chimarra</i>		2	5		6	0.5
<i>Hydropsyche</i>						0.5
<i>Panopsyche</i>						

Tabla No. 20

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 6, PAPALUTLA

	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE					
OLIGOCHAETA sp A					1.5
COLEOPTERA					
ELMIDAE sp B			1	0.5	1.5
ELMIDAE sp C					0.5
<i>Psephenus</i>					
DIPTERA					
CHIRONOMINAE	7	42	0.5		
CYCLORRANPHA			0.5		
EPHEMEROPTERA					
<i>Baetis</i> sp A	7			1	1.5
<i>Psectrobaetis</i>	1				
<i>Parameletus</i>			1		
<i>Thraulodes</i> sp B				0.5	0.5
<i>Thraulodes</i> spp	14	3	0.5		1
<i>Traverella</i>					
<i>Trigonotrichodes</i> sp A	3	15	0.5		
<i>Trigonotrichodes</i> sp B	15				7
HEMIPTERA					
<i>Amblyus</i> sp D	1				
GELASTOCORIDAE	1				
MEGALOPTERA					
<i>Corydalis</i>	2				
ODONATA					
<i>Opicogomphus</i>	6				
OSTRACODA (N.I.)					
TRICHOPTERA					
<i>Hydropsyche</i>	1				
<i>Hydropsyche</i>			1		0.5
<i>Oxytelus</i>					
<i>Traverella</i>	1				

Tabla No. 21

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 7, TLALCOZOTITLAN

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
COLEOPTERA						
ELMIDAE sp B				0.5		
DIPTERA						
CHIRONOMINAE	7			0.5		
HELEIDAE				0.5		
Tabanus				0.5		
TANYPODINAE						0.5
EPHEMEROPTERA						
Baetis sp A	22					
Baetis sp C	24					
Dactylabazia	22					
Panaetia						1
Thaumatodes sp B	3					
Thaumatodes spp	2					
Thaumatella	1					
Thyconethodes sp A	1					
LEPIDOPTERA						
Pantopogon				0.5		
MOLLUSCA						
Lymnaea						
ODONATA						
Anax	1					
Gomphus	1					
Ophiogomphus	8					
Pachyneura	2					
OSTRACODA (N.I.)						1
PLECOPTERA						
Acroneuria	1					
TRICHOPTERA						
Hydropsyche				0.5		
Triaenodes						1
No Identificado						0.5

Tabla No. 22

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 8, TLAYAHUALCO

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE						
OLIGOCHAETA sp A					1	
COLEOPTERA						
Crepidula		1				
Chamaelea				2.5		0.5
ELMIDAE sp C						1
DIPTERA						
CHIRONOMINAE	119	6		1.5		0.5
Simalium						2
EPHEMEROPTERA						
Baetis sp B	48					
Baetis sp C	44					
Dactylabazia	50					0.5
Thaumatodes sp A		25	7	0.5		
Thaumatodes sp B	60	13	21	1		
Thaumatodes spp	3					0.5
Thaumatella	6	124	20			
Thyconethodes sp A	3	7	5	3.5		
Thyconethodes sp B	3	3	6	2		
HEMIPTERA						
Ambrysus sp A	1	2				
LEPIDOPTERA						
Pantopogon	1			1		
Panaetia		1				
MEGALOPTERA						
Conyza	1	3	3			
MOLLUSCA						
Anax						
Pachyneura				0.5		
Plecoptera						
ODONATA						
Anax	1					0.5
Heleia				0.5		
Hypomegala		5				0.5
Ophiogomphus				0.5		
OSTRACODA (N.I.)				1.5		1
TRICHOPTERA						
Acroneuria		1				
Hydropsyche				4		0.5
Triaenodes		1				
No Identificado						1

Tabla No. 23

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 9, SAN JUAN TETELCHINGO

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
COLEOPTERA						
<i>Crypticus</i>	3					
ELMIDAE sp. A	2					
ELMIDAE sp. B	3					
ELMIDAE sp. C	9					
DIPTERA						
CHIRONOMINAE	6		9		1	1
<i>Simulium</i>					1	15.5
Tabanus			1			
TANYPODINAE			3			0.5
TIPULIDAE						0.5
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis</i> sp. A	50	1	5			
<i>Baetis</i> sp. B	12		1			
<i>Baetis</i> sp. C			1			
<i>Baetis</i> sp. D			1			
<i>Baetis</i> sp. E			1			
<i>Dacrydinae</i>	169	1				
Homomenidae			6			
Thauides sp. B	181	48	97			1
Thauides sp. A		3				
Thauides sp. B	7	4	47			
Thauides sp. A		4	23			
Thauides sp. B						
HEMIPTERA						
<i>Ambrysus</i> sp. A			20			
LEPIDOPTERA						
<i>Paraponyx</i>	1					
MOLLUSCA						
<i>Lymnaea</i>	1					
No. identificado				0.5		
PELECYPODA						
ODONATA						
<i>Ayaza</i>	1		1			
<i>Libellula</i>	1					
<i>Oligoneurus</i>	31	6	5			
TRICHOPTERA						
<i>Hydropsyche</i>	1		5			
<i>Hydropsyche</i>			3			
No. identificado			3			0.5

Tabla No. 24

ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO
COLECTADOS EN LA ESTACION 10, MEZCALA

	OCTUBRE	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	AGOSTO
ANNELIDAE						
OLIGOCHAETA sp. A						0.5
COLEOPTERA						
ELMIDAE sp. B				0.5		0.5
NOTERIDAE				0.5		
DIPTERA						
CHIRONOMINAE	1		63			1
<i>Simulium</i>				1		7.5
TANYPODINAE			16			
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis</i> sp. B			10			
<i>Baetis</i> sp. A			9			
<i>Dacrydinae</i>	2		3			1.5
<i>Leptochia</i>			2			1
<i>Pezomachus</i>	15		1			
<i>Thauides</i> sp. A			31			
<i>Thauides</i> sp. B	4		4			1
<i>Thauides</i> sp. A	6		35			0.5
<i>Thauides</i> sp. B						
<i>Thauides</i> sp. A			22			2.5
<i>Thauides</i> sp. B						0.5
HEMIPTERA						
<i>Ambrysus</i> sp. A	4					
<i>Ambrysus</i> sp. B			2			
<i>Ambrysus</i> sp. C	2		6			
<i>Ambrysus</i> sp. D			5			
MAURORINAE						
VELIIDAE			1			
LEPIDOPTERA						
<i>Paraponyx</i>			1	0.5		
MEGALOPTERA						
<i>Conydia</i>			5			
MOLLUSCA						
<i>Gymnausa</i>	1					
<i>Pezomachus</i>	1					
No. identificado	2					
ODONATA						
<i>Ayaza</i>			2			
<i>Libellula</i>				0.5		
<i>Oligoneurus</i>	1		7			
TRICHOPTERA	5		4			
<i>Ayaza</i>			44			
<i>Ayaza</i>			1			
<i>Hydropsyche</i>			21			
<i>Hydropsyche</i>	4		118			
<i>Hydropsyche</i>			1			
<i>Oxyechia</i>			1			
<i>Oxyechia</i>			2			
No. identificado						0.5

Tabla No. 25

INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	TEMPERATURA AGUA °C	VELOCIDAD CORRIENTE m/seg	pH CAMPO	OXIGENO DISUELTO mg/l	DBO mg/l	CO ₂ mg/l	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA unhos/cm	DUREZA mg/l	ALCALINIDAD a.m. mg/l
ANNELIDAE									
HIRUDINEA sp A	16.5-19.0	0.36-0.96	7.0-7.5	4.6-7.8	9.6-424.0	0.4- 6.0	140- 400	75.8-116.3	68.7-115.9
HIRUDINEA sp B	16.5-18.0	0.36-0.70	7.0-7.5	4.6-6.8	1.9-424.0	0.4- 6.0	140- 400	75.8-103.3	68.7-115.9
OLIGOCHAETA sp A	16.5-30.0	0.36-1.63	6.5-8.5	1.8-8.3	1.6-424.0	0.0-26.0	60-1250	75.8-553.3	60.7-424.0
OLIGOCHAETA sp B	18.0	0.70	7.0	4.6	19.0	0.4	140.0	75.8	68.7
COLEOPTERA									
<i>Cleptelmis</i>	24.0-29.0	0.19-0.89	6.5-8.6	7.2-9	6.6- 29.0	0. -0.2	560-1300	105.0-574.0	150.0-461.0
<i>Ctenellia</i>	24.5-26.0	0.67-1.00	6.5-7.5	8.3	1.0- 7.6	0.2-2.0	750-850	301.0-337.0	407.0-453.0
ELMIDAE sp B	19.0-29.5	0.50-1.53	6.0-8.5	3.6-8.3	4.0- 30.5	0.0-0.5	60-1250	87.8-617.0	83.4-484.0
ELMIDAE sp C	19.0-24.0	0.19-1.50	6.0-8.0	2.3-8.3	6.0- 30.5	0.0-1.7	60-1250	87.8-519.0	83.4-484.0
HYDROPHILIDAE	24.0	1.06	7.5	6.2	2.3	0.5		415.4	200.0
NOTERIDAE	25.0	0.53	7.0	6.1	6.0- 9.0	0.0	1020- 720	514.1	157.9
<i>Pelonomus</i>	18.0	0.70	7.0	4.6	19.0	0.4	140	75.8	68.9
<i>Psephenus</i>	19.0-26.0	0.56-1.00	6.0-8.0	5.6-7.0	1.0- 22.0	0.2-0.7	60-850	87.8-337.0	83.4-484.0
<i>Stenelmis</i>	19.0	0.56	6.0	6.60	6.0	0.3	60	112.0	484.0
DIPTERA									
ANTHONYIIDAE	29.0-30.0	0.43-0.90	8.0-8.1	0-2.1	386.0-588.0	26.0	1200-1300	515.1-528.3	276.4-325.1
CHIRONOMINAE	16.0-30.0	0.19-1.63	6.0-8.5	1.8-8.3	1.0-588.0	0.9-26.0	60-1600	75.8-630.5	59.0-544.0
<i>Culex</i>	16.5-30.0	0.36-0.90	6.5-8.1	0.0-6.8	1.6-588.0	0. -26.0	350-1300	93.6-528.3	93.6-417.0
CYCLORHAPHA	27.0-27.5	0.55-0.91	6.0	2.0-2.3	10.4-190.0	1.6	960-1200	93.6-525.4	128.0-296.4
HELEIDAE	19.0-27.0	0.55-1.11	6.0-8.0	3.6-7.8	4.0- 9.6	0.3- 2.0	150-1000	89.6-551.3	80.7-137.6
<i>Helophillus</i>	19.0-25.0	0.66-0.96	6.5-7.0	1.8-6.0	1.6- 4.3	0.0- 2.0	350- 820	93.6-636.0	96.7-544.0
<i>Pellicoma</i>	16.0-30.0	0.36-1.00	6.0-8.0	0.0-6.8	1.0-424.0	0.0-26.0	140-1300	75.0-446.0	68.7-544.0
<i>Problezia</i>									
<i>Psychoda</i>	18.0-30.0	0.55-1.11	6.0-8.1	0.0-6.0	1.0-588.0	0.0-26.0	140-1300	75.8-617.0	68.7-544.0
<i>Simulium</i>	19.0-27.0	0.53-1.63	6.0-7.0	6.1-8.3	2.0- 7.6	0.0- 0.3	60-1020	112.0-514.1	111.5-484.0
STRATIOMYIDAE	16.5-29.5	0.36-1.11	6.5-7.5	1.8-6.8	1.0-424.0	0.7- 6.0	350-1300	93.6-636.0	96.6-334.4
<i>Tabanus</i>	19.5-29.0	0.45-1.11	6.0-8.0	3.6-8.2	1.0- 9.1	0.0- 9.1	300-1400	89.6-602.3	93.6-453.0
TANYPODINAE	18.0-29.0	0.19-1.13	6.0-8.5	3.0-8.3	1.0-180.0	0.0- 2.0	600-1450	75.8-621.0	68.7-453.0
TIPULIDAE	25.0	0.66-1.13	7.0-7.5	0.0-6.8	2.0- 26.0	0.0- 3.7	430-1300	248.6-636.0	115.5-544.0
EPHEMEROPTERA									
<i>Baetis</i> sp A	16.0-29.5	0.30-1.16	6.0-8.6	3.0-7.9	3.0-180.0	0.0- 2.0	60-1450	89.6-621.0	59.0-484.0
<i>Baetis</i> sp B	19.5-25.0	0.30-0.91	6.0-8.7	7.0-7.8	6.0- 25.0	0.3- 2.0	60-1450	89.6-610.1	93.6-484.0

Tabla No. 25 (Cont.)

INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	FOSFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	SULFATOS mg/l	TURBIDEDAD mg/l	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS mg/l	SODIO mg/l	POTASIO mg/l	CALCIO mg/l	MAGNESIO mg/l
ANNELIDAE									
HIRUDINEA sp A	0.09-1.20	0.06-2.26	17.0- 70.8	19.0- 900.0	50.0-1680.0	17.6-49.0	4.9- 7.8	20.9- 33.6	5.8-10.2
HIRUDINEA sp B	0.09-1.20	0.06-2.26	17.0- 48.7	146.0- 900.0	97.6-1680.0	26.8-49.0	6.2- 7.8	20.7- 24.5	5.8-10.2
OLIGOCHAETA sp A	0.03-1.20	0.0- 2.26	11.0-308.5	2.8-4880.0	3.5-5316.0	7.7-49.0	2.3- 8.5	20.7-184.0	4.9-47.2
OLIGOCHAETA sp B	0.09	0.0- 0.6	47.5	900.0	1680.0	26.8	7.8	5.8	0.06
COLEOPTERA									
<i>Cleptelmis</i>	0.10- 70	0.10-0.48	27.0-296.0	2.6- 434.0	6.4-1776.0	23.0-44.0	4.2- 7.5	87.0-168.0	10.2-38.0
<i>Ctenellia</i>	0.094-0.10	0.40-0.4	125.0-231.0	61.0-2468.0	26.5- 164.0	4.3-25.1	6.0-36.0	14.8-100.0	0.0-23.6
ELMIDAE sp B	0.006-0.57	0.00-1.06	16.3-345.5	3.5-4880.0	3.2-28556.0	7.7-45.8	2.9- 8.5	23.9-169.0	4.9-47.2
ELMIDAE sp C	0.006-0.40	0.00-0.54	25.0-321.5	4.1-6800.0	3.2-5420.0	7.7-43.0	2.9- 8.5	23.9-150.0	4.9-35.1
HYDROPHILIDAE	0.28	0.50	234.5	19.0	68.0	36.4	4.6	122.0	26.8
NOTERIDAE	0.07	1.06	345.5	4700.0	393.0	30.8	6.3	146.0	36.2
<i>Pelonomus</i>	0.09	0.06	47.5	900.0	1680.0	26.8	7.8	20.7	5.8
<i>Psephenus</i>	0.006-0.40	0.10-0.50	16.3-231.0	43.0-2720.0	164.0-4924.0	7.7-27.3	2.9- 6.0	25.8-100.0	4.9-23.6
<i>Stenelmis</i>	0.40	0.50	48.5	1360.0	3168.0	7.7	2.9	36.6	4.9
DIPTERA									
ANTHONYIIDAE	0.70-0.80	0.06-0.24	154.0-184.0	4.2-11.71	21.2- 660.0	43.0-63.0	7.5-15.1	137.0-138.0	4.9-44.5
CHIRONOMINAE	0.094-1.65	0.00-0.90	11.0-448.0	2.6-6800.0	3.2-5452.0	7.7-66.0	2.9-26.4	19.5-206.0	4.9-52.0
<i>Culex</i>	0.07-0.12	0.08-0.54	205.0-321.5	73.0-6800.0	112.0-5420.0	20.9-42.8	7.0-21.4	148.0-169.0	21.8-25.1
CYCLORHAPHA	0.39-1.20	0.06-2.26	11.0-308.5	4.1- 146.0	21.2- 150.0	33.0-63.0	5.0-15.1	22.6-169.0	3.0-47.2
HELEIDAE	0.06-0.55	0.28-2.54	16.3-267.2	8.1- 236.0	50.0-28556.0	9.5-33.5	3.1- 6.5	25.8-148.0	6.1-44.0
<i>Helophillus</i>	0.30-0.39	0.16-0.40	11.0-250.0	49.0- 61.0	49.0- 150.0	33.3-34.0	5.0- 5.1	22.6-126.0	9.0-31.8
<i>Pellicoma</i>	0.094-1.20	0.06-3.26	17.0-300.6	2.8- 900.0	8.0-1680.0	20.9-49.0	4.2-21.4	20.7-184.0	5.8-50.0
<i>Problezia</i>									
<i>Psychoda</i>	0.094-0.80	0.06-0.40	11.0-308.0	4.1-900.0	21.2-1680.0	20.9-63.0	5.0-21.4	20.7-169.0	5.8-47.2
<i>Simulium</i>	0.055-0.47	0.10-1.05	48.5-345.5	434.0-4880.0	1776.0-5452.0	7.7-40.8	2.9- 6.3	36.6-146.0	4.9-91.0
STRATIOMYIDAE	0.094-1.20	0.16-2.26	11.0-300.6	61.0-580.0	72.0- 164.0	25.1-49.0	5.0-20.3	22.6-172.0	3.0-50.0
<i>Tabanus</i>	0.094-0.30	0.06-0.54	16.3-424.0	54.0-236.0	53.6-28556.0	9.5-51.0	3.1- 7.2	25.8-191.0	6.1-30.3
TANYPODINAE	0.050-0.70	0.16-1.06	27.0-250.0	2.6-4700.0	3.2-6416.0	7.7-54.0	3.7- 7.8	36.6-195.0	5.8-50.0
TIPULIDAE	0.055-0.90	0.20-0.40	171.0-300.6	14.0-3120.0	49.0-5452.0	16.8-39.8	3.7-20.3	78.0-172.0	13.0-50.0
EPHEMEROPTERA									
<i>Baetis</i> sp A	0.03-1.65	0.12-1.04	16.3-448.0	2.6-1360.0	8.0-3668.0	7.7-61.9	2.9- 7.8	24.3-195.0	4.9-52.0
<i>Baetis</i> sp B	0.10-0.40	0.07-0.50	16.3-384.0	7.4-1360.0	9.6-3668.0	7.7-54.0	2.9- 7.8	25.8-195.0	4.3-42.0

Tabla No. 26
 INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
 LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	TEMPERATURA AGUA °C	VELOCIDAD LORRIENTE m/seg	pH CAMPO	OD mg/l	DBO mg/l	CO ₂ mg/l	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA µmhos/cm	DUREZA mg/l	ALCALINIDAD mg/l
<i>Baetis</i> sp C	20.0-30.0	0.30-1.16	6.0-8.7	2.1-8.2	8.0-386.0	0.0-26.0	500-1400	175.9-602.3	58.9-1400.0
<i>Baetis</i> sp A	24.0-30.0	0.19-0.90	6.0-8.1	2.1-8.3	8.0-386.0	0.0-26.0	560-1400	515.1-602.3	162.9-276.4
<i>Baetis</i> spp	18.0-30.0	0.56-1.50	6.0-8.1	2.1-8.2	0.0-386.0	0.0-26.0	60-1450	75.8-611.1	68.6-404.0
<i>Dactylobaetis</i>	20.0-29.5	0.30-1.63	6.0-8.6	3.6-8.3	0.0-25.0	0.2-2.0	350-1450	127.5-813.0	58.9-407.0
<i>Faxula</i>	27.5	0.91	6.0	2.3	10.4	1.7	960	455.8	128.0
<i>Homoteneusia</i>	29.0	0.83	7.0	7.3	3.0	-	1300	571.6	182.0
<i>Isonechia</i>	25.0-27.0	0.71-1.63	6.0-7.0	6.9-7.8	2.4-6.0	0.0-2.0	450-1450	223.5-611.1	112.0-315.0
<i>Parameletus</i>	19.5-27.0	0.55-1.63	6.0-8.0	6.0-7.8	0.0-9.0	0.0-2.0	300-1450	89.6-611.1	93.5-461.0
<i>Thraulodes</i> sp A	19.5-30.0	0.19-1.05	6.0-8.1	2.1-9.0	0.0-386.0	0.0-26.0	300-1450	87.7-611.1	83.4-461.0
<i>Thraulodes</i> sp B	19.5-30.0	0.19-1.63	6.0-8.7	2.1-9.0	0.0-386.0	0.0-26.0	145-1600	87.7-813.0	58.9-461.0
<i>Thraulodes</i> spp	19.5-29.0	0.30-1.16	6.0-8.7	5.6-7.8	3.0-25.0	0.0-0.3	145-1450	87.7-630.5	58.9-266.0
<i>Traverella</i>	20.0-50.0	0.30-1.16	6.0-8.7	2.1-9.0	0.0-386.0	0.0-26.0	145-1450	87.7-813.0	58.9-461.0
<i>Tayconithodes</i> sp A	17.0-30.0	0.19-1.16	6.0-8.7	2.1-9.0	3.0-386.0	0.0-06.0	145-1600	78.0-813.0	58.9-276.4
<i>Tayconithodes</i> sp B	19.5-30.0	0.19-1.50	6.0-8.2	2.1-8.3	0.0-386.0	0.0-2.0	145-1600	87.7-683.9	83.4-544.0
<i>Tayconithodes</i> sp C	19.5-24.0	0.19-0.60	6.0-8.0	5.6-8.3	9.0-26.0	0.0-0.3	145-580	87.7-105.0	83.4-163.7
HEMIPTERA									
<i>Amblypsa</i> sp A	24.0-29.0	0.45-1.50	6.0-8.7	5.6-8.2	6.0-30.5	0.0-8.0	145-1450	87.7-611.1	83.4-241.9
<i>Amblypsa</i> sp B	19.0-27.0	0.56-1.00	6.0-7.5	5.1-7.8	0.0-8.6	0.0-2.0	60-1450	112.0-611.1	163.5-484.0
<i>Cyphocercus</i>	21.0	0.83	7.0	7.6	0.0	-	350.0	127.5	324.0
GELESTOCORIDAE	27.0	1.11	7.0	6.0	4.0	-	1450	562.7	136.4
NAUCORIDAE	25.0	-	6.0	7.8	6.0	2.0	1450	611.1	163.5
VELIIDAE	25.0-29.0	0.43	6.0-8.0	0.0-7.8	6.0-58.8	2.0-26.0	1300-1450	514.1-528.3	167.8-375.1
ISOPODA									
<i>Asellus</i>	16.0-19.0	0.36-1.11	6.0-7.7	1.8-7.1	1.6-424.0	0.4-6.0	1400-400	75.8-116.3	18.6-116.1
No Identificado	25.0	0.66	7.0	6.0	4.3	0.0	820	446.0	544.0
HYDRACARINA									
<i>Hydrachna</i>	24.0	0.60	6.0	5.6	27.5	0.3	145	87.8	83.4
LEPIDOPTERA									
<i>Parapoynx</i>	17.0-28.0	0.53-1.11	6.0-8.7	3.6-7.9	6.0-125.0	0.0-2.0	300-1450	28.0-611.1	86.9-192.6

Tabla No. 26 (Cont.)

INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
 LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	FOSFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	SULFATOS mg/l	TURBIEDAD mg/l	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS mg/l	SODIO mg/l	POTASIO mg/l	CALCIO mg/l	MAGNESIO mg/l
<i>Baetis</i> sp C	0.03-0.70	0.06-0.34	25.0-424.0	4.2-180.0	9.6-322.0	22.0-51.0	3.8-7.5	51.9-191.0	11.2-42.0
<i>Baetis</i> sp D	0.03-0.70	0.06-0.10	27.0-424.0	4.1-54.2	4.1-54.2	23.0-51.0	6.0-7.5	87.0-191.0	10.2-41.9
<i>Baetis</i> spp	0.064-0.70	0.00-1.40	6.8-424.0	3.5-1360.0	4.0-3668.0	7.6-54.0	2.3-8.5	20.7-195.0	4.9-41.9
<i>Dactylobaetis</i>	0.055-0.57	0.03-0.96	6.8-448.0	4.1-4880.0	9.6-5316.0	18.5-61.9	2.3-7.8	40.8-197.0	6.2-47.2
<i>Faxula</i>	0.07	0.54	321.5	6800.0	5420.0	42.8	7.00	148.0	21.0
<i>Homoteneusia</i>	0.03	0.14	374.0	26.5	51.6	37.8	6.20	170.0	35.5
<i>Isonechia</i>	0.05-0.30	0.07-0.24	110.4-384.0	1200.0-4880.0	32.8-5316.0	19.1-54.0	3.5-7.8	68.0-195.0	13.0-30.0
<i>Parameletus</i>	0.50-0.61	0.07-0.96	6.8-384.0	6.4-4880.0	13.2-6416.0	9.5-54.0	2.3-7.8	25.8-195.0	6.1-34.2
<i>Thraulodes</i> sp A	0.006-0.70	0.06-0.96	6.8-384.0	4.1-360.0	3.2-1045.0	9.5-54.0	2.3-7.8	23.9-195.0	6.1-41.9
<i>Thraulodes</i> sp B	0.006-0.70	0.06-1.06	6.8-448.0	6.4-4880.0	3.2-5420.0	9.5-66.0	2.3-8.0	23.9-206.0	13.0-87.0
<i>Thraulodes</i> spp	0.006-0.40	0.10-0.46	16.3-420.0	6.4-2720.0	9.6-4924.0	9.5-40.0	3.1-6.6	23.9-197.0	6.1-44.0
<i>Traverella</i>	0.006-0.70	0.06-0.96	6.8-386.0	2.6-4880.0	6.4-5316.0	19.1-54.0	2.3-7.8	23.9-195.0	6.8-47.2
<i>Tayconithodes</i> sp A	0.03-0.70	0.06-1.86	19.2-448.0	2.6-360.0	3.2-1045.0	19.5-66.0	3.8-8.0	19.5-206.0	6.8-47.2
<i>Tayconithodes</i> sp B	0.006-0.70	0.06-0.96	6.8-424.0	6.4-2720.0	3.2-4924.0	9.5-66.0	2.3-8.5	23.9-191.0	6.1-52.0
<i>Tayconithodes</i> sp C	0.006-0.30	0.10-0.46	16.3-27.5	4.1-236.0	3.2-1045.0	9.5-27.3	3.1-6.0	23.9-87.0	6.1-10.2
HEMIPTERA									
<i>Amblypsa</i> sp A	0.06-0.40	0.00-0.30	27.5-424.0	3.5-54.0	4.0-1045.0	22.0-54.0	3.8-7.8	23.9-195.0	6.8-4.0
<i>Amblypsa</i> sp B	0.064-0.40	0.07-0.96	6.8-384.0	31.0-3668.0	32.8-3668.0	7.7-54.0	2.3-6.6	36.6-195.0	4.9-36.0
<i>Cyphocercus</i>	0.064	0.96	6.80	59.0	134.0	20.40	6.1	40.8	6.2
GELESTOCORIDAE	0.15	0.16	448.0	06.5	38.4	81.9	6.1	174.0	31.0
NAUCORIDAE	0.30	0.07	384.0	31.0	32.8	54.0	7.8	195.0	50.0
VELIIDAE	0.30-0.80	0.07-0.24	154.0-384.0	31.0-146.0	32.8-97.6	54.0-63.0	7.8-15.1	138.0-195.0	36.2-44.5
ISOPODA									
<i>Asellus</i>	0.09-1.65	0.06-2.26	11.0-70.8	8.5-900.0	15.0-1680.0	17.6-49.0	4.2-7.8	19.5-33.6	5.0-10.2
N. Identif.	0.30	0.40	250.0	14.0	49.0	34.0	5.	126.0	31.80
HYDRACARINA									
<i>Hydrachna</i>	0.006	0.20	27.5	43.0	1045.0	27.3	5.2	23.9	6.8
LEPIDOPTERA									
<i>Parapoynx</i>	0.06-0.61	0.07-1.86	19.2-384.0	15.0-4700.0	25.2-28556.0	19.5-54.0	3.8-7.8	24.3-195.0	7.90-40.0

Tabla No. 27
INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	FOSFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	SULFATOS mg/l	TURBIEDAD mg/l	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS mg/l	SODIO mg/l	POTASIO mg/l	CALCIO mg/l	MAGNESIO mg/l
<i>Margaritifera</i>	0.40	0.18	257.3	360.0	334.0	21.70	6.2	138.0	31.60
PELECYPODA	0.006-0.10	0.20-0.64	27.5 -497.2	43.0 -8000.0	116.0-7932.0	27.3 -52.9	5.00- 6.9	23.9 -140.0	6.80-28.5
Pluteococca	0.03-0.70	0.00-0.64	142.0 -420.0	2.80- 250.0	4.0- 316.0	20.9 -45.8	4.00-21.4	100.0 -197.0	18.70-47.2
Phyca	0.09-1.65	0.06-2.26	17.0 -308.5	0.60- 900.0	8.0-1680.0	20.9 -63.0	4.20-21.4	20.7 -184.0	5.80-50.0
ODONATA									
<i>Aphylla</i>	0.32- 0.40	0.00-0.28	216.0 -316.0	3.5 - 8.9	4.0- 21.2	22.4 -43.0	4.00- 8.5	140.0 -159.0	35.10-44.0
<i>Angia</i>	0.006- 1.65	0.00-2.26	16.3 -424.0	2.6 - 236.0	3.2-1045.0	9.5 -54.0	3.10- 7.8	23.9 -195.0	6.10-52.0
<i>Gomphus</i>	0.006- 0.40	0.00-1.06	27.0 -386.0	3.5 -4700.0	3.2-3952.0	22.4 -43.0	4.00- 8.5	23.9 -151.0	6.60-44.0
<i>Heterocera</i>	0.006- 0.90	0.10-0.32	25.0 -300.6	4.1 - 580.0	3.2-1045.0	21.7 -39.8	4.20-20.3	23.9 -172.0	6.80-50.0
<i>Hyponeura</i>	0.30- 0.40	0.16-0.20	316.0 -354.0	6.4 - 8.9	13.2- 18.0	27.2 -30.2	6.20- 6.8	159.0 -161.0	34.20-35.5
<i>Libellula</i>	0.20- 2.40	0.00-0.34	234.0 -240.0	3.5 - 180.0	4.0- 322.0	34.2 -43.0	4.20- 8.5	148.0 -150.0	35.1 -38.0
<i>Opkiogomphus</i>	0.006-0.70	0.00-0.90	16.3 -424.0	2.6 -4480.0	3.2-5316.0	9.5 -54.0	3.10- 8.5	23.9 -197.0	6.10-50.0
<i>Penthenis</i>	0.22	0.25	386.0	172.00	304.0	40.0	5.20	151.0	34.00
<i>Progomphus</i>	0.094	0.40	231.0	61.00	164.0	25.1	6.00	100.0	23.60
ANISOPTERA N. I.	0.40	0.50	48.5	1360.0	3648.0	7.7	2.92	36.6	4.33
ORTHOPTERA	0.12	0.08	205.0	73.0	112.0	2.90	21.40	169.0	25.10
OSTRACODA	0.015- 0.55	0.10-1.40	70.8 -257.3	19.0 -3920.0	49.0- 646.0	17.6 -28.1	3.80- 6.2	33.6 -138.0	7.85-31.8
PLECOPTERA									
<i>Atoptera</i>	0.03- 0.22	0.25-0.32	308.0 -386.0	172.0 - 210.0	286.0- 304.0	40.0 -45.8	5.2 - 5.8	138.0 -151.0	34.0 -36.0
TRICHOPTERA									
<i>Agnylla</i>	0.03- 0.40	0.00-0.32	25.0 -424.0	35.0 - 54.0	3.2- 53.6	23.0 -54.0	4.2 - 8.5	6.8 -195.0	10.2 -35.5
<i>Arctopsyche</i>	0.07- 0.35	0.07-1.06	25.0 -384.0	2.6 -4700.0	9.6-3952.0	7.8 -23.1	5.9-195.0	51.9 -150.0	6.1 -50.0
<i>Chimarra</i>	0.30	0.07-0.20	354.0 -384.0	6.4 - 31.0	13.2- 32.8	30.2 -54.0	6.2- 7.8	161.0 -195.0	30.0 -34.2
<i>Hydropsyche</i>	0.050- 1.65	0.16-1.04	11.0 -448.0	2.6 -3920.0	4.0-6416.0	17.6 -61.9	4.10- 8.5	22.6 -197.0	7.9 -50.0
<i>Macronema</i>	0.06	0.54	267.0	200.0	2856.0	33.5	6.2	123.0	15.2
<i>Notonema</i>	0.07	0.54	321.5	6800.0	5420.0	42.8	7.0	148.0	21.8
<i>Orthotrichia</i>	0.28- 0.30	0.07-0.32	25.0 -384.0	7.4 - 31.0	9.6 - 32.8	34.1 -54.0	4.2 - 7.8	51.9 -195.0	0.0 -10.2
<i>Oxyecia</i>	0.07- 0.30	0.07-0.54	220.0 -384.0	31.0 -6800.0	32.8 -5420.0	42.8 -66.0	7.0- 8.0	148.0 -206.0	21.8 -41.0
<i>Parapsyche</i>	0.07	0.40	190.7	250.0	316.0	28.1	4.0	100.0	18.7
<i>Polypsectropus</i>	0.006	0.20	27.5	43.0	1045.0	27.3	5.2	23.9	6.8
<i>Trisemaides</i>	0.15 - 0.40	0.16	316.0 -448.0	8.9 - 26.5	18.0 - 38.4	27.2 -61.9	6.1- 6.8	159.0 -174.0	31.0 -45.5

Tabla No. 27 (Cont.)
INTERVALOS DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS EN
LOS QUE APARECIERON LOS ORGANISMOS

	TEMPERATURA AGUA °C	VELOCIDAD CORRIENTE m/seg	pH CAMPO	OD mg/l	DBO mg/l	CO ₂ mg/l	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA µmhos/cm	DUREZA mg/l	ALCALIQUIDAD mg/l
<i>Margaritifera</i>	28.0	1.05	7.0	5.8	9.1	0.0	800	495.0	192.7
PELECYPODA	24.0-29.5	0.60-0.91	6.0-7.5	4.6-6.9	1.0- 22.5	0.0 - 2.0	145 - 850	87.7 - 467.4	22.3 -453.0
Pluteococca	24.0-29.5	1.55-1.50	6.0-8.0	3.0-8.0	1.0-190.0	0.0 -190.0	570 -1450	301.0 - 630.5	184.0 -554.0
Phyca	16.0-30.0	0.36-1.06	6.0-8.2	0.0-6.8	1.0- 26.0	0.0 - 26.0	140 -1300	75.8 - 621.0	68.6 -544.0
ODONATA									
<i>Aphylla</i>	24.0-27.0	0.58-1.50	8.0-8.5	6.8-7.8	3.0- 30.5	0.0	1000 -1300	579.6 - 543.7	96.8 -241.9
<i>Angia</i>	16.0-59.0	0.19-1.50	6.0-8.6	5.1-8.2	6.0-424.0	0.0 - 6.0	145 -1450	87.7 - 621.0	58.9 -286.0
<i>Gomphus</i>	24.0-27.0	0.19-1.50	6.0-8.5	5.6-8.3	4.0- 30.0	0.0 - 0.3	145 -1250	87.7 - 551.2	58.9 -241.9
<i>Heterocera</i>	24.0-29.5	0.19-1.05	6.0-8.0	0.0-8.3	9.1- 26.0	0.0 - 0.7	145 -1300	87.7 - 636.0	83.4 -334.4
<i>Hyponeura</i>	25.0-27.0	0.67-0.91	8.00	6.6-7.1	3.0- 5.0	-	1300 -1350	543.7 - 813.0	230.6 -256.0
<i>Libellula</i>	24.0-25.0	0.67-1.50	8.0-8.6	6.8-7.9	9.0- 30.5	0.0	1050 -1250	519.6 - 526.5	150.0 -241.9
<i>Opkiogomphus</i>	19.5-29.0	0.19-1.63	6.0-8.7	3.0-8.3	2.0-180.0	0.0 - 2.0	145 -1450	87.7 - 813.0	58.9 -544.0
<i>Penthenis</i>	26.0	1.16	8.4	7.4	6.0	-	1150	517.6	58.98
<i>Progomphus</i>	26.0	1.00	7.5	-	26.0	2.0	850	337.0	453.00
ANISOPTERA N. I.	19.0	0.56	6.0	6.6	6.0	0.3	60	112.0	684.00
ORTHOPTERA	27.0	0.55	6.0	2.0	190.0	-	1200	52.40	296.40
OSTRACODA	19.0-28.0	0.66-1.13	7.0-8.0	5.8-7.9	1.6- 9.6	0.0 - 2.0	150 - 820	11.3 - 475.2	80.7 -544.0
PLECOPTERA									
<i>Atoptera</i>	26.0-27.0	1.00-1.16	7.5-8.4	5.1-7.4	6.0- 8.6	6.0 - 8.6	1035-1150	483.3-517.6	59.0 -205.5
TRICHOPTERA									
<i>Agnylla</i>	20.0-29.0	0.19-1.15	6.0-8.0	6.8-8.3	3.0- 30.5	0.0 - 2.0	500-1450	179.9-611.1	151.9 -543.8
<i>Arctopsyche</i>	20.0-25.0	0.30-0.79	6.0-8.2	6.1-7.8	6.0- 62.0	0.0 - 2.0	500-1450	175.9-621.0	151.2 -163.5
<i>Chimarra</i>	25.0	0.67	6.0-8.0	6.6-7.8	5.0- 6.0	2.0	450-1350	611.1-813.0	163.5 -256.0
<i>Hydropsyche</i>	16.0-29.0	0.32-1.50	6.0-8.6	5.8-8.3	1.0-424.0	0.0 - 6.0	400-1450	93.3-813.0	80.7 -453.0
<i>Macronema</i>	26.0	1.11	6.0	3.6	9.1	0.3	950	370.1	137.6
<i>Notonema</i>	27.0	1.11	7.0	6.0	4.0	1.6	960	459.8	120.4
<i>Orthotrichia</i>	20.0-25.0	0.30	6.0-7.0	7.2-7.8	6.0- 25.0	2.0	500-1450	179.9-611.1	151.9 -143.5
<i>Oxyecia</i>	22.0-27.5	0.19-0.91	6.0	2.3-7.8	6.0- 27.0	1.7 - 2.0	600-1450	459.8-683.9	127.4 -163.5
<i>Parapsyche</i>	24.5	1.13	7.0	7.8	6.5	0.0	570	327.0	330.0
<i>Polypsectropus</i>	24.0	0.60	6.0	5.6	27.5	0.3	145	87.0	83.4
<i>Trisemaides</i>	27.0	0.91-1.11	7.0-8.0	6.0-7.1	3.0- 4.0	-	1300-1450	543.8-562.7	136.4 -217.6

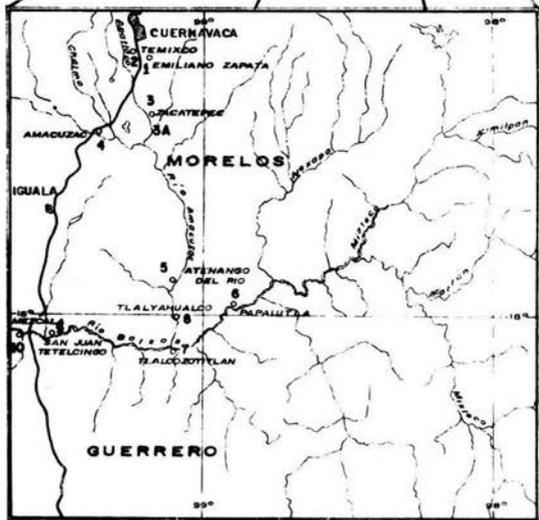
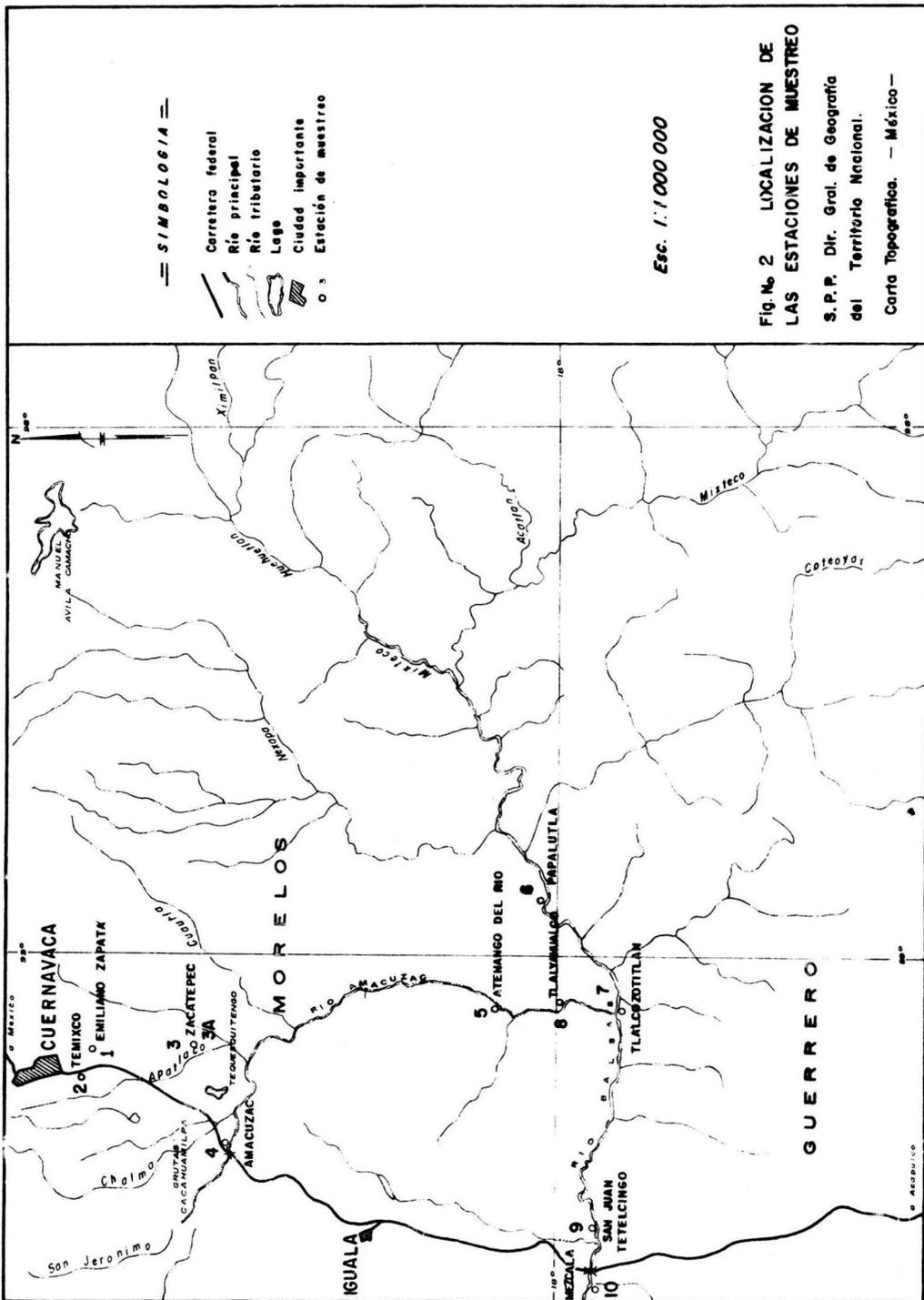


Fig. No. 1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



SIMBOLOGIA

-  Carretera federal
-  Rio principal
-  Rio tributario
-  Lago
-  Ciudad importante
-  Estacion de muestreo

Esc. 1:1,000,000

Fig. No. 2 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

S. P. P. Dir. Gral. de Geografía del Territorio Nacional.

Carta Topografica. — México —

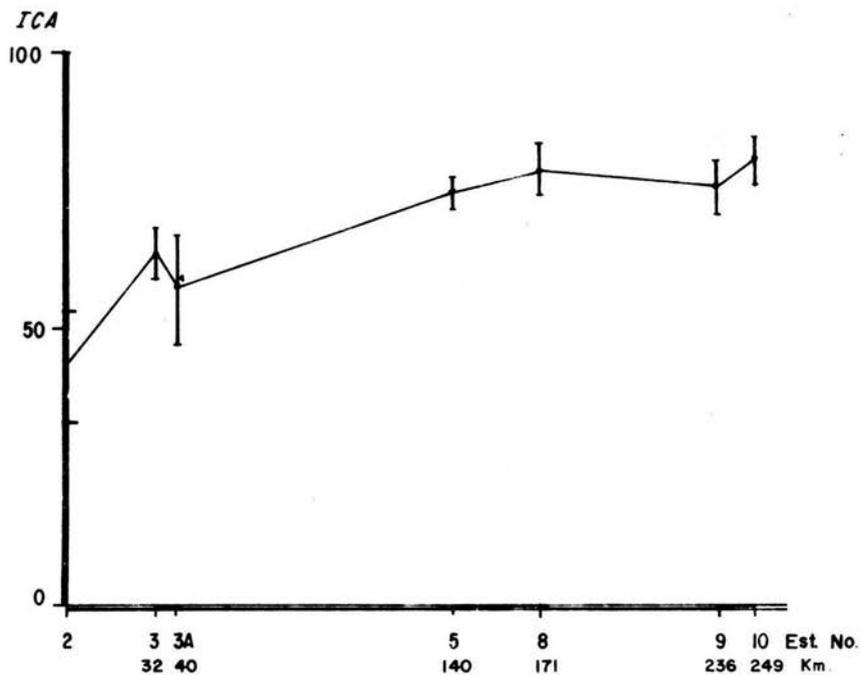
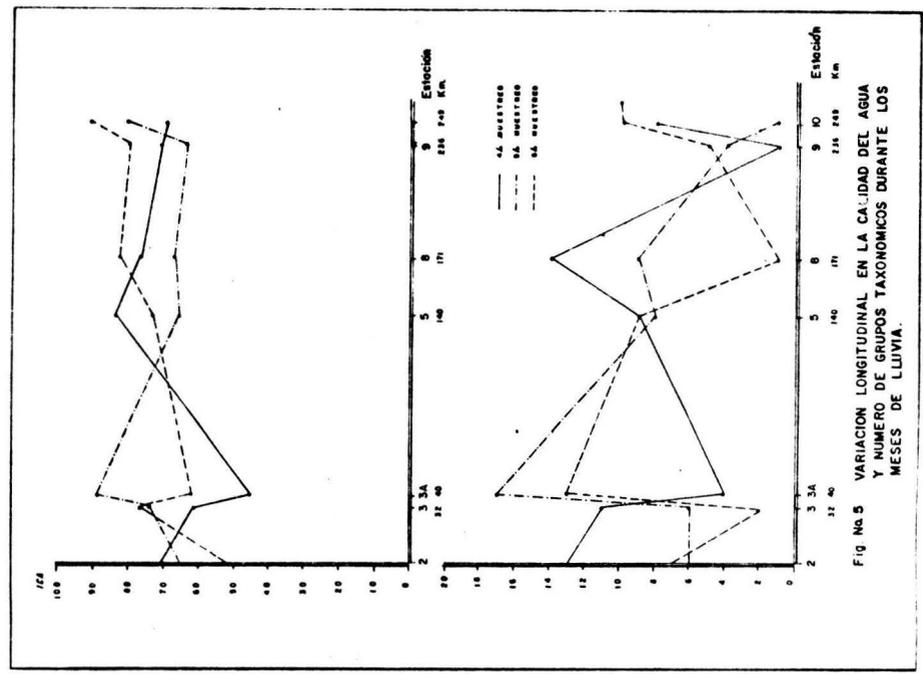
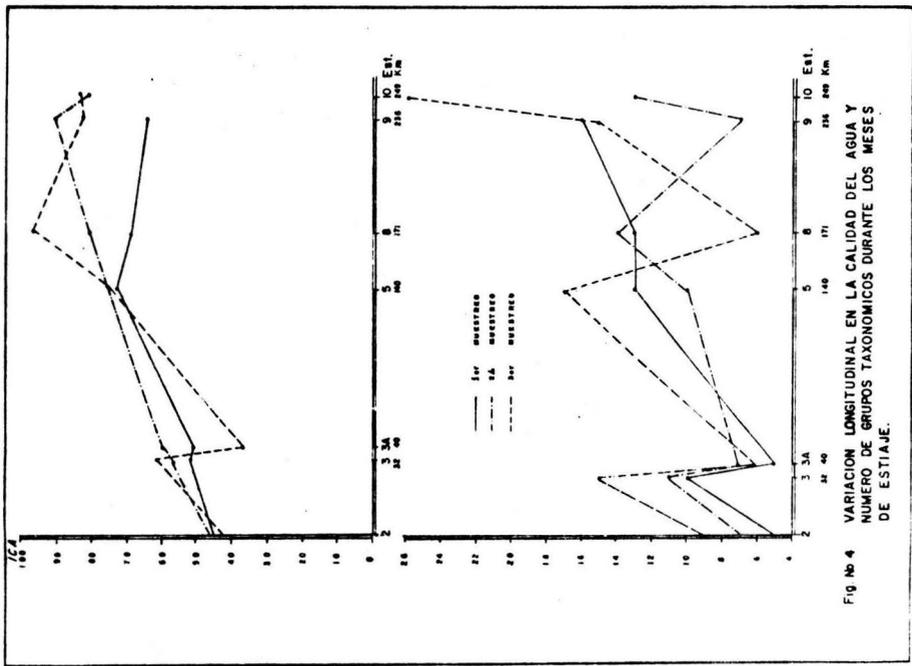


Fig. No. 3 VARIACION LONGITUDINAL DEL PROMEDIO DE ICA EN EL RIO AMACUZAC Y BALSAS.



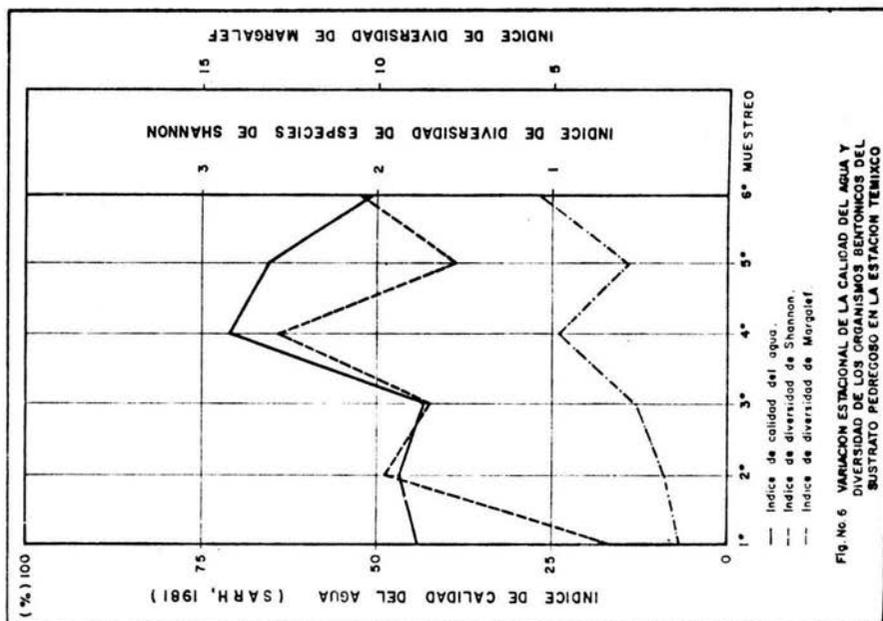


Fig. No. 6 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL BUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION TEMIXCO

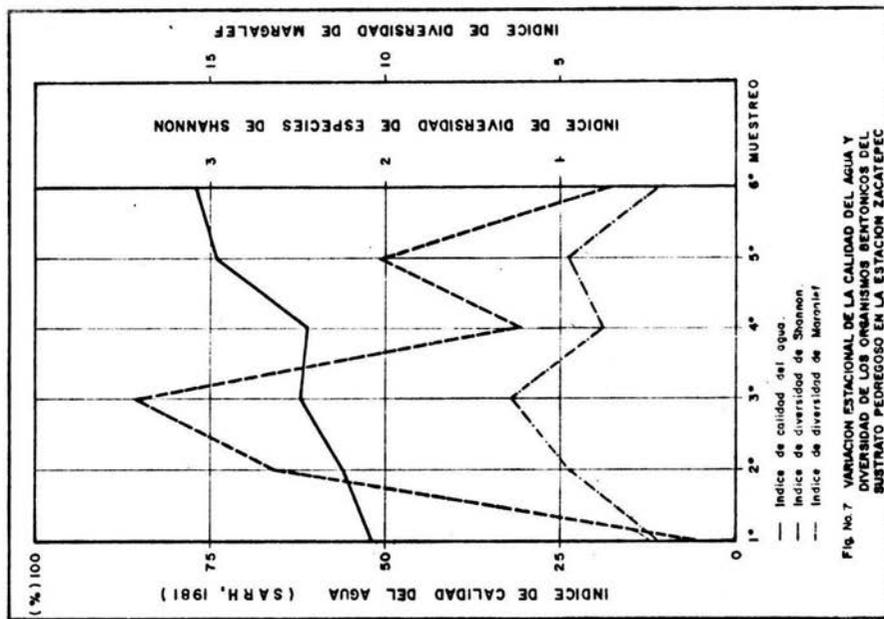


Fig. No. 7 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL BUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION ZACATEPEC

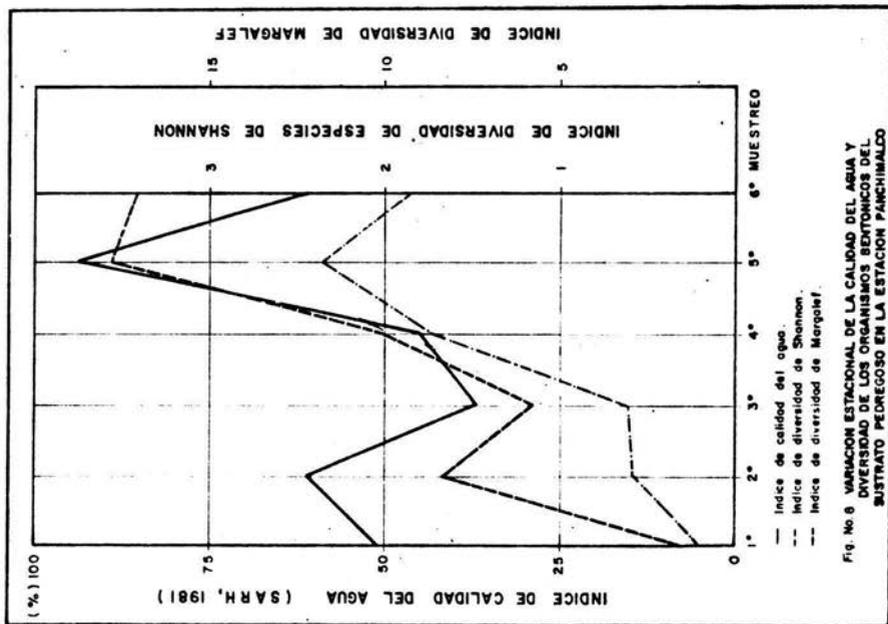


Fig. No 6 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION PANCHIMALCO

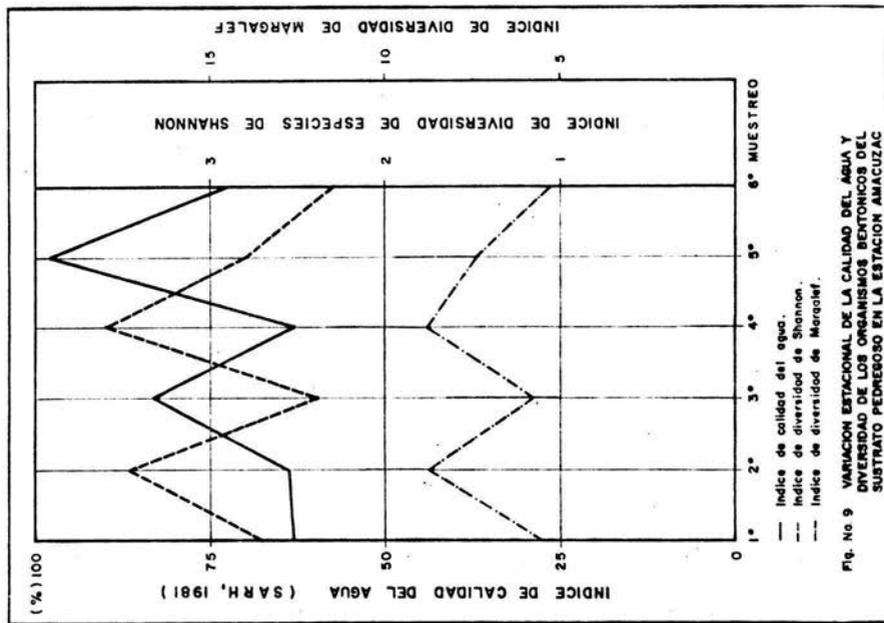


Fig. No 9 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION AMACUZAC

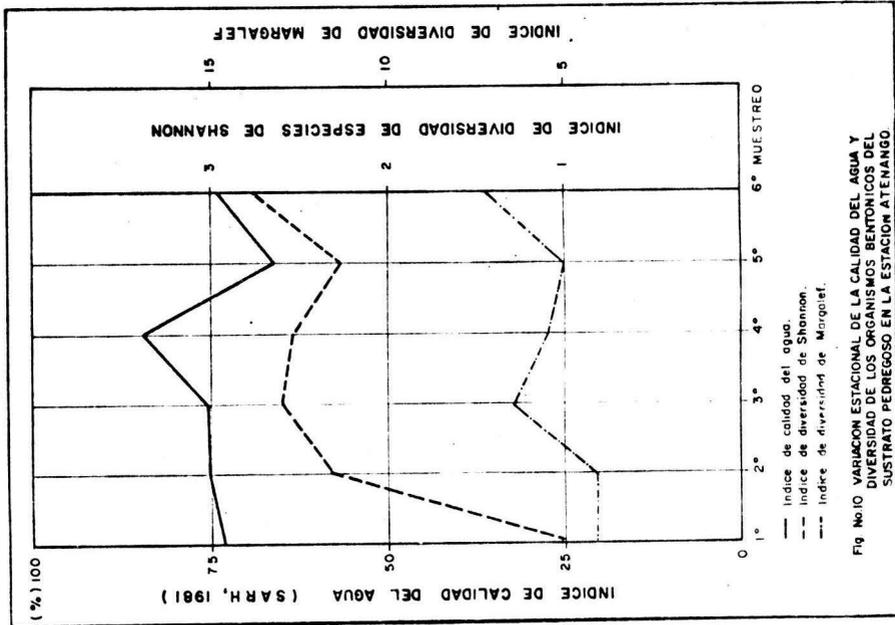


Fig No 10 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION ATENANGO

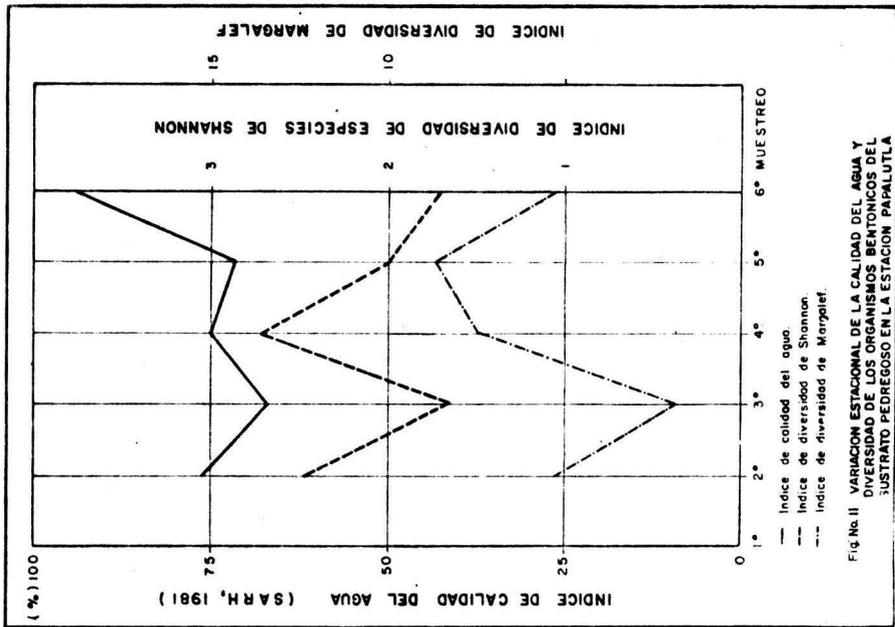


Fig No 11 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION PAPALUTLA

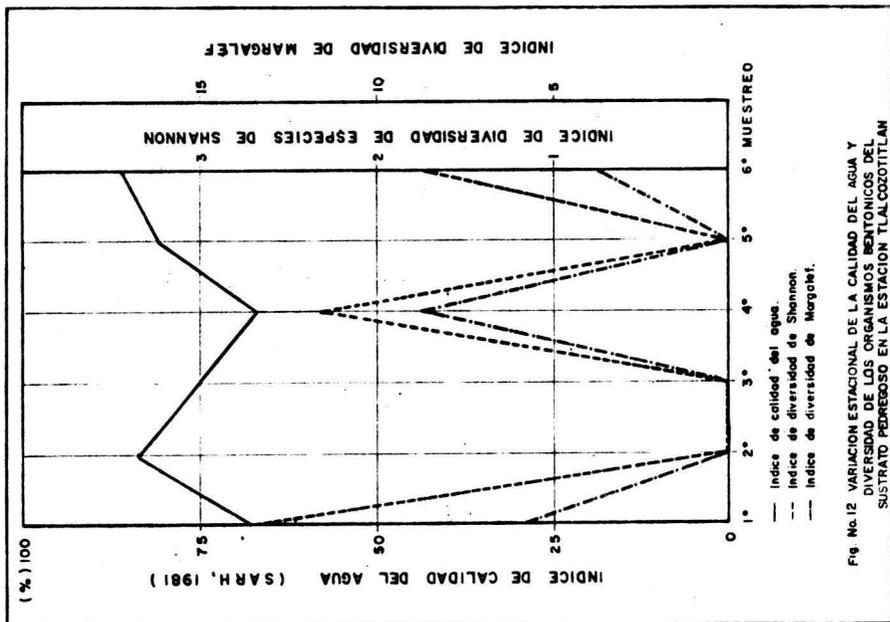


Fig. No. 12 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION TIALCOYOTLAN

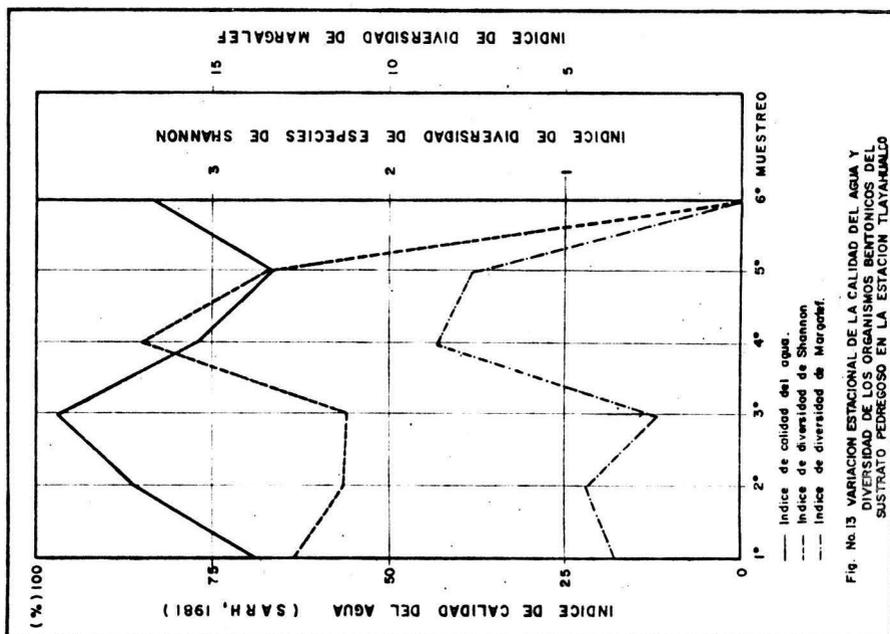


Fig. No. 13 VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION TLANAHUILCO

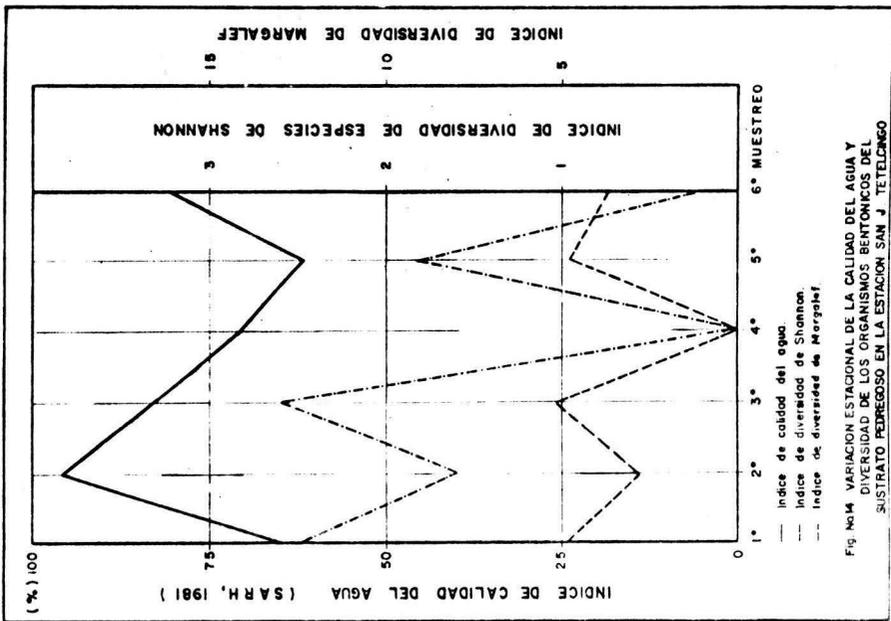


Fig. No. 14. VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION SAN J. TETELCINGO

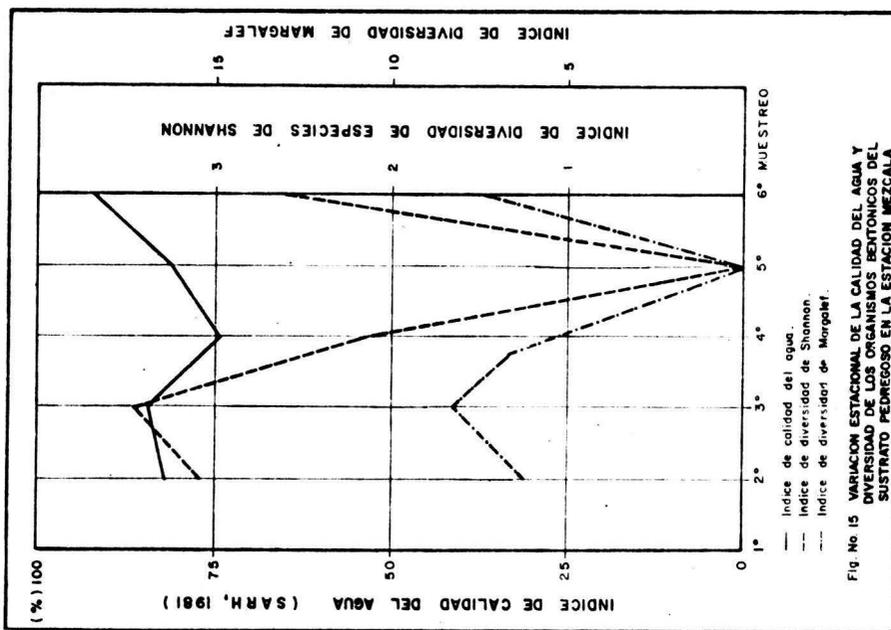
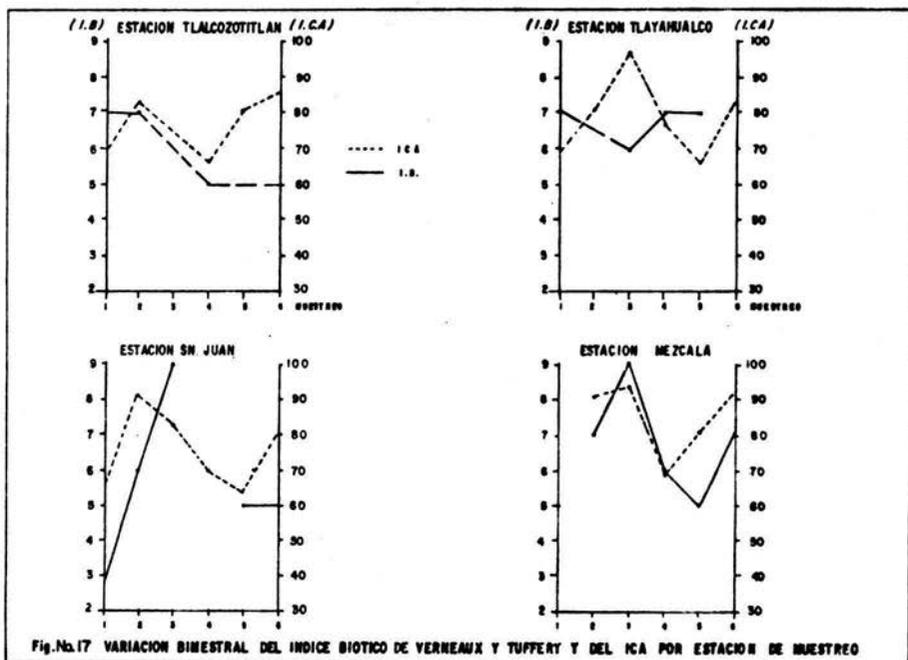
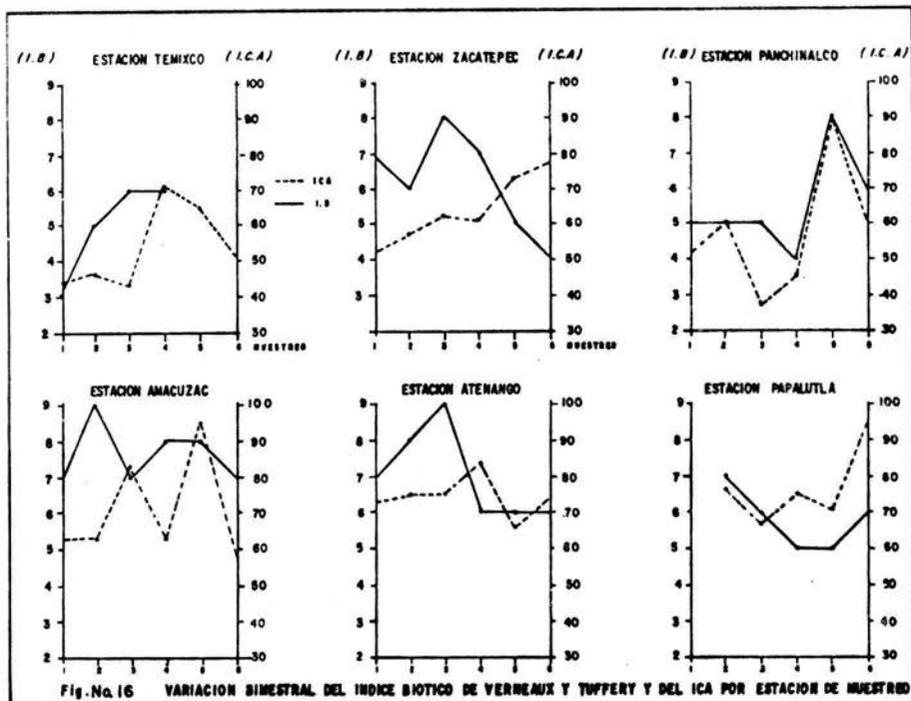
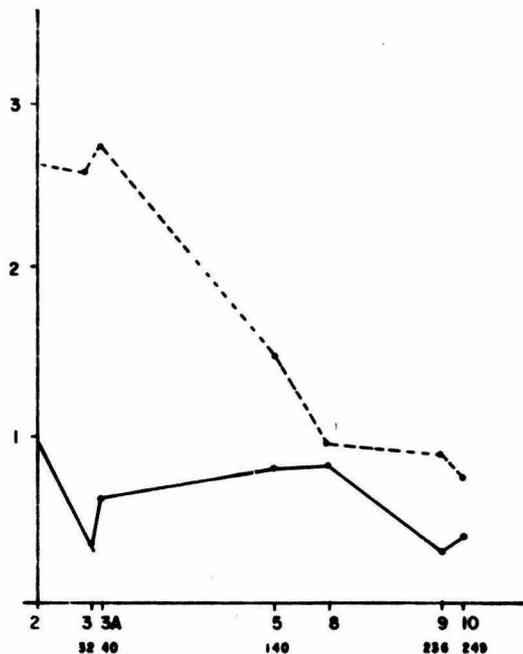


Fig. No. 15. VARIACION ESTACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS BENTONICOS DEL SUSTRATO PEDREGOSO EN LA ESTACION MEZCALA



DBO. mg/L (log.)



SOL. TOTALES mg/L

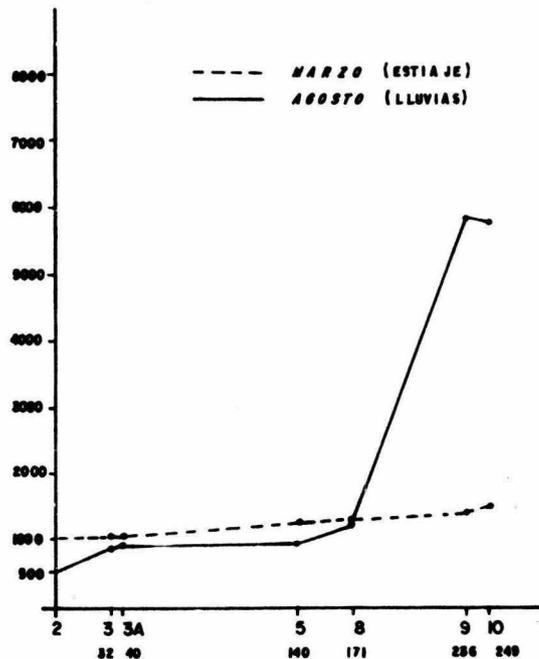


Fig. No.18 VARIACION LONGITUDINAL DE LA DBO (ESCALA LOGARITMICA) Y DE LA CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES. MUESTREOS DE MARZO Y AGOSTO