

21
Lij



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES IZTACALA.**

**UTILIZACION DE LOS MACROINVERTEBRADOS
BENTONICOS COMO INDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS APATLACO
Y YAUTEPEC, ESTADO DE MORELOS.**

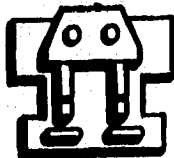
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARTIN JAIME GARCIA JUAREZ



Los Reyes Iztacala, Edo. de México,

1986



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

INDICE

	Pág.
PREFACIO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVOS	9
4. AREA DE ESTUDIO	10
4.1 Localización geográfica	10
4.2 Aspectos socioeconómicos	10
4.3 Hidrografía	12
4.3.1 Río Apatlaco	12
4.3.2 Río Yautepec	12
4.4 Fisiografía	14
4.5 Clima	14
4.6 Localización y descripción de las estaciones	16
4.6.1 Río Apatlaco	16
4.6.2 Río Yautepec	16
5. MATERIAL Y METODOS	16
5.1 Muestreo y análisis fisicoquímicos	16
5.2 Muestreo y análisis de macroinvertebrados bentónicos	16
6. TRATAMIENTO DE DATOS	20
7. RESULTADOS Y DISCUSION	22
7.1 Importancia de un criterio y normas ecológicas	22
7.2 Resultados Fisicoquímicos	34
7.3 Resultados Fisicoquímicos Río Apatlaco	34
7.3.1 Oxígeno Disuelto (O. D.) (mg/L)	34
7.3.2 Temperatura del agua "Valor Natural" (VN) (°C)	35

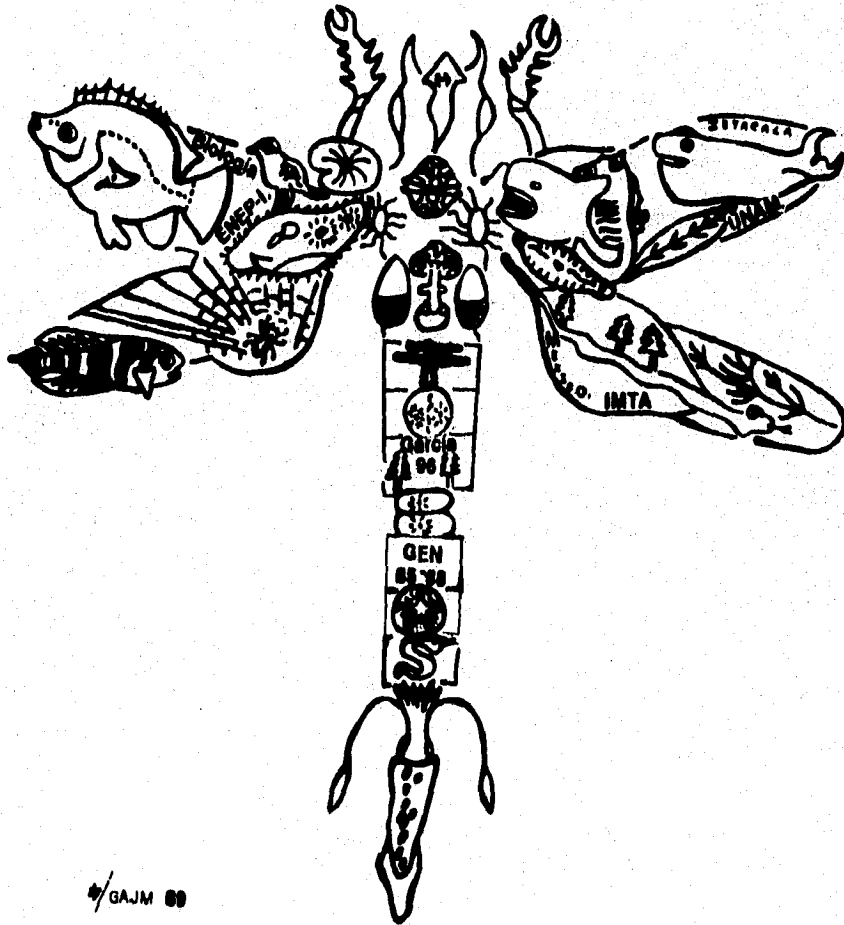
7.3.3 pH	36
7.3.4 Alcalinidad Total (como CaCO ₃) (mg/L)	36
7.3.5 Dureza Total (mg/L)	38
7.3.6 Conductividad Eléctrica (µmhos/cm.)	39
7.3.7 Materia Orgánica (%)	40
7.3.8 Sólidos Totales (mg/L)	41
7.3.9 Velocidad Corriente (m/seg.)	42
7.4 Diversidad biológica y calidad del agua	44
7.4.1 Río Apatlaco	44
7.5 Resultados Fisicoquímicos Río Yautepac	59
7.5.1 Oxígeno Disuelto (O.D.) (mg/L)	59
7.5.2 Temperatura del agua y ambiente "Valor Natural" (°C)	60
7.5.3 pH	61
7.5.4 Alcalinidad Total (como CaCO ₃) (mg/L)	62
7.5.5 Dureza Total (mg/L)	63
7.5.6 Conductividad Eléctrica (µmhos/cm.)	63
7.5.7 Materia Orgánica (%)	64
7.5.8 Velocidad de Corriente (m/seg.)	65
7.6 Diversidad biológica y calidad del agua	67
7.6.1 Río Yautepac	67
8 CONDICIONES GENERALES EN BASE AL ISC	71
8.1 Río Apatlaco	71
8.2 Río Yautepac	78
9 CONCLUSIONES	81
10 RECOMENDACIONES	84
10.1 Generales	84
10.1.1 Particulares	85
11 LITERATURA CITADA	86
LISTA DE FIGURAS	94
LISTA DE TABLAS	95

"La lucha contra la contaminación no equivale a una persecución contra unos bandidos. En gran parte, los daños causados a nuestro medio ambiente no han sido obra de hombres perversos, y tampoco han sido un subproducto inevitable del progreso tecnológico o del aumento de la población. Proviene, más bien de lo que se ha escogido, de lo que por negligencia no se escogió; no proviene de una mala intención sino de no haber tomado en consideración todas las consecuencias de nuestros actos".

Richard Nixon, mensaje al Congreso sobre el medio ambiente, del 11 de febrero de 1970.

Un hogar no sólo para el hombre sino para la biodiversidad en un ecosistema menos frágil, en donde la biodiversidad obtenga una oportunidad.

Jaime García.



PREFACIO

**EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZO EN EL CIECCA,
ACTUAL SUBCOORDINACION DE CALIDAD DEL AGUA,
DEPENDIENTE DEL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA
DEL AGUA, DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA,
DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.
BAJO LA DIRECCION DEL C. a Dr. JESUS GARCIA CABRERA.**

DEDICATORIA

A mis padres Felipe y Ma. Guadalupe por su apoyo incondicional y espero se sientan siempre orgullosos, gracias por su guía. Especialmente a mi madre por el amor que nos brinda.

A mis abuelitos Abraham y Juanita gracias por su cariño.

A mis hermanos Ma. de la Luz, Juan, Alvaro, Ismael, Ma. de los Angeles, Rosa Isela, Guadalupe Patricia. Espero que compartan este logro ya que en buena parte es suyo.

A mis cuñadas Carmen, Ma. Luisa y Guadalupe por ser parte integral de esta familia.

A mis sobrinos Jorge Alberto, Claudia, Anaid, Vero, Cony, Alejandra, Erika, Gaby, Cinthya Lorena, Juan José, Alvaro F, Luis Eduardo. Deseo que tengan el hábito de estudio y el anhelo de salir adelante como meta de superación.

A mi tío Francisco gracias por su aval.

A Cristina por los momentos agradables... compartir alegrías y forjar unimiento conmigo.

A la memoria de Juan Miguelito:

Te esperamos con mucha ilusión. Llegaste y alegraste nuestros corazones. Te fuiste al tercer día causándonos una pena muy honda. Hoy espero que estes con Dios hijo mío. Por los que han llegado y por los que vienen en camino esperando tengan un mejor futuro.

A la familia Monroy Chávez por su aprecio y confianza, especialmente a mis suegros.

Por todos aquellos que me han impulsado a seguir y conseguir las metas trazadas en algún momento de mi vida.

A Dios quién nos da la oportunidad de vivir y de seguir adelante día a día.



AGRADECIMIENTOS

La historia de nuestro paso por la vida adquiere significación humana por los contactos con otros seres humanos.

S.R. Luria.
AUTOBIOGRAFIA DE UN HOMBRE DE CIENCIA

Por lo tanto deseo con mucho respeto reconocer el apoyo brindado por las personas e instituciones para la realización de este estudio.

A la comisión dictaminadora:

**Dra. NORMA A. NAVARRETE SALGADO.
C. a Dr. JESUS GARCIA CABRERA.
Dr. JAVIER ALCOCER DURAND.
M. en C. JONATHAN FRANCO LOPEZ.
M. en C. ARTURO ROCHA RAMIREZ.**

Por la revisión, crítica y comentarios del manuscrito.

A los investigadores que enriquecieron con sus comentarios al manuscrito al principio o final de la investigación, especialmente a la Dra. Silvia Santiago F.; C a M en C. Jaime Saavedra S.; C. a M. en C. Rubén Huerto D.; C. a Dr. Jesús García C.; C. a M. en C. Yolanda Picca G.

A la M. en C. Pilar Saldaña, C. a M. en C. Alicia Lerdo de Tejada, al M. en C. Eric Gutiérrez L. Por su ayuda durante la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos del laboratorio por toda la ayuda prestada en todos los aspectos. Así como, a las diferentes personas e investigadores del CIECCA y otras instituciones, que contribuyeron al presente trabajo. Que mostraron su interés y me prestaron su ayuda desinteresadamente, sobre todo el manejo de la computadora, un reconocimiento especial a los M. en C. Rubén Huerto, Luis Bravo y Javier Sánchez.

Agradezco a las siguientes personas por su ayuda en la determinación y/o confirmación de organismos bentónicos. A la Dra. Silvia Santiago F. por su ayuda en la determinación de los Coleoptera. A la Biol. Marcela Patricia I. por su ayuda en la determinación de los Ephemeroptera. Al Biol. Raymundo Montoya A. por su ayuda en la determinación de los Trichoptera. Al Biol. David Osorio por su ayuda en la determinación de los Glossiphonidos. Al M. en C. Enrique González S. por su ayuda en la determinación y/o confirmación de Odonata al M. en C. Enrique Kato Miranda por su ayuda en la determinación de los Hemipteros.

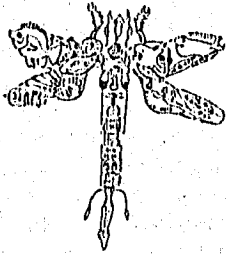
A mis compañeros y amigos: Lorena, Armando, Rafael, Alma, Rosa María, Eloísa y Carlos,

Cristina, Daniel, Isabel, Ernesto, Laura, Josefina, Jesús A. y Rubén por estar ahí siempre que los he necesitado, gracias por toda la ayuda prestada en todos los aspectos. Así como, mis compañeros y amigos de la ENEP- I un reconocimiento porque ahí comencé con ellos a forjar una meta, esperando compartir con ellos más vivencias.

Al IMTA por la beca y prestaciones otorgadas para la realización de esta tesis.

A la UNAM por darme la oportunidad de obtener una licenciatura.

A todos ellos sin cuya generosa colaboración, este estudio hubiese sido mucho más difícil, mi más profunda gratitud.



Que es lo que se mueve a nuestro alrededor?

"El hombre se afana en destruirse a si mismo, hagamos nuestra la convicción de que somos parte inseparable de un todo armónico, dinámico y perfecto.

A veces la armonía de nuestro entorno se puede perder tan fácilmente que pensamos que nosotros no somos importantes para restablecerla, sin embargo, tenemos que tomar la iniciativa ya, y no esperar a perder el equilibrio total.

Sólo a través del conocimiento de la naturaleza nuestros principios serán comprensibles para el hombre común".

De tal manera tendremos un planeta sano en el que podamos habitar armónicamente con la biodiversidad y naturaleza misma de nuestro entorno.

Jaime García J.

RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua de los Ríos Apatlaco y Yautepec, Edo. de Morelos, mediante parámetros físicos, químicos y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora de contaminación, analizando su estructura y composición mediante el índice Secuencial de Comparación, durante el periodo de abril a septiembre de 1990.

Se establecieron cuatro y cinco estaciones de muestreo localizadas estratégicamente a una distancia de 33 y 45 Km. para los Ríos Apatlaco y Yautepec respectivamente.

Los principales resultados indican que el Río Apatlaco presenta las menores diversidades y en consecuencia un mayor grado de afectación a su calidad y sólo los Km. 0 y 30 alcanzaron en promedio condiciones de aguas medianamente contaminadas. En las demás estaciones se abate la calidad del ambiente acuático, siendo el Km. 10 el más afectado con un valor de 3.6, a pesar de las concentraciones de oxígeno registradas, que siendo desfavorables no llegaron a ser críticas, lo que seguro es probable una contaminación tóxica (metales y o plaguicidas).

Como resultado de lo anterior, este río resulto ser el más afectado, dando una menor diversidad y Taxa determinados, gran parte de los cuales son característicos de mala calidad del agua.

En cuanto al Río Yautepec, tiene mejores condiciones generales que el Río Apatlaco, aunque es conveniente señalar que esta siendo impactado principalmente por tóxicos (plaguicidas), ya que recorre extensas zonas de riego agrícola. Los resultados indicaron que existen dos estaciones de aguas contaminadas (Km. 0 y 43). Esto es al inicio y al final del tramo estudiado; dos estaciones con buena calidad Km. 23 y 40 y una estación con aguas medianamente contaminadas Km. 43. Por lo anterior, se puede decir que la autodepuración que alcanza en su parte intermedia se ve afectada hacia el final del mismo.

El mayor número de Taxa se presentó en los Km. 23 y 40. Con respecto a los puntos más contaminados, en el Km. 0 se observan concentraciones apropiadas de oxígeno disuelto, por lo que la afectación puede ser originada por tóxicos.

Se recomienda iniciar una regulación del asentamiento de la población humana y de las viviendas ya existentes a lo largo de los ríos. La entrada de registros domésticos o municipales, construyéndose canales o tuberías que recolecten el agua proveniente de los municipios, llevándola hacia plantas de tratamiento para que una vez depurada, sea reincorporada a un servicio útil o al mismo río. Se recomienda la reestructuración de la planta de tratamiento de CIVAC, y construcción de más plantas de tratamiento de aguas de acuerdo a la demanda de éste tipo de infraestructura, donde se requiera, así como, el control de plaguicidas, a través de sanciones a los distribuidores y capacitación a los campesinos, ya que sólo acciones de éste tipo nos permitirán conservar y mantener útil un bien común, situación que se verá reflejada en la biodiversidad del ambiente acuático y del hombre mismo.



"Este maravilloso mundo que habitamos es más maravilloso de lo que conviene; más hermoso que útil; más bien debe ser admirado que utilizado.

¿De qué sirve una casa si no se tiene un planeta presentable donde ponerla?

Henry David Thoreau, Filósofo y naturalista.

1 INTRODUCCION

El hombre ha tenido una estrecha relación con el ambiente que le rodea del cual forma parte y en el que realiza sus actividades. En el siglo pasado, la industria no había crecido, las poblaciones eran de un tamaño considerablemente menor al que ahora tienen, la pesca y la agricultura se explotaban con moderación, en función de que la población era mucho menor que la actual. Las poblaciones y campos agrícolas empezaron a desarrollarse en forma no prevista y paralelo al desarrollo general se presentó el fenómeno de la industrialización (Urroz 1971).

La tecnología en sí misma no es el problema sino el uso que hacemos de ella. Nuestro país no se ha mantenido al margen del desarrollo industrial y ya padece en la actualidad de problemas de contaminación por diferentes sustancias. En la actualidad, a causa del acelerado desarrollo de la industria y del incesante crecimiento de la población, la actividad humana, ejercida en todas direcciones y ambientes, está contribuyendo cada vez más al desequilibrio de los sistemas naturales, al deterioro cualitativo de la biósfera en la cual vivimos y que nos es indispensable (Badillo, 1988; Murgel, 1984).

Debido a esto el ambiente se encuentra sujeto a un proceso rápido de deterioro y comprometiendo en grado creciente y acelerado la supervivencia propia de la especie humana (Badillo, *op.cit.*; Murgel, *op.cit.*). Al ir degradando el medio acuático al utilizar las aguas corrientes como vehículo rápido y barato de desechos, se han tenido implicaciones biológicas, ya que la presencia de una gran cantidad de sustancias en el ambiente, han provocado alteraciones no sólo en la calidad del agua si no también en la estructura de las comunidades al producir efectos letales. En cuanto a los efectos subletales, se traducirán en alteraciones fisiológicas y en acumulación de residuos tóxicos en diferentes niveles tróficos, algunos de los cuales serán productos comestibles [Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) 1980 (a)].

Se puede decir que la presencia en el ambiente acuático (columna líquida, sedimentos u organismos acuáticos) de una sustancia química o de varias, en concentraciones que exceden los límites fijados para un uso determinado pueden hacer que la misma no sea aceptable [Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS), 1988; SARH, 1980a].

Tomando como base lo anterior, un río o cualquier cuerpo de agua puede considerarse

contaminado cuando el agua se altera en su composición o condición, directa o indirectamente, de forma que es menos adecuada para todo o alguno de los objetivos para los que sería conveniente en su estado natural (Rothman, 1980). Esto ha obligado a contemplar estudios que colaboren a resolver el control de estos contaminantes en el ambiente y sobre todo -y a largo plazo- conocer el verdadero destino de las sustancias, ya que su descarga al ambiente, intencional o no, puede causar serios problemas cuando se generan grandes cantidades de estos contaminantes, debido a que se desconoce sus efectos antagónicos y sinérgicos sobre el ambiente y la biota [Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1988; CEPIS, 1989]. Existe un interés especial en lo referente a la preservación de la calidad del agua superficial para diferentes usos y así, se establezcan criterios ecológicos y/o normas que contemplen su uso como agua para consumo doméstico, pecuario, agrícola y otros.

Debido a que la contaminación es esencialmente un fenómeno biológico en el que sus efectos primarios recaen en organismos vivos (Gauvin, 1973), se ha desarrollado una forma de evaluar la calidad del agua mediante los llamados indicadores o monitores biológicos de contaminación (Persoone y De Pauw, 1978). Muy a pesar de que la ecología y la sensibilidad a la contaminación de muchos de los organismos empleados en las evaluaciones de la calidad del agua son aspectos que se desconocen a fondo todavía, incluso en países con tradición en la biología del agua dulce (Mason, 1984), un conocimiento de los requerimientos ecológicos de los organismos acuáticos, especialmente las formas benthicas, es de sobresaliente importancia para determinar el grado y extensión de la contaminación en los ríos (Palne y Gauvin, 1956; Rees y Unzicker, 1975).

Se denominan como comunidades de macroinvertebrados bentónicos al conjunto de organismos que habitan en el sustrato del fondo de un cuerpo de agua, se arrastran o se pegan a él. Aunque algunas especies inmaduras pueden ser muy pequeñas, los macroinvertebrados pueden considerarse por definición como aquellos que pueden verse a simple vista y son retenidos sobre un tamiz del No. 30 (0.595 mm de abertura). Incluidos entre los macroinvertebrados están principalmente los insectos acuáticos, macrocrustáceos, moluscos, anélidos, gusanos planos y redondos entre otros invertebrados acuáticos [American Public Health Association (APHA) 1980, 1985; Cairns y Dickson, 1971].

Tesmer y Wehring citados por Saavedra (1982), indican que como cualquier otro grupo de organismos, las comunidades benthicas no son independientes, si no que están sujetas a presiones externas, tales como los efectos de los aportes con agua de desechos que llegan a su entorno durante toda o alguna fase de su ciclo de vida puesto que tienen una forma de vida fija o sésil y no presentan migraciones rápidas.

Se ha observado que la fauna de macroinvertebrados bentónicos es de gran importancia para estimar la calidad del agua y/o el grado de alteración de los sistemas acuáticos (Saavedra, *op. cit.*). Mediante estos indicadores biológicos es factible poder mostrar el grado de desequilibrio que se ha causado al ecosistema, ya que éstos dependen de las condiciones

y recursos que presenta el lugar en el que viven, y al tener relación con la pureza o contaminación del agua en el que habitan, pueden ser índices o monitores biológicos de cambios ambientales (Persoona y De Pauw, 1978).

Quizá la razón más importante para el monitoreo biológico es que los organismos acuáticos actúan como monitores naturales (Cairns, Dickson y Lanza, 1973), mientras que los métodos químicos tradicionales solamente miden la concentración de los contaminantes responsables en el momento del muestreo, pueden ser incapaces de demostrar explosiones periódicas de contaminación más grave y los vertidos ocasionados por descargas altamente concentradas no son fácilmente detectadas (James y Evison, 1979; Bennett y Humpries, 1985; Withm y Dorris, 1988):

Asimismo, la clase y variedad de organismos presentes en un río son a menudo indicadores más sensitivos a la contaminación ligera o intermitente que pasan inadvertidos en los análisis físicos y químicos de rutina (Rolán citado por Márquez, 1986; Mason, 1984). Solamente los análisis químicos especiales pueden proporcionar precisión y calidad en información sobre contaminación más grave pero tienen el inconveniente de ser más laboriosos y de mayor costo, siendo poco probable que se realicen rutinariamente.

Es importante reconocer que los datos biológicos no reemplazan a los datos físicos y químicos, al proveer líneas de convergencia que suplen a uno y a otro, por lo tanto no son alternativos sino complementarios y ambos tipos de información son necesarios (Cairns y Dickson, 1971; James y Evison, 1979; Hawkes, 1979).

La preocupación por el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones humanas en cualquier país debe ser paralela a la conservación del ambiente y su biodiversidad, ya que su destrucción debe considerarse como pérdida potencial en favor del hombre. El Estado de Morelos siendo una de las áreas más productivas de México, basando su economía en el turismo, actividades industriales, ser una zona agrícola productiva y región pionera en el establecimiento de complejos industriales [Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC)], se presta para hacer diversos estudios sobre calidad del agua, ya que la mayoría de su industria se encuentra confinada a una pequeña zona del estado, cuenta con sistemas de tratamiento y su Distrito del Riego está bien delimitado en cuanto a usos del agua.

Tomando en cuenta la importancia y demanda del recurso hidráulico en las diversas áreas que impulsan la economía y crecimiento del estado, y siendo el agua un bien natural y de consumo de carácter vital, resulta prioritaria su revalorización, preservación y aprovechamiento óptimo, tanto ecológica como económicamente, utilizando metodologías y/o técnicas accesibles a las investigaciones de este tipo.



"Lo más notable acerca de la conservación (de los recursos naturales) es que nunca es permanente. Un bosque de valor incalculable o una montaña de características únicas que son sabidas, el día de mañana se verán amenazados en otro frente. El hombre, el más ingenioso de los animales depredadores, algunas veces parece decidido a destruir tesoros de su propio medio ambiente".

Hal Borland, novelista norteamericano escritor especializado en temas de ciencias naturales.

II

2. ANTECEDENTES

El realizar investigaciones de impacto ambiental implica, por tradición el evaluar todo efecto positivo o negativo que se perciba en el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y tiempo determinado (SARH, 1981). Aunque la intensa labor de investigación científica y tecnológica realizada en este siglo ha permitido adquirir un vasto acervo de conocimientos útiles y establecer valiosos métodos de evaluación y corrección de efectos indeseables, el problema de la contaminación de las aguas continentales sigue agravándose cada vez más en todo el mundo (Murgel, 1984). 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 (Hynes, 1970). Por el contrario, existe menos información de otras partes del mundo sobre el tema. Este tipo de estudios se comenzaron a desarrollar en otros países y en México tienen poco de haber sido considerados y adaptados (SARH, op. cit.).

Morelos (1985), anota que en México han sido escasos los trabajos de evaluación limnológica y más aún, en cuerpos de agua superficiales, como son los ríos. Las investigaciones que se han hecho en aguas epicontinentales se han enfocado a abordar principalmente aspectos como ubicación geográfica, datos poblacionales, climáticos, hidrográficos y algunos parámetros fisicoquímicos (entre otros), según informes que se comprenden entre 1972 y 1980, de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (actual Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos).

En cuanto al Estado de Morelos, la primera investigación (SRH, 1972), tuvo como objetivo general el conocer la calidad del agua de los principales cuerpos receptores de la cuenca como son los Ríos Amacuzac, Cuautla, Apatlaco y Yautepac y de sus afluentes más importantes, así como la calidad de las aguas residuales tanto industriales como municipales que se descargan en dichas corrientes. Asimismo, se llevó a cabo un estudio biológico preliminar con el propósito fundamental de conocer de manera general la flora y fauna acuática macroscópica y la comunidad planctónica existente. El monitoreo no abarcó un ciclo anual y no se incluyó a la comunidad bentónica en el estudio biológico.

Otra investigación de la calidad del agua en la cuenca del Alto Amacuzac, realizado en 1973 por la misma Secretaría, comprendió la determinación de las características de calidad del agua del Río Apatlaco, del Manantial San Gaspar y del Lago de Tequesquitengo, así como

de las descargas residuales de CIVAC, de la tenería Morelos, del Ingenio Emiliano Zapata y del municipio de Zacatepec.

Ambos estudios concluyen que el tramo más crítico para el Río Apatlaco corresponde a la zona aledaña al Ingenio Emiliano Zapata entre los poblados de Zacatepec y Jojutla de Juárez, hasta la unión con el Río Amacuzac en una longitud aproximada de 12 Km. donde se encuentra exento de oxígeno; las descargas municipales de los poblados citados anteriormente, así como, el ingenio Emiliano Zapata y su fábrica de alcohol, son las principales fuentes de contaminación que producen condiciones críticas en el Río Apatlaco. Las aguas residuales de CIVAC, tenería Morelos y del Ingenio Emiliano Zapata sobrepasan los límites máximos tolerables y que si son tratadas adecuadamente, se pueden aprovechar como fuente de abastecimiento industrial y uso agrícola o para descargarse en los cuerpos receptores sin causar problemas de contaminación.

Cortina, (1973), realizó una recopilación bibliográfica sobre algunos aspectos de la contaminación del agua y suelo en el Valle de Cuernavaca, Morelos, concluyendo que se deben formular programas que involucren el abatimiento de la contaminación mediante modificaciones al equipo y a la operación de plantas industriales, así como, el desarrollo e implantación de procesos y tratamientos adecuados, para determinar la ubicación más conveniente para las descargas de aguas residuales en el cuerpo natural receptor, determinar la calidad del agua del cuerpo receptor y los efluentes que le llegarán, para poder evaluar las posibles transformaciones o cambios en el sistema, determinar tipos específicos de contaminantes en el cuerpo receptor y su procedencia particular en la industria, así como, la cantidad y calidad de las aguas de desecho y cuantificar la influencia de los contaminantes en el sistema hidrológico de la región.

Mundo (1985), desarrolló un estudio de Impacto ambiental en el tramo Zacatepec-Jojutla (Z-J), con seis estaciones localizadas en aproximadamente 6 Km. del Río Apatlaco, Estado de Morelos. Concluye entre otras cosas que el efecto de las descargas que son vertidas al río en su trayecto (Z-J), generó una serie de perturbaciones que fueron expresadas principalmente en resultados de su biota; observó que después de cierto incremento en la materia biodegradable, sólidos sedimentables, jabones y detergentes, ácidos, grasas y aceites, etc., las poblaciones animales desaparecieron, definiendo con esto el impacto que causa una descarga industrial y/o urbana, sugiriendo que no sean usadas para actividades domésticas, sino después de un tratamiento.

García (1985), ante la problemática de la falta de una caracterización de la zona por grado de contaminación y utilizando a la comunidad planctónica como indicador biológico de contaminación, evaluó la cuenca en diez estaciones estratégicamente distribuidas, aplicando en su valoración los índices de diversidad de Shannon-Weaver y el Secuencial de Comparación de Cairns y Dickson, llegando a las siguientes conclusiones: La contaminación orgánica es la que predomina en las estaciones estudiadas, siendo potencialmente peligrosa

para la salud humana debido al alto índice de bacterias coliformes presentes en los diferentes ríos; Asimismo, divide la cuenca del Río Amacuzac en tres zonas de contaminación en el que la región central de la cuenca que comprende a la zona de los Ríos Apaliaco y Yautepac en general tiene agua medianamente contaminada, en cuanto a los índices recomienda el Índice Secuencial de Comparación por su accesibilidad, rapidez y confiabilidad de los resultados de evaluación de la contaminación del agua.

Márquez (1986), propone en su estudio el uso combinado de los métodos fisicoquímicos y biológicos (organismos bentónicos como indicadores de contaminación), para la evaluación de la calidad de los Ríos Amacuzac y Balsas, mencionando entre otras conclusiones, que la calidad del agua del 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 Emiliano Zapata de Zacatepec, alcanza a recuperarse antes de confluir con el Balsas. Anotando para su estudio que pueden considerarse como "Indicadores" de deterioro orgánico *Aeschna attenuatus*, los hirudíneos especies A y B, *Pelonomus*, *Culex*, *Helophilus*, *Pericoma*, *Psychoda*, *Phya* y *Pleurocera*. Por otro lado, los odonatos *Aphylla*, *Higoneura*, *Libellula*, *Perithemia* y los tricópteros *Agraylea*, *Chimarra*, *Orthotrichia* y *Parapsyche*, pueden considerarse como indicadores de buena calidad.

Otro estudio de calidad del agua en la cuenca del Alto Amacuzac es el realizado por Huerto (1988), en el cual evaluó la calidad del agua del Río Cuautla, Estado de Morelos, mediante parámetros tanto físicos y químicos como bacteriológicos. Valoró a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos analizando su estructura y composición mediante el Índice Secuencial de Comparación (ISC), abarcando en su estudio una distancia de 23 kilómetros sobre el río e incluyendo seis sitios de muestreo. Concluye en esta evaluación que la contaminación orgánica de origen municipal es la que predomina en las aguas del río, observándose una cantidad de bacterias coliformes muy alta, que representa un riesgo para la salud humana si éstas son ingeridas. Asimismo, establece cuatro zonas correspondientes a las distintas etapas del proceso de declinación y recuperación de la calidad del agua, presentándose en el Km. 5 una zona de degradación, hacia el Km. 6.5 una zona de descomposición activa, para el Km. 14 una zona de recuperación y para el Km. 23 una zona de aguas limpias en donde las aguas recuperan su condición original. Anota que previo tratamiento específico para el uso a que se destine, las aguas podrían ser utilizadas; recomienda la aplicación del Índice Secuencial de Comparación, ya que facilita la evaluación de la calidad del agua de un sistema, además de que capta información más detallada sobre alteraciones que afectan a las comunidades en cooperación con los análisis físicos y químicos, los cuales resultan más laboriosos y de mayor costo. No realiza un listado taxonómico; sin embargo, registra a los géneros *Stenelmis*, *Paragraptis*, *Corydalus*, *Leptonema* y *Microcylops* como indicadores de aguas limpias así como *Baetis* que es sensible a la contaminación, y *Ophlogomphus* y *Simulium* considerados como mesoaxópteros.

García (1991), vuelve a evaluar la calidad de los Ríos Apatlaco, Yauatepec y Cuautla Edo. de Morelos, utilizando a la comunidad planctónica como indicadora de contaminación; asimismo, realizó un inventario de tóxicos en el estado, así como, los segmentos de los ríos impactados con sus desechos, siguiendo la metodología propuesta por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1989). Entre otras conclusiones generales, anota que la evaluación preliminar de riesgo obtenida para el Estado de Morelos durante 1988, permite diferenciar dos zonas afectadas por contaminantes industriales: Jiutepec-Emiliano Zapata, Zapata-Zacatepec, con los tóxicos plomo, cobre, zinc y cromo hexavalente, que son desechados principalmente por la industria automotriz y productos farmacéuticos medicinales, afectando al Río Apatlaco en un área aproximada de 142.750 Km².

Los desechos domésticos contienen una gran cantidad de materia orgánica proveniente principalmente de la zona urbana de Cuernavaca, que impacta los diversos cuerpos de agua de esta área, fundamentalmente por el mal manejo del recurso.

El agua de retorno agrícola que lleva los residuos de plaguicidas en descargas diásperas e intermitentes sobre los Ríos Apatlaco, Yauatepec y Cuautla, provienen de 15 municipios que presentan de 8 a 15 cultivos durante todo el año y de los cuales el 66.6 % corresponden a cultivos de riego y el 33.4 % a cultivos de temporal, utilizando un gran volumen de Paratión metílico y Malatión.

De los 48 plaguicidas empleados en el Estado de Morelos, 20 son clasificados como muy peligrosos para la salud humana; de éstos, sólo 9 son de uso autorizado con vigilancia estricta de acuerdo al Diario Oficial de la Federación de marzo de 1988.

Las conclusiones para el trabajo realizado por García *op. cit.* durante 1989, son que el utilizar indicadores biológicos de contaminación (planctón) sirvió para determinar segmentos en los ríos estudiados en los cuales se debe realizar un análisis más detallado, dado el uso potencial del agua en la zona (básicamente riego agrícola y actividades domésticas).

La presencia de géneros indicadores de contaminación por metales pesados como es el caso de *Costastrum*, *Ankistrodesmus*, *Cosmarium*, *Cymbella*, *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pediastrum*, *Spirogyra*, *Closterium*, *Euglena*, *Microspora* y *Chlorococcus*, denota que si existen metales (Zn y Cr) en la columna de agua, lo que toca determinar en los transectos propuestos, es la concentración de estos y evaluar el riesgo al ecosistema.

Los parámetros fisicoquímicos determinados en los tres cuerpos de agua estudiados, en general no rebasan los límites establecidos para protección de la vida acuática y para riego agrícola; sin embargo, representa un problema en los puntos críticos como Barranca Ayala y Mezquitara, aspectos que no se habían detectado con anterioridad.

Con base a sus conclusiones, García *op. cit.* sugiere varias recomendaciones como son: Realizar determinaciones de bioconcentración en organismos bentónicos que se encuentran en contacto directo con sedimentos y en planctón que está directamente relacionado con la columna de agua, para establecer el grado de perturbación por tóxicos. Tipificar las comunidades presentes en los cuerpos de agua, con objeto de seleccionar organismos apropiados que sirvan como indicadores biológicos de contaminación.

Completar un inventario nacional de sustancias tóxicas en nuestro país, siguiendo la metodología aplicada en el desarrollo de este trabajo, dando prioridad a cuencas de primer orden, así como, la regulación de plaguicidas y herbicidas en el ambiente acuático, ya que carece de una base legal que impida su uso indiscriminado (García, *op. cit.*).

Debido a la falta de estudios de integración en la valoración de calidad del agua en los Ríos Apatlaco y Yautepac, aunado al escaso conocimiento sobre la comunidad bentónica de dichos ríos y dada la importancia de la cuenca hidrológica para diversos usos por la población tanto económica, turística y ecológica o bien como fuente potencial para varios usos que incluye los aspectos de calidad del agua, reutilización, usos del agua, control, hidráulica (sistemas de tratamiento, avenidas, sistemas de distribución) principalmente, surge la necesidad de investigar en el aspecto de calidad del agua para conservar o mejorar estos sistemas por el bienestar de las poblaciones naturales y del hombre mismo.

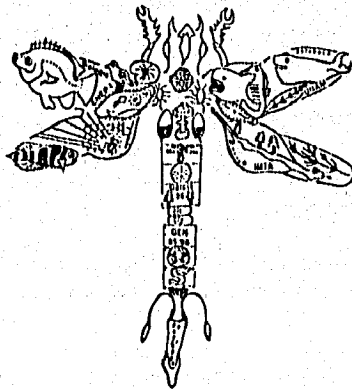
(Pensad en todos los que nunca se supieron las respuestas, pensad en todos los que no se preocuparon. Sin embargo aún hay algunos que preguntan por qué que tratan de saber, que se atreven a intentar).

Rod Mc Kuen, "Aquí vuela él".

III

3. OBJETIVOS

- A).- Realizar un monitoreo biológico y fisicoquímico en los Ríos Apatlaco y Yautepec durante seis meses abarcando tanto época de estiaje como de lluvia.
- B).- Determinar cuantitativamente y cualitativamente los grupos de organismos que puedan ser utilizados como indicadores o monitores de contaminación en los Ríos Apatlaco y Yautepec, Estado de Morelos.
- C).- Relacionar las características fisicoquímicas de los ríos con la distribución de los organismos bentónicos.
- D).- Con base en los objetivos anteriores, elaborar un diagnóstico de la calidad del agua de los Ríos Apatlaco y Yautepec, Estado de Morelos.



* Este maravilloso mundo que habitamos es más maravilloso de lo que conviene; más hermoso que útil; más bien debe ser admirado que utilizado.

¿ De que sirve una casa si no se tiene un planeta presentable donde ponerla ?

Henry David Thoreau, filósofo y naturalista

IV

4. AREA DE ESTUDIO

4.1 Localización geográfica

El Estado de Morelos ocupa una superficie de 4,958.22 Km² y junto con el Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Querétaro, forman la región centro del país alcanzando una superficie que representa el 6.5 del total nacional (SRH, 1970).

La cuenca del Río Amacuzac (Región Hidrológica No. 18), comprende casi la totalidad del Estado de Morelos, el extremo suroeste del Estado de México, una pequeña fracción del sur del D.F. y del suroeste del Estado de Puebla, así como el extremo norte del Estado de Guerrero (Fig. 1a y 1b).

Esta cuenca se asemeja a un triángulo, con su base en el lado norte y el vértice en el sur con los estados de Guerrero y Puebla, al este con el Estado de Puebla y al oeste con el Estado de México.

El área total que comprende la cuenca en el Estado de Morelos es de 4,303.39 Km² a 2,600 Km² e incluye 28 municipios. La ubicación geográfica está dada entre los paralelos 18°00' y 19°15' latitud norte y los meridianos 99°40' y los 100°00' longitud oeste (SPP, 1981; IMTA, 1989).

En cuanto a la localización geográfica del área de estudio, esta se encuentra entre los paralelos 18°35' y 18°55' latitud norte y los meridianos 99°00' y 99°15' longitud oeste.

4.2 Aspectos socioeconómicos

El Estado de Morelos cuenta con 33 municipios, dentro de los cuales existen varias localidades de importancia turística por los balnearios de aguas termales y medicinales (SPP, 1981).

La agricultura es una actividad muy importante, se cosecha principalmente caña de azúcar, arroz, frijol, maíz, jitomate, tomate y cebolla, algunos productos de menor importancia como algodón, cacahuete, sandía y otros frutales. Los ganados vacuno, equino y caprino son los más importantes.

La cuenca del Río Amacuzac presenta una gran susceptibilidad ante la contaminación, ya que aproximadamente el 85 % del Estado de Morelos, en donde se concentra la mayor parte de la población y el total de la industria existente (IMTA, 1989).

4.3 Hidrografía

La cuenca del Alto Amacuzac está formada principalmente por los Ríos Tetlama, Apatlaco, Yautepéc, Cuautla y Amacuzac. Aquí solamente se describirán los Ríos Apatlaco y Yautepéc ya que son objeto de esta investigación (Fig. 2).

4.3.1 Río Apatlaco

El Río Apatlaco o Joutia se forma en una serie de barrancas situadas al oeste de Cuernavaca, entre las que se encuentran las de Amanalco, Tetlama, San Antón, Cuajomulco y las de Chapultepec que confluyen a la altura de la población de Temixco (SRH, 1972; IMTA, 1989).

El Río Apatlaco sigue una trayectoria de norte a sur, corriendo por las zonas de cultivo de los poblados de Temixco, Acatlipa, Xochitepec, Atlacholaya, Xoxocotla, Tetelipa, Zacatepec y Joutia de Juárez. Los aportes más importantes que recibe a lo largo de su recorrido, son los del Río Tetlama por la margen derecha y Palo Escrito por la izquierda. Su principal uso es para riego agrícola, así como, receptor de las descargas municipales de Zacatepec y aguas tratadas de CIVAC y la descarga del ingenio Emiliano Zapata. El Río Apatlaco vierte sus aguas al Río Yautepéc (SRH, *op. cit.*; IMTA, *op. cit.*).

4.3.2 Río Yautepéc

El Río Yautepéc tiene su origen en la sierra del Chichinautzín, en la parte baja de la vertiente sur del Ajusco, en los límites entre los estados de Puebla, Morelos y el Distrito Federal, fluye con dirección suroeste; en la cuenca alta de este río se le conoce como Barranca del Volcan de Otumba. A los 44 y 47 Km. aguas abajo recibe las aportaciones por su margen derecha de los Ríos Barranca de Cacahuatlán (de la cual se hacen derivaciones para riego y alimentación de los balnearios Oaxtepec y Cocoyoc) y Barranca Pantitlán. A partir de la primera confluencia recibe el nombre de Río Izamatlán. Aguas abajo recibe por su margen derecha al Río Tepoztlán y cambia su nombre a Río Yautepéc, pasando por el poblado del mismo nombre. Cruza por las poblaciones de Ticmán, Tietzapán y Huatecalco, pasa por Tlalquitenango y finalmente recibe el Río Apatlaco, a 1.5 Km. al sur de Joutia de Juárez. Las principales corrientes que recibe son las del Río Dulce por la margen derecha y por la izquierda las aguas del manantial Las Estecas. Sus aguas se emplean principalmente para riego y alimentación de los balnearios citados anteriormente. Se utiliza como receptor de descargas domésticas, principalmente del pueblo de Yautepéc y numerosas descargas dispersas de campos agrícolas (SRH, 1972; SARH, 1980b; IMTA, 1989).

4.4 Fisiografía

Los límites de Morelos encierran áreas que corresponden a dos provincias fisiográficas del país, la provincia del Eje Neovolcánico y la provincia de la Sierra Madre del Sur. En particular, la segunda provincia mencionada tiene áreas que corresponden a una sola subprovincia: la de Sierras y Valles Guerrerences.

La zona de estudio se localiza dentro de la subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerences, cubre los municipios de Amacuzac, Cuatán del Río, Emiliano Zapata, Jiutepec, Jojutla de Juárez, Mazatepec, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tetecala, Tlaltizapán, Xochitepec y parte de los de Ayala, Cuernavaca, Tlalquitenango, Yautepec, además de una pequeña porción del municipio de Tepoztlán. El área de la subprovincia es de 2,148.33 Km² lo que representa el 43.3 % con respecto al total estatal.

En esta subprovincia algunos de los sistemas tienden a orientarse en sentido norte-sur, como es el caso de los lomeríos cercados por cañadas del noreste de la subprovincia; de la llanura aluvial que se extiende al sur de Cuernavaca desde Emiliano Zapata hasta Jojutla y de la gran meseta calcárea con cañadas que se extienden desde las ruinas de Xochicalco hasta Tehuixtla. Por último, en el suroeste del Estado hay una gran meseta con lomeríos que va de 900 a 1,200 manm. y que está constituida por aluviones antiguos erosionados (SPP, 1981).

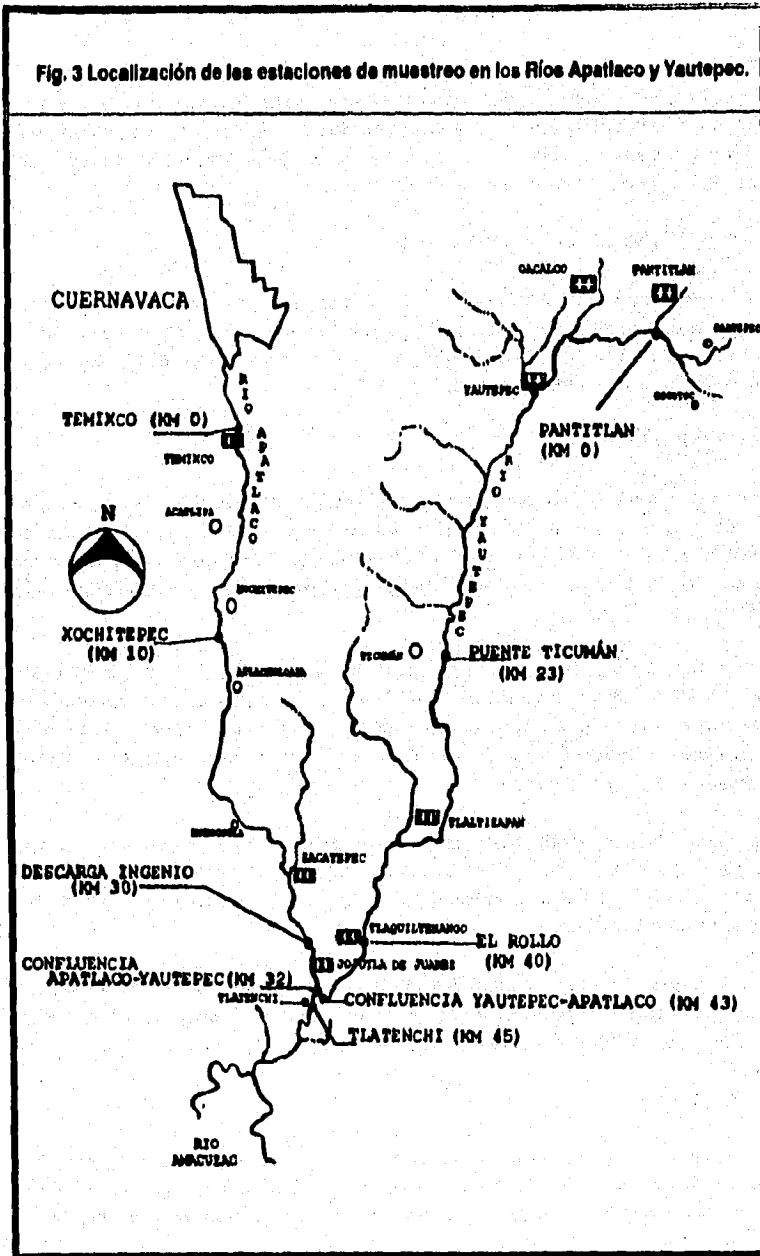
El relieve y las condiciones geológicas de la entidad han sido los factores determinantes en cuanto a la hidrografía, geohidrología, clima, vegetación y en la distribución de la disponibilidad del agua, zonas agropecuarias y de los asentamientos humanos (Sánchez y Espinoza, 1988).

4.5 Clima

La región queda situada al Sur del Trópico de Cáncer, comprendida en su totalidad en la Zona Tropical.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García, (1973), en esta región se presenta el clima Aw, (w) cálido subhúmedo; este tipo se caracteriza por ser el más húmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Se localiza en el centro y sur de la entidad en los municipios de Axochiapan, Jonacatepec, Tepiccingo, Cuautla, Tlaltizapán, Tlalquitenango, Jojutla, Puente de Ixtla, Amacuzac, Xochitepec, Tetecala, Miacatlán, Mazatepec y Emiliano Zapata. La precipitación media anual fluctúa entre 800 y 1,000 mm. y la temperatura media anual registra un valor de 22°C. La precipitación máxima se presenta en el mes de septiembre, con lluvias que oscilan entre 180 y 200 mm. la mínima se registra en los meses de febrero, marzo y diciembre con un valor menor de 5 mm. La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 26 a 27°C la más baja se registra en los meses de diciembre y enero, ambos con un intervalo que va de 20 a 21°C (SPP, 1981).

Fig. 3 Localización de las estaciones de muestreo en los Ríos Apatlaco y Yautepec.



Asimismo, Sánchez y Espinoza, (1988) anotan que la importancia de éste clima dominante, el cual cubre el 74 % del Estado, se encuentra en la gran disponibilidad de agua en las partes bajas y temperaturas altas que favorece a la agricultura de plantación (caña de azúcar), cuyo buen desarrollo se garantiza por la disponibilidad de riego.

4.6 Localización y descripción de las estaciones

Se establecieron 4 y 5 estaciones de muestreo localizadas estratégicamente de acuerdo a los antecedentes en una distancia de 33 y 45 Km. para el Río Apatlaco y Yautepéc respectivamente, una de las cuales se localiza después de la confluencia de ambos ríos, cuyas características se anotan en seguida (Fig. 3)

4.6.1 Río Apatlaco

Temixco: se encuentra ubicada dentro del Municipio de Cuernavaca, al NE del poblado del mismo nombre y en dirección SE de la Ciudad de Cuernavaca, a 5 Km. aproximadamente sobre la Carretera Federal No. 95 (libre) México-Acapulco; localizada a 4 Km. del nacimiento del río. Se tomó como punto de partida del transecto del Río Apatlaco (Km. 0), a una altura de 1,200 msnm.

Xochitepec: ubicada en el km. 19.3 de la Carretera Federal No. 95 México-Acapulco (libre) al NW del poblado del mismo nombre, a 100 m. de la margen izquierda en el sentido N-S (Cuernavaca-Iguala) y bajo el puente denominado "Xochitepec", a espaldas de la Unidad Deportiva Mariano Matamoros dentro del Municipio de Xochitepec. Se encuentra a 10 Km. de la primera estación y a 1,050 msnm.

Descarga Ingenio: situada dentro del Municipio de Jojutla, a 200 m. de la Carretera Jojutla-Zacatepec, a espaldas del Centro para el Desarrollo de la Cultura, Recreación y el Deporte "La perseverancia", al NW de la ciudad de Jojutla de Juárez. Se encuentra a 30 Km. de la primera estación, a 850 msnm.

Confluencia Apatlaco-Yautepec: hacia el SW de la Ciudad de Jojutla de Juárez, entrando por la calle de Prolongación de Leyva, al sur del rastro municipal, en el paraje conocido como "El Panteón". Se encuentra a 32 Km. de la primera estación, a 800 msnm.

4.6.2 Río Yautepec

Pantitlán: se encuentra ubicada al NE del poblado de Yautepec, en las afueras del pueblo de Pantitlán, dentro del Municipio de Yautepec. Se encuentra a 2 Km. del nacimiento del río y se tomó como punto de partida del transecto del Río Yautepec (Km. 0), se encuentra a 1,350 msnm.

Puente Ticumán: se encuentre ubicada bajo el puente, a 0.5 km. de la desviación a Yautepec,

sobre la Carretera Yautepac-Jojutla al SE del poblado de Ticumán y a 3.5 km. de la colonia Alejandra, dentro del Municipio de Tlaltizapán. Se encuentra a 23 Km. de la primera estación y a 950 msnm.

El Rollo: se encuentra ubicada en el poblado de Tlalquitenango, entrando por la Av. Lorenzo Vázquez, bajo el puente de "La Cantora", en el barrio del mismo nombre en el SW del poblado. Se encuentra a 40 Km. de la primera estación, a 800 msnm.

Confluencia Yautepac-Apallaco: hacia el SW de la Ciudad de Jojutla de Juárez, entrando por la calle de prolongación de Leyva, al sur del rastro municipal, en el paraje conocido como "El Panteón". Se encuentra a 43 Km. de la primera estación a 800 msnm.

Tlatenchi: se encuentra ubicada a espaldas del Templo Adventista, en la calle de Josefa Ortiz de Domínguez en el poblado de Tlatenchi y al SE de Jojutla, en el Municipio de Tlalquitenango, estación que comprende a ambos ríos. Se encuentra a 33 y 45 Km. de las estaciones de partida de los Ríos Apatlaco y Yautepac respectivamente, a una altura de 800 msnm.

"La historia de nuestro paso por la vida adquiere significación por los contactos con otros seres humanos.

El éxito depende, en gran parte, de concentrar los recursos que tenemos a la mano, sin dejar que el sentido de inadecuación se convierta en excusa para una retirada".

S. E. Laird.

AUTOBIOGRAFIA DE UN HOMBRE DE CIENCIA.

v

5. MATERIAL Y METODOS

5.1 Muestreo y análisis fisicoquímico:

De cada una de las estaciones fueron obtenidas muestras mensuales de agua y sedimentos para los análisis fisicoquímicos. El período de muestreo comprendió de abril a septiembre, involucrando las épocas de estiaje y lluvia.

Las muestras de agua se tomaron de la superficie de acuerdo a (APHA, 1980 y 1985), las de sedimentos se tomaron en los 10 cm. superiores, ya que es de interés la deposición reciente y realizándose como lo recomienda la metodología CEPIS (1988).

Una vez obtenidas las muestras de fisicoquímicas fueron preservadas a 5 grados centígrados, hasta su llegada al laboratorio de la Subcoordinación de Calidad del Agua, donde se mantuvieron en refrigeración a 4 grados centígrados hasta su tratamiento.

Se midieron en campo parámetros de cuadro ambiental que incluye:

<u>PARAMETRO</u>	<u>METODO O TECNICA DE ANALISIS</u>
Temperatura del agua	Termómetro.
Temperatura Ambiente	Termómetro.
pH	Electrométrico.
Conductividad	Electrométrico.
Oxígeno Disuelto (O.D.)	Método iodométrico y oxímetro Y81-33.

En cuanto a los parámetros determinados en laboratorio en muestras de agua se incluye:

Alcalinidad Total (como CaCO ₃)	Titulación Potenciométrica
Dureza Total (CaCO ₃)	Volumétrico por neutralización con EDTA
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico.
Sólidos Disueltos Totales	Gravimétrico.
Sólidos Totales	Gravimétrico.

Se utilizó la metodología de (APHA, 1980 Y 1985; SARH, 1982); además en todas las estaciones se determinó textura o granulometría por la técnica del hidrómetro de Bouyoucos y contenido de materia orgánica en sedimento de acuerdo a la técnica de pérdida por ignición (Ortiz, 1988; Keulder, 1982; Knapp y Dysart, 1988).

5.2 Muestreo y análisis de macroinvertebrados bentónicos

De cada una de las estaciones fueron obtenidas muestras mensuales biológicas para el análisis de macroinvertebrados bentónicos. El período de muestreo comprendió de abril a septiembre, involucrando las épocas de estiaje y lluvia.

Los muestreos y análisis biológicos de laboratorio se llevaron a cabo de acuerdo a las técnicas recomendadas por los Métodos Estándar (APHA, 1980 Y 1985); Mason (1984); Usinger, (1956); Cairns y Dickson, (1971) y Merrit y Cummins, (1983).

Para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos se utilizó un muestreador "Surber" de un pie cuadrado de superficie y 30 cm. de altura, colocándolo diez minutos contracorriente, para que los organismos presentes se depositaran en la red del muestreador, cuya abertura es de 0.203 mm., si se perturba una zona conocida y/o se hace durante un tiempo fijo, el método sirve para establecer cálculos semicuantitativos de la abundancia relativa. La técnica es rápida y barata, especialmente indicada para estudios de fauna o programas extensos de contaminación.

Los organismos colectados junto con el sustrato depositado se colocaron en bolsas de plástico y se preservaron inmediatamente adicionando formol al 4 %. Las muestras colectadas fueron lavadas y separadas en el laboratorio con un tamiz del número 30 (0.50 mm. de abertura) y los organismos presentes se separaron del sustrato restante con ayuda de un microscopio estereoscópico, para después preservarlos definitivamente en alcohol al 70 % para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo.

Para el análisis cualitativo, así como, datos biológicos, se utilizó bibliografía general y especializada para macroinvertebrados bentónicos:

Como es Cruz y Burch (1987); Edmondson (1959); Hart y Fuller (1974); López (1983); Mason (1973); Merrit y Cummins (1983); Parrish (1975); Pennak (1978); Peterson (1980); Ringuelet (1981); Santiago y Vázquez (1990); Usinger (1956); Wiggins (1977).

"El YO de un científico está en lucha, pero en lucha contra los secretos de la naturaleza y no contra otros hombres de ciencia. Las rivalidades son moderadas, por el respeto profesional mutuo, intensificado por la confianza personal así como por la admiración a la calidad del trabajo".

Lo que más me ha gustado en la ciencia ha sido la actividad de resolver problemas, y el sentido de orden que esta actividad genera.

S.L. Luria.
AUTOBIOGRAFIA DE UN HOMBRE DE CIENCIA.

VI

6. TRATAMIENTO DE DATOS

El uso de sistemas de información biológica rápida usando organismos acuáticos para monitorear descargas de agua y calidad de agua superficial, es relativamente una nueva idea comenzando recientemente a desarrollarse tecnológicamente (Cairns y Gruber, 1980).

Los índices de diversidad resumen gran cantidad de información, como datos biológicos acerca de la estructura de la comunidad y son generalmente más apropiados y aceptados para monitorear cambios y evaluar la calidad del agua (Cairns, Dickson y Lanza, 1973). El análisis de la estructura de la comunidad es una de las maneras como se enfoca el estudio de los efectos de la contaminación (Washington, 1984).

En este estudio los datos obtenidos del análisis de los organismos bentónicos presentes en las estaciones muestradas de los Ríos Apatlaco y Yautepac fueron analizados por medio de la aplicación del índice Secuencial de Comparación (ISC) de Cairns y Dickson (1971), sugerido por Brower y Zar, (1977); Villegas y De Giner, (1972); Persoone y De Pauw (1978); Washington (1984); además este método ha sido aplicado en trabajos de comunidades planctónicas y/o bentónicas realizados en México como el de García (1985, 1991) y Huerto (1988).

El índice Secuencial de Comparación (ISC) es recomendado para trabajos rutinarios de control de calidad del agua y se basa en la teoría de las corridas (Run Theory) (Cairns y Dickson, 1971). Anota Simmons, (1972) que el índice Secuencial de Comparación provee un proceso rápido y sencillo por medio del cual los efectos de calidad del agua sobre comunidades de macroinvertebrados pueden ser evaluados. Además de que fue desarrollado para ecosistemas acuáticos, tiene una fuerte atracción intuitiva y refleja la esencia del concepto de diversidad (Keefe y Bergersen, (1977)). Chutter citado por Washington (1984) concluya que el ISC no es afectado por el tamaño de la muestra.

En el ISC interviene el solo criterio del investigador para el reconocimiento de diferencias en forma, tamaño y color de los organismos, lo que se considera suficiente para determinar la cantidad presente de los mismos en la muestra. Sin embargo, entra mayor esa la

preparación taxonómica por parte del investigador, mayor será la exactitud en determinar cuantos taxa están presentes en una muestra (Cairns y Dickson 1971), sobre todo en etapas inmaduras que normalmente varían morfológicamente con respecto a los adultos.

La fórmula del índice de diversidad es igual al número de comparaciones entre el número de individuos por el número total de taxa presentes:

$$ISC = \frac{\text{No. de comparaciones}}{\text{No. de individuos}} \cdot (\text{No. de Taxa})$$

El número total de taxa se determina ya que han terminado las comparaciones entre individuos (Cairns y Dickson, 1971).

La escala de contaminación propuesta por Cairns y Dickson (op. cit.) para su índice es la siguiente:

ESCALA	CALIDAD DEL AGUA
< 5	Contaminada
5 - 12	Semicontaminada
> 12	No contaminada

El número de especies de animales bentónicos es muy grande y extraordinaria la diversidad de sus géneros (Margalef, 1963), siendo esta una de las causas principales de la falta de información de la fauna de muchas regiones geográficas, para las cuales no se tiene claves de sus especies o sólo son parciales.

Debido a esto, se seleccionó este método que no exige un reconocimiento taxonómico a nivel de especie y los resultados que proporciona se han considerado estadísticamente confiables, según Cairns y Dickson, op. cit. Por otra parte, ya que ingenieros, químicos y biólogos se encuentran trabajando juntos, se vuelve aparente que la información biológica clásica (lista de especies) necesita volverse más cuantitativa. (Cairns, Dickson y Lanza, 1973). Esta expresión matemática puede ser utilizada para realizar comparaciones entre dos comunidades de organismos o entre estaciones.

"Todas las cosas por un poder inmortal, cercano o lejano. Ocultamente una a la otra tan unidas que es imposible tocar una flor sin que se estremezca una estrella".

Francis Thompson, poeta inglés

Vii

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Importancia de un criterio y normas ecológicas

Los avances científicos han provisto herramientas para desarrollar criterios y conocimientos firmes para caracterizar la calidad del agua sobre los cuales se determinan los usos particulares (SARH, 1983).

Se entiende por criterio ecológico aquel requisito científico que un sistema acuático debe cumplir el cual puede referirse a algún aspecto químico, físico y/o biológico, éste puede variar en número y parámetros e ser considerados para un uso determinado. Entonces un criterio de calidad de agua rige el suministro de esta para un uso particular y el criterio puede ser diferente para cada uso. Mientras que una norma rige la calidad del agua después de que el usuario la ha utilizado antes de que la descarge (SARH, *op.cit.*; Murgel 1984).

De acuerdo con las finalidades que se requieren en el país, en el Diario Oficial publicado en diciembre de 1989, SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), entre otros propósitos establece que los criterios ecológicos de calidad del agua para la protección de la vida dulceacuícola, están fijados sobre la base de garantizar la supervivencia de los organismos acuáticos y evitar la bioacumulación, previniendo el daño a las especies que forman parte de la cadena alimentaria. De esta manera, junto con otro tipo de criterios ecológicos, se tiene la meta de lograr que el desarrollo económico del país se sustente en bases sólidas, que garanticen el aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales, así como, los menores impactos adversos de las actividades económicas sobre el ambiente.

Tabla 1. Criterios ecológicos o niveles recomendados para la protección de la vida acuática (agua dulce).

Parámetros	Criterios ecológicos o nivel recomendado	Referencia
Temperatura	cond. nat. \pm 1.5 °C	SEDUE, (1988)
pH	6.5 - 9.0	Mc Neely et al., (1978 y 1979)
Oxígeno Disuelto	5 mg/L	SEDUE, (1988)
Conductividad	No mayor de 2,000 μ mhos/cm.	SARH (1983); SEDUE, (1988)
Alc. Total (CaCO ₃)	30 - 500 mg/L	Mc Neely et al., (1978 y 1979)
Dureza Total	150 mg/L	Arrignon, (1979)
Sólidos totales	1,000 mg/L	SARH, (1975); (1983)
S. susp. totales	25 mg/L	Alabaister y Lloyd, (1988)
S. dis. totales	<2,000 mg/L	SEDUE, (1988); Mc Neely et al., (1978 y 1979)

Tabla 2. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Temixco (km. 0).

Parámetros	Unidades	ESTADÍSTICOS								
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		26	29	25	24	27	28	26	1.87	24-29
Temp. agua °C		22	24	23	22	20.50	22	22	1.17	20.5-24
pH		6	7.81	8.03	7.30	7.33	7.40	7.37	0.72	6-8.03
O.D	mg/L	5.50	6.20	5.20	5.40	6.50	4.50	6.55	0.71	4.5-6.5
Conduct.	µmhos/cm.	750	350	300	290	250	280	370	188	250-750
Alc. Total	mg/L		120	108	92	82	78	95	17.90	78-120
Dureza	mg/L		122	108	188	95	100	122	38	95-188
Vel. Prom.	m/seg.		0.294		0.437	0.642	0.474	0.482		0.294-0.642
Area Sec.	m ²		1.71		3.33	3.80	5.09	3.48		
Gasto	m ³		0.50		1.48	2.44	2.41	1.70		
Mat. Org.	%		4.27	11.75	2.32	3.07	2.98	4.87	3.90	2.32-11.75
Arena	%		97.20	94.40	98.40	98.40	98.80	97.04		94.4-98.4
Arcilla	%		0	4.40	0	0	1.60	1.20		0-4.40
Limo	%		2.80	4.20	1.60	1.60	1.60	2.38		1.60-4.20

Tabla 3. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Xochitepec (km. 10).

Parámetros	Unidades	ESTADISTICOS								
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		32	35	27	32	26	25	29.50	4.03	25-35
Temp. agua °C		25	30	26	26	26	25	26.30	1.86	25-30
pH		5	8.39	8.13	7.72	7.71	7.82	7.46	1.23	5-8.39
O.D	mg/L.	3.30	5.60	5.40	4.80	6.40	4.80	5.05	1.04	3.3-6.4
Conduct.	µmhos/cm.	1500	550	430	350		370	640	487	350-1500
Alc. Total	mg/L.	310	322	138	97	104	100	178.50	107	97-322
Dur.Total	mg/L.	720	550	152	104	134	120	296	267	152-750
Vel. Prom.	m/seg.		.36	.36	.43	.32	.56	.41		0.316-0.557
Area Sec.	m ²		1.69	1.65	3.18	2.52	4.01	2.69		
Gasto	m ³ /seg.		.67	.70	1.36	.80	2.23	1.15		0.667-2.234
Mat. Org.	%	2.48	4.81	207	1.80	2.50	2.44	2.68	1.07	1.8-4.81
Arena	%	97.60	99	98.40	99.20	100	97.60	98.60		97.6-100
Arcilla	%	2	0	1.60	0	0	1.60	.86		0-2
Limo	%	.40	1	0	1.20	0	.60	.56		0-1.2
SST	mg/L	26	4	16	5	5	3	9.63	9.24	3-26
SDT	mg/L	932	394	276	311	245	289	407.63	262	245-932
ST	mg/L	990	398	292	318	280	292	418	270	280-990

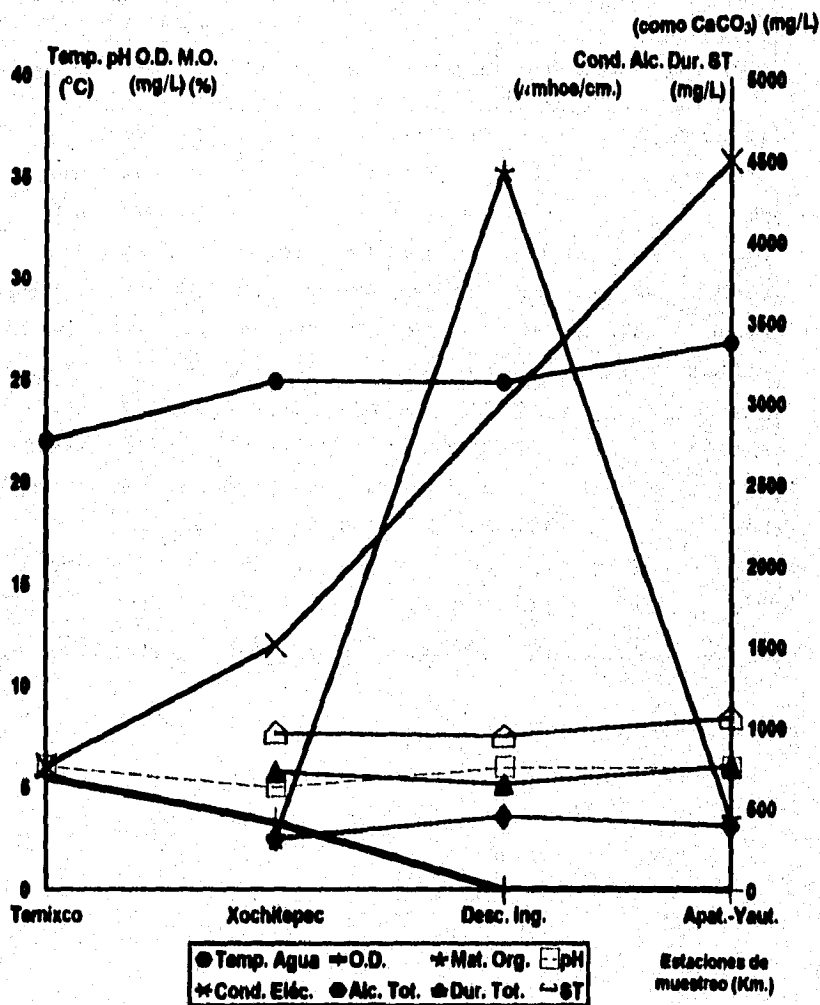
Tabla 4. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Descarga Ingenio (km. 30)

Parámetros	Unidades	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	ESTADISTICOS		
								Prom	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		28	46	29	31	31	29	32	6.60	28-46
Temp. agua °C		25	39	29	27	26	23	28	5.60	23-39
pH		6	7.24	7.74	7.60	7.73	8.49	7.46	.86	8.8-8.49
O.D	mg/L	0	.60	2.40	4.40	6.30	5.60	3.25	2.58	
Conduct.	µmhos/cm.		2800	1300	900	850	900	1350	830	850-2800
Alc. Total	mg/L	450	310	140	156	174	182	235	121	140-450
Dur. Total	mg/L	647	536	320	339	352	364	426	133	320-647
Vel. Prom.	m/seg.			.74	.41					
Area Sec.	m ²		1.52	1.76						
Gasto	m ³ /seg.		1.12	.72						
Mat. Org.	%	35.39	12.60	7.95	2.89	3.60	3.12	10.89		2.89-35.39
Arena	%	73.60	77.20	88.40	86.40	100	99.20	87.47		73.6-100
Arcilla	%	8	8	8.40	0	0	0	3.73		0-8
Limo	%	18.40	4.80	5.20	13.40	0	.80			0-18.4
SST	mg/L	26	160	8	11	8	19	38.33	60	6-160
SDT	mg/L	920	2070	970	689	564	661	979	557	564-2070
ST	mg/L	946	2230	976	702	572	880	1017.67	615	572-2230

**Tabla 5. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación
Confluencia Apatlaco-Yautepec (km. 32)**

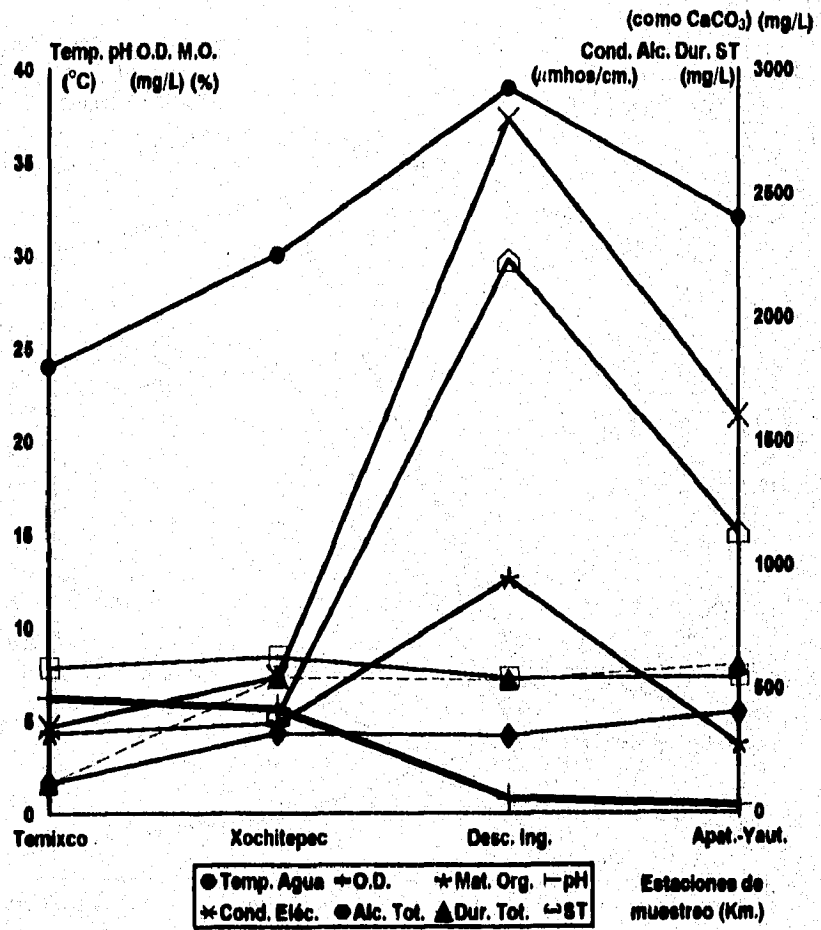
Parámetros	Unidades	ESTADÍSTICOS								
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		31	35	26	26	27	24	28	4.07	24-35
Temp. agua °C		27	32	27	24	23	23	26	3.46	23-32
pH		6	7.31	7.79	7.60	7.60	7.70	7.33	.67	6-7.79
O.D	mg/L	0	.40	1.40	4.10	5.60	5.20	2.76	2.46	0-5.60
Conduct.	µmhos/cm.	4500	1600	1200	800	900	850	1641	1431	800-4500
Alc. Total	mg/L	396	404	350	168	182	192	282	112	168-404
Dur. Total	mg/L	764	596	238	336	385	406	454	191	238-764
Mat. Org.	%	3.49	3.65	11.65	5.40	3.09	5.60	5.48	3.2	3.09-11.65
Arena	%	95.20	99.20	84.40	98.80	100	100	96.30	6.1	84.4-100
Arcilla	%	1.60	0	1.60	0	0	0	.53	0.83	0-1.6
Limo	%	3.20	.80	14	1.20	0	0	3.20	5.4	0-14
SST	mg/L	24	52	4	22	24	18	24	15.6	4-52
SDT	mg/L	1038	1078	916	710	574	714	838	203	574-1078
ST	mg/L	1062	1130	920	732	598	732	862	209	598-1130

Fig. 4



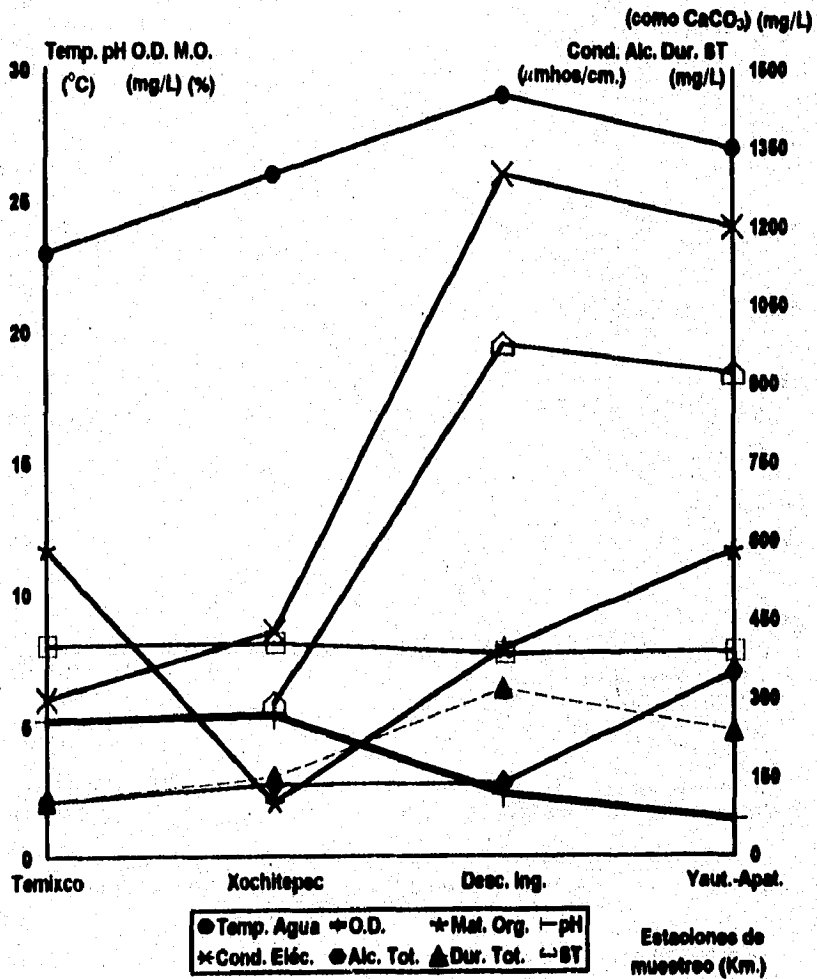
Fisicoquímicos abril Apatlaco.

Fig. 5



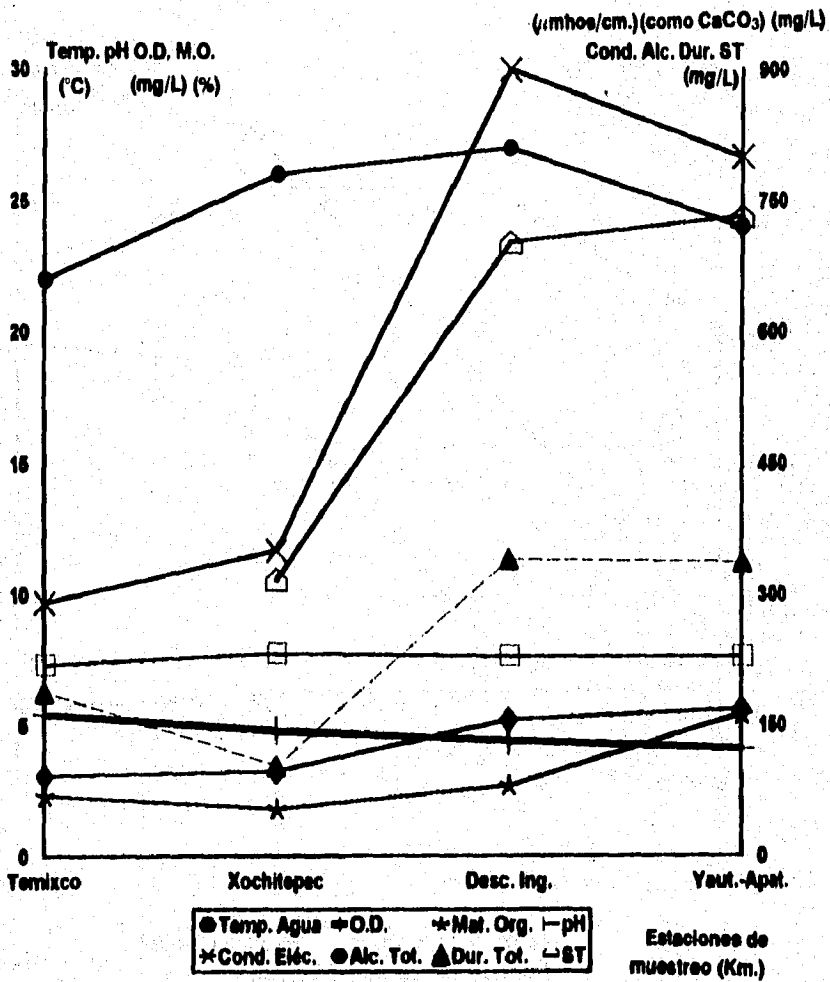
Fisicoquimicos mayo Apatlaco.

Fig. 6



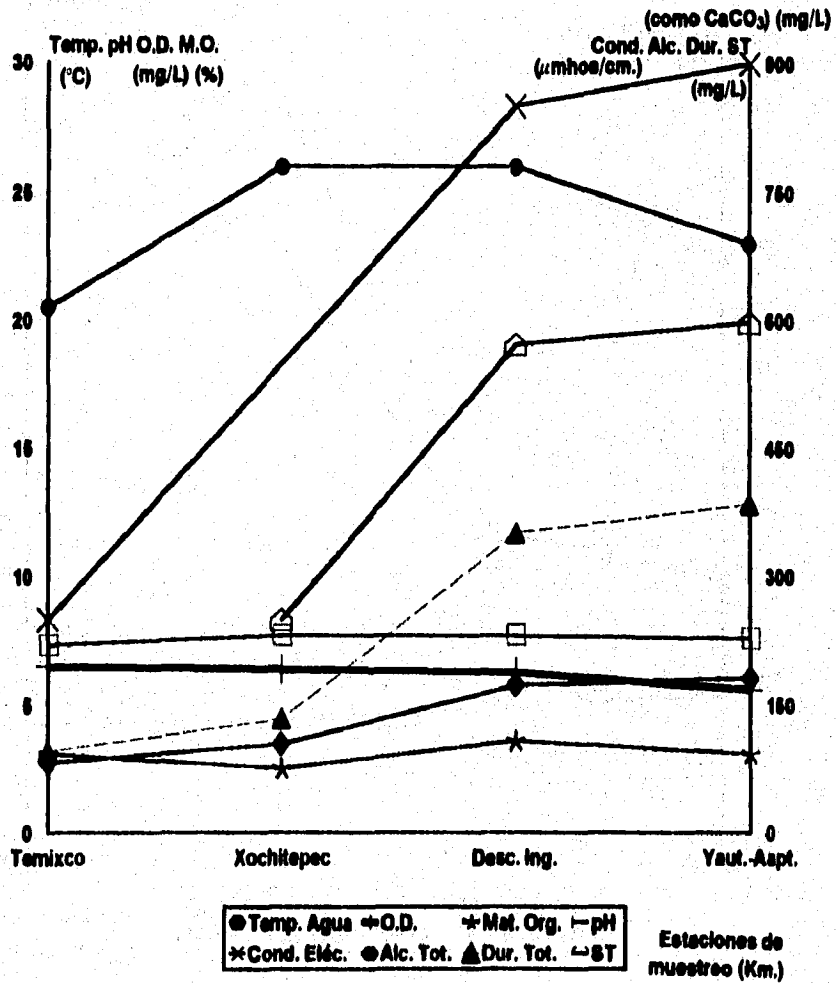
Fisicoquímicos junio Apatlaco

Fig. 7



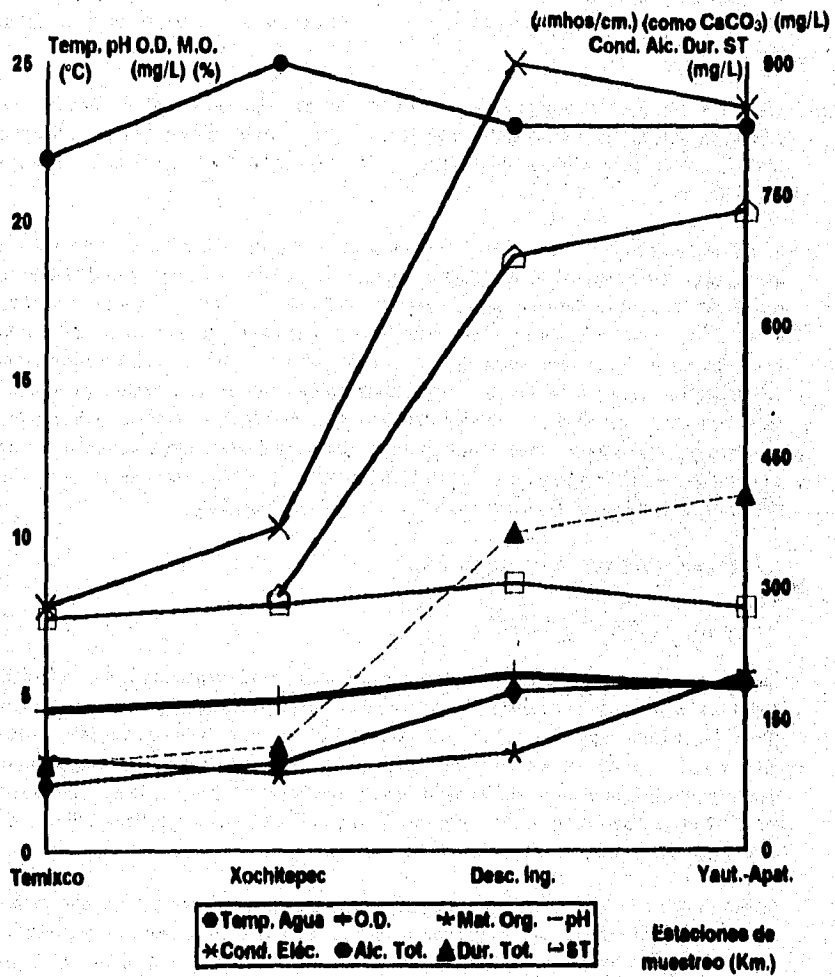
Fisicoquímicos julio Apatlaco

Fig. 8



Fisicoquimicos agosto Apatlaco

Fig. 9



Fisicoquímicos septiembre Apatlaco

7.2. Resultados Fisicoquímicos

A continuación se hará un análisis de las determinaciones fisicoquímicas en cada uno de los ríos en estudio y posteriormente se efectuará una comparación de ambos cuerpos de agua.

Todos los resultados de campo y análisis de laboratorio se discuten tomando en cuenta los valores promedio, relacionándolos con los criterios ecológicos de calidad del agua SEDUE, (1989) y/o de otros autores, para la protección de la vida acuática en agua dulce (Tabla No. 1).

Para llevar a cabo la comparación de los datos obtenidos en este estudio y tomando en cuenta los criterios de SEDUE, *op.cit.* (Tabla No. 1), fue obtenido el "valor natural" con base en los estudios antecedentes citados, tanto para el Río Apatlaco como Yautepac en época de seca como de lluvias en aquellos parámetros en que fue requerido y en otros como la temperatura ambiental, para determinar la relación natural o inducida de los valores altos de temperatura del agua obtenidos principalmente en época de secas durante el periodo de muestreo. Las variaciones en la temperatura son parte del régimen climático natural y los cambios en regímenes de temperatura pueden alterar la distribución y composición de comunidades acuáticas (Mc Neely, 1978 y 1979). El "valor natural" de temperatura ambiente fue obtenido tomando en cuenta los datos citados por García, (1988).

7.3 Resultados Fisicoquímicos Río Apatlaco

7.3.1 Oxígeno Disuelto (O.D.) (mg/L)

Se observa que se encuentra ligeramente por arriba del límite permisible (5 mg/L SEDUE, 1989), en las primeras estaciones (Temixco y Xochitepec) (Tablas 2-3) y en las estaciones (Desc. Ing. y Conf. Apat-Yaut.) (Tablas 4-5) de fuertemente impactadas en época de secas (figs. 4-6), a causa de la materia orgánica que llega a esta zona y las mayores temperaturas que disminuyen la solubilidad del oxígeno disuelto (Arrignon, 1979), aunado a la entrada de las descargas que llegan al río y que contienen una mezcla de químicos difíciles de determinar y que influyen en la demanda de oxígeno.

En época de lluvia (Fig. 7-9) (Tablas 2-5), se mantiene el comportamiento prácticamente similar en las primeras estaciones mencionadas con un ligero decremento en septiembre (Fig. 9), muy probablemente debido a la influencia del porcentaje de materia orgánica que aumenta con respecto a los meses anteriores y tanto para Desc. Ing. como para Conf. Apat-Yaut., se presentó cierta recuperación en época de lluvias; sin embargo, solo manteniéndose ligeramente arriba del límite recomendado.

Cabe anotar que en la estación Desc. Ing. se obtuvo la mayor variación en este parámetro en la época de secas y este desequilibrio se ve reflejado en la variación de la estructura de

la comunidad y a medida que llegan las lluvias, se ve favorecida la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados ya que según Hynes (1960), Brinkue (1965), comentados por Wallace (1990), al remover tanto tóxicos como contaminación orgánica, permiten la recolonización por el bentos. De tal manera, se observa una capacidad de recuperación buena en época de lluvias en la cual hay mejores condiciones de los fisicoquímicos en general y en particular de la concentración de O.D.

7.3.2 Temperatura del agua "Valor Natural" (VN) (°C)

Secas Media = 25.1 °C Lluvias Media = 23.5 °C

Intervalo del valor Natural

22.0--- 26.6

En cuanto a la temperatura media del agua obtenida en este estudio (Tablas 2-5).

Secas Media = 27.4 °C Lluvias Media = 24 °C

Como se puede apreciar, el valor de secas se sale del valor natural obtenido. Para determinar la causa de variación, se llevó a cabo una correlación con la media de temperatura ambiente para obtener el "valor natural medio", utilizando como fuente los datos citados por García, (1988).

"Valor Natural" (VN) de Temperatura ambiental:

Secas Media = 25.7 °C Lluvias Media = 23.7 °C

Valores medios de temperatura ambiental durante este estudio (Tablas 2-5).

Secas Media = 30.8 °C Lluvias Media = 27.5 °C

Se puede observar que el valor de las medias de temperatura ambiental en el período de muestreo de este estudio están por arriba de las medias registradas en años anteriores en la zona de estudio, y que principalmente en época de secas estén fuera del intervalo del valor natural.

De ésta forma, se puede atribuir como natural el incremento de la temperatura del agua en época de secas durante el muestreo y no propiciada por una descarga térmica.

Sin embargo, hay que hacer notar que aunque sea considerado el incremento como natural, fue tal el aumento sobre todo en las partes bajas del río en época de secas, que se registraron temperaturas superiores a los 30 °C, lo que se considera como peligroso para la comunidad

bentónica, según Hawkes, (1970), y pudo afectar en su diversidad. Aunque Margalef, (1980) anota que el límite superior de resistencia en particular para los insectos presenta valores de 30-42 °C, considerablemente variables según la fase de desarrollo y tiempo de exposición. Se obtuvo buena diversidad, la cual está catalogada por varios autores como fauna tolerante a malas condiciones, principalmente por exceso de materia orgánica y carencia de oxígeno disuelto y dado que éstos parámetros están directamente relacionados con la temperatura, se discutirá la influencia de estos parámetros en el análisis biológico.

En época de lluvias, los valores obtenidos para la temperatura indican condiciones aceptables para el desarrollo de la fauna.

7.3.3 pH

Secas Media = 7.23

Lluvias Media = 7.26

Intervalo del "Valor Natural"

7.03 --- 7.46

En cuanto al pH medio obtenido en este estudio (Tabla 2-5)

Secas Media = 7.12

Lluvia Media = 7.7

Se puede apreciar que en época de lluvias el pH se basicifica más del "valor natural" en 0.24 unidades que puede deberse al poder solvente del agua y a un incremento en el lavado del sustrato y la roca madre, la cual es rica en carbonatos e influyendo directamente en el equilibrio carbónico-carbono, basicificando más el agua (Mc Neely, 1978). Este tipo de reacción se discutirá más a fondo cuando se analice este parámetro para el Río Yautepac.

El valor de pH medio obtenido tanto en época de secas como de lluvias no se puede considerar como peligroso para la fauna acuática, ya que Mc Neely (Tabla 1) anota que un intervalo de 6.5 - 9.0 es adecuado para mantener protegida a la comunidad acuática y sólo en algunas estaciones en el mes de abril se registraron valores ligeramente ácidos con pH de 5 para la estación Xochitepec y de 6 para las estaciones Temixco, Desc. Ing. y Conf. Apat-Yaut. (Fig. 4), lo cual puede deberse a la presencia de ácidos (sulfúrico, húmicos, aminoácidos entre otros) como anota Margalef (1980), aunada la carga contaminante que llega de CIVAC y el Ingenio Emiliano Zapata. Para los demás meses de estudio, se encontraron condiciones favorables para la fauna.

7.3.4 Alcalinidad Total (como CaCO₃) (mg/L)

De acuerdo a SEDUE (1989), debe considerarse que la alcalinidad "natural del cuerpo de agua" no debe ser reducida en más del 25% cuando esta sea menor o igual a 20 mg/L y no

deberán admitirse reducciones inducidas para la protección de la vida acuática.

Los valores obtenidos para el Río Apatlaco rebasan los 20 mg/L y probables reducciones inducidas no son peligrosas, incluso resultarían necesarias para poder utilizar el agua en algunos usos útiles.

"Valor Natural de Alcalinidad total (como CaCO_3)"

Secas = 333.4 mg/L Lluvias = 270.6 mg/L

En cuanto a la alcalinidad media obtenida en este estudio (Tablas 2-5).

Secas = 263.3 mg/L Lluvias = 132.9 mg/L

A través de una serie de operaciones matemáticas, se obtuvo que no hay reducción significativa en los valores de alcalinidad más allá del 25% del "Valor Natural" en época de secas con un valor de 21.02%.

Se aprecia que se presentó una reducción de 50.99% en el valor obtenido en este estudio, con respecto al "valor natural" en época de lluvias. Sin embargo, ya que los valores obtenidos de alcalinidad en época de lluvias no son menores o iguales a 20 mg/L, la reducción apreciable no presenta problemas hacia la protección a la vida acuática.

De acuerdo al criterio de Mc Neely (1978) (Tabla 1), un intervalo aceptable se encuentra entre 30-500 mg/L los valores obtenidos para todo el río se encuentran dentro de este intervalo, en abril (Fig. 4), se presentaron los valores más elevados coincidiendo con la época de secas y para los otros meses se observó una disminución en los valores de alcalinidad a medida que llegaron las lluvias para todas las estaciones (Figs. 5-9). Se puede anotar que los valores altos de alcalinidad pueden limitar su uso, ya que pueden presentar dificultades en su tratamiento de acuerdo a Mc Neely (op. cit).

Con base en la tabla de alcalinidad propuesta por Nisbet y Verneaux, presentada por Arrignon (1978), se puede deducir de acuerdo a los valores obtenidos, que hay una alcalinidad media en las partes altas (Temixco) correspondiente a zonas superiores en cursos de agua de regiones calizas y de alcalinidad muy intensa por su localización en una zona calcárea y que también corresponde a cursos de agua muy contaminada dándose esto último a partir de Xochtepec hasta la Confluencia Apatlaco-Yautepec.

Tabla de Alcalinidad para determinar el grado de alcalinidad de las aguas superficiales según Niebet y Verneaux, (1970) citados por Arrignon (1979),

Alcalinidad total T = mg/L HCO₃	Grado de alcalinidad
T < 25	Alcalinidad excesivamente débil. Aguas muy poco productivas.
25 < T < 50	Alcalinidad muy poco acusada. Aguas dulces poco productivas.
50 < T < 100	Alcalinidad poco acusada.
100 < T < 150	Alcalinidad media. Aguas muy productivas. Zonas superiores de cursos de agua en regiones calizas.
150 < T < 250	Alcalinidad media. Aguas muy productivas. Zona media a inferior de cursos de agua que recorren regiones calizas
250 < T < 350	Alcalinidad intensa.
T > 350	Alcalinidad muy intensa.

Se puede inferir que el río acumula bicarbonatos y carbonatos en su recorrido, que se manifiesta en las últimas estaciones que presentan valores tendientes al aumento en su segmento terminal. Ya que las aguas se cargan de sustancias orgánicas y sales minerales, en función de los medios que atraviesan, además los elementos finos en suspensión a mayor altura en el interior del agua son transportados a mayor distancia (Arrignon, 1979).

Los valores en general indican condiciones aceptables para la vida acuática, aunque en la parte media y baja del río, denotan una tendencia a la alcalinidad intensa en época de secas, que es una característica de los cursos de agua contaminada.

7.3.5 Dureza Total (mg/L)

Los valores obtenidos para este parámetro fueron muy variables y normalmente se incrementaron por arriba del límite de 150 mg/L establecido por Arrignon (1979) (Tablas 2-5) (fig. 18).

En las estaciones Temixco y Xochtlépec en época de secas (abril, mayo y junio) (Figs. 4-6), sobrepasaron el límite establecido por Arrignon (op. cit.) de muy fuerte a ligera, a medida

que se acercaban las lluvias, mientras que las demás estaciones (Desc. Ing. y Conf. Apat-Yaut.) se determinaron datos que le confieren al agua un valor de muy dura (tabla de dureza según Babbitt, Dolan, Ciesoby 1955 presentada al final de este texto), pero a pesar de que en época de lluvias bajan los valores obtenidos para este parámetro, debido al aumento en el volumen del agua por lluvias, en las dos últimas estaciones siempre se encontraron valores por arriba del límite permisible. Arrignon (op. cit.) anota que las aguas por arriba de 150 mg/L son aguas incrustantes, muy duras (con frecuencia magnésicas) y que corresponden a cursos de agua que pasan por capas salinas y/o son aguas contaminadas.

Tomando en consideración la tabla de dureza y los valores obtenidos, se puede deducir que el agua se considera dentro de un intervalo de ligeramente dura a muy dura, lo que puede deberse a la influencia del sustrato calcáreo, que concuerda con la importancia de la dominancia rocosa del sustrato en el estudio realizado por Kilham (1990) en ríos de África, en el cual menciona que la dominancia del sustrato es el mayor mecanismo natural que controla la dilución de las aguas (otros factores naturales que tienen menor importancia son los procesos de cristalización- evaporación y la precipitación atmosférica).

Aunado a los mecanismos de desequilibrio ecológico que sobre el río ejerce la entrada de desechos domésticos, industriales y de retorno agrícola a lo largo de su recorrido, de esta manera los valores de dureza registrados pueden limitar su uso de acuerdo a lo manifestado en trabajos antecedentes y a los valores obtenidos en este estudio.

Tabla de Dureza

Proporcionada por Babbitt, Dolan y Ciesoby (1955), para determinar el grado de dureza de las aguas superficiales:

Dureza mg/L	Grados de dureza
0 - 65	Blanda
66 - 100	Ligeramente dura
101 - 200	Moderadamente dura
201 - 300	Muy dura

7.3.6 Conductividad Eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$)

De acuerdo a los datos antecedentes se calculó el valor considerado como "natural".

Secos Media = 957 $\mu\text{mhos/cm}$. Lluvias Media = 644 $\mu\text{mhos/cm}$.

En cuanto a los datos medios obtenidos en este estudio (Tabla 2-5).

Secos Media = 1444 $\mu\text{mhos/cm}$. Lluvias Media = 592 $\mu\text{mhos/cm}$.

En época de secas (abril, mayo y junio), el valor medio de conductividad eléctrica se incrementa notablemente en relación al valor medio considerado como "valor natural". Babbitt *et al.* (1955), anota que los valores entre 150 y 500 $\mu\text{mhos/cm}$. a 25 °C en general en las aguas interiores, soportan una buena fauna de peces.

Aunque no anota intervalos o límites de tolerancia para macroinvertebrados, se puede considerar como un agua insegura para su uso ya que en el mes de abril (Fig. 4), todas las estaciones presentaron valores por arriba de 500 $\mu\text{mhos/cm}$. sin embargo, en las primeras estaciones (Temixco y Xochitepec) en los siguientes meses de muestreo, presentaron condiciones aceptables, a diferencia de las dos últimas estaciones (Desc. Ing. y Conf. Apat-Yaut.), donde en todo el muestreo se registraron valores por arriba del límite de 500 $\mu\text{mhos/cm}$. (fig. 18). Los valores tienen particularmente una tendencia al incremento hacia la parte baja del río, por lo que se puede inferir que el río acumula gran cantidad de iones a lo largo de su recorrido que se manifiesta en las últimas estaciones. De esta manera se puede considerar como un agua insegura para su uso, principalmente la que corresponde a la parte baja del río. Esto probablemente debido al aporte del ingenio "Emiliano Zapata" de Zacatepec, desechos domésticos, industriales y de retorno agrícola que recibe a lo largo de su recorrido, aunado probablemente a las condiciones del suelo, ya que normalmente los valores mayores de conductividad coinciden con un incremento en sólidos totales y en las arcillas y limos, los que tienen la propiedad de retener una mayor cantidad de iones según Margalef, (1983). Asimismo, hay un aumento notable en los valores de conductividad en el río respecto a la cercanía de las poblaciones por donde pasa como Joluita de Juárez, lo que hace patente el desequilibrio ecológico producto de los núcleos de población de esta zona.

7.3.7 Materia Orgánica (%)

El porcentaje de materia orgánica en sedimentos es variable en su comportamiento en todas las estaciones del Río Apatlaco (Tablas 2-5), ya que los desechos domésticos contienen una gran cantidad de materia orgánica proveniente principalmente de la zona urbana de Cuernavaca, que impacta los diversos cuerpos de agua de esta área (García 1991). En el presente estudio se obtienen los mayores porcentajes de materia orgánica en el mes de junio para las estaciones de Temixco y Conf. Apat-Yaut. (Fig. 6), en cambio para la estación Xochitepec fue en el mes de mayo (Fig. 5). En la estación Desc. Ing. se detectó el mayor % de materia orgánica del Río Apatlaco con un valor elevado de 35.39% en abril y de 12.60% en mayo, lo que coincide con la época de mayor estiaje en que aumenta la deposición de las partículas biogénicas de origen autóctono y/o alóctono en los sedimentos, encontrándose valores críticos de oxígeno, lo que explica el incremento en el % de materia orgánica en esta estación (Figs.4-5), ya que según Margalef, (1983) la rapidez de descomposición de la fracción de material orgánico en el sedimento dependen principalmente de la disponibilidad de oxígeno que influye en los valores de materia orgánica, aunque estrictamente se puede decir que estos valores están dentro de la concentración normalmente encontrada en los sedimentos. Margalef *op.cit.* anota que lo mismo que en el suelo, en el sedimento se encuentran materiales orgánicos en estado progresivo de descomposición y una fracción considerable

de éste ordinariamente se encuentra entre 10 y 30 % y contenidos de agua entre 20 y 80 %. Los valores que menciona Wetzel (1981), en sedimentos lodosos tienen contenidos de cero hasta 50% de materia orgánica en peso.

Asimismo, el contenido de materia orgánica en sedimentos parece tener una relación directa con la cantidad de arcilla y limo que se detectó en época de secas. La materia orgánica tiene una evolución característica, pues pasa de un material consumible proporcionador de elementos químicos o de energía, a ser un material de soporte esquelético, facilitador o informacional, a cuyas propiedades se suman las de quelador. De esta forma se solubilizan ciertos elementos y se regula la concentración de iones libres en el agua y la tendencia a asociarse con los minerales de la arcilla, como en los suelos (Margalef 1983 y 1989).

7.3.8 Sólidos Totales (mg/L)

Se obtuvieron solamente para el Río Apatlaco (Tablas 2-5), y se puede deducir, de acuerdo a su variación en las figuras (4-9), que mantuvo una relación bastante paralela al comportamiento de los valores de conductividad eléctrica, coincidiendo los valores altos en la estación Desc. Ing. y los mínimos en Xochitepec (en Temixco no se obtuvo este parámetro), lo que refuerza que hay estrada fuerte de desechos a la altura de Desc. Ing. y rebasando su límite recomendando SARH, (1975;1983), de no más de 1000 mg/L en mayo y para la Conf. Apat- Yaut. en abril y mayo.

En correspondencia directa con los sólidos disueltos se obtiene incremento más allá del límite permisible (SEDUE, 1986) de no más de 2000 mg/L en mayo en la estación Desc. Ing.

Los sólidos en general denotaron los meses en que se hicieron críticas las descargas intermitentes que llegaron al río, ya que Ballinger y McKee (1971) reportan que una gran cantidad de sólidos suspendidos (SS) generalmente ocurren río abajo de los puntos de descarga de plantas de tratamiento e industriales, las cuales pudieron afectar a las comunidades acuáticas de varias maneras.

Según Arrignon (1970), la materia en suspensión afecta, a la vida acuática, en forma benéfica ocultando a los peces jóvenes a la vista de sus predadores naturales o más frecuentemente en forma perjudicial, cegando los frezaderos y vegetales y asfixiando los organismos (Alabaster, 1960). En los peces, los efectos que producen los sólidos suspendidos son reducción en la tasa de crecimiento, disminución en la resistencia a enfermedades, modificación de los movimientos naturales y migratorios, así como, estrés osmótico según National Academic of Sciences (N.A.S.) y National Academic of Ingenering (N.A.E.), comentados por Lerdo de Tejada, (1989).

En cuanto a los macroinvertebrados, estos pueden verse afectados y ser eliminados en una forma indirecta. Según Hawkes (1970), nota que los sólidos suspendidos, la turbiedad y el

color reducen la penetración de la luz suprimiendo la productividad primaria, afectando a los macroinvertebrados bentónicos, los cuales dependen directa o indirectamente de plantas para alimentarse. Las poblaciones de macroinvertebrados son de esa manera suprimidos o regularmente eliminados.

También y quizá el mayor efecto de los sólidos suspendidos sobre las comunidades bentónicas es cuando cubren el sustrato y los escondites de los invertebrados, reduciendo el crecimiento de los organismos que componen la alimentación de los peces (Hawkes, *op.cit*; Alabaster, 1980).

7.3.9 Velocidad de Corriente (m/seg)

La determinación de la velocidad de corriente en todas las estaciones del Río Apatlaco no fue posible tomarla con regularidad e incluso en algunas no se tomó en ninguno de los meses de muestreo (Confluencias Apatlaco-Yautepac-Apatlaco y Tiatenchi), debido a factores como la accesibilidad del punto de muestreo, además de la misma velocidad de la corriente, notándose en los datos tomados (Tablas 2-5), que hubo un incremento general a medida que llegaron las lluvias (julio, agosto y septiembre).

Se observa que en las dos primeras estaciones (Temixco y Xochitepec), se obtienen los mayores valores en el mes de agosto para Temixco con un valor de 0.842 m/s y para la estación de Xochitepec en septiembre con un valor de 0.557 m/s.

La velocidad de corriente es un factor de gran importancia en los ríos constituyendo el principal factor limitativo de los rabiones, ya que puede controlar la presencia y abundancia de las especies y por lo tanto la estructura y abundancia de las comunidades bentónicas, ya que tiene influencia sobre el tipo de sustrato del río en el que habitan y la deposición de las sales (Hynes, 1970; Castrejón y Porras, 1981).

Aunque es muy compleja su cuantificación sobre la diversidad se puede mencionar que el sustrato juega un papel muy importante en la colonización del bentos, lo cual fue comprobado por Peckarsky (1979), quien hace alusión a que la naturaleza del sustrato habitable, es inicialmente responsable para atraer tamaños particulares y reuniones de especies, reflejando las densidades encontradas por una habilidad de los macroinvertebrados bentónicos para detectar uno a otro su presencia y poder colonizar habitats disponibles.

Se puede afirmar que fue uno de los parámetros que influyeron negativamente impidiendo el establecimiento de muchos organismos de la comunidad bentónica en algunas estaciones (como fue el caso de Conf. Apat-Yaut.), donde el fondo es blando y presentó movimiento constante y según (Hynes, *op.cit*; Castrejón y Porras, *op.cit*), mencionan que esto suele limitar a los organismos benthicos más pequeños y a las formas que se entierran en el sustrato, pero que en aguas más profundas y de movimientos lentos es más favorable para el necton y el plancton. Asimismo Dudley (1978), anota que los invertebrados bentónicos

tienen preferencia para diferentes partículas del sustrato en aguas, corrientes y en el sustrato arenoso algunos organismos bentónicos disminuyeron en su densidad o desaparecieron, mientras que se observó mayor diversidad en el sustrato de grava de mayor tamaño.

La velocidad de la corriente también depende de la configuración del fondo y la anchura y profundidad del sustrato. Según Berg, citado por Decamps (1971), se distinguen las siguientes velocidades:

- Muy lentas, inferiores a 0.10 m/seg.
- Lentas, de 0.10 a 0.25 m/seg.
- Medias, de 0.25 a 0.50 m/seg.
- Rápidas de 0.50 a 1.00 m/seg.
- Muy rápidas, superiores a 1.00 m/seg.

Con base en esta tabla se puede clasificar a la corriente del Río Apatiteco como agua media a rápidas. El sustrato del río que se puede considerar desde lecho de gravas (> de 0.30 m/s) hasta lechos de rocas (> de 1.21 m/s) según lo establecido por Butcher en Hynes (1974) citado por Huerto (1988).

7.4 Diversidad biológica y calidad del agua

A continuación se discute la calidad del agua determinada en el Río Apatlaco, con base en los resultados obtenidos mediante el Índice Secuencial de Comparación presentados en la (Tabla 6) para los diferentes meses de muestreo.

Tabla 6. ISC obtenido en el análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos sobre el Río Apatlaco, Edo. de Morelos.

Estación	Temixco (Km. 0)	Xochitepec (Km. 10)	Desc. Ing. (Km. 30)	Conf. Apat-Yaut (Km. 32)
Abril	11.40	2.17	2.60	2.61
Mayo	5.54	2.62	6.20	1.17
Junio	7.66	4.60	0.60	7.28
Julio	4.61	2.66	14	10.78
Agosto	11.28	4.43	12.78	10.09
Septiembre	7.5	5.12	13	11.68
Promedio	7.99	3.60	6.56	7.30
Desv. Est.	2.83	1.14	5.22	4.01

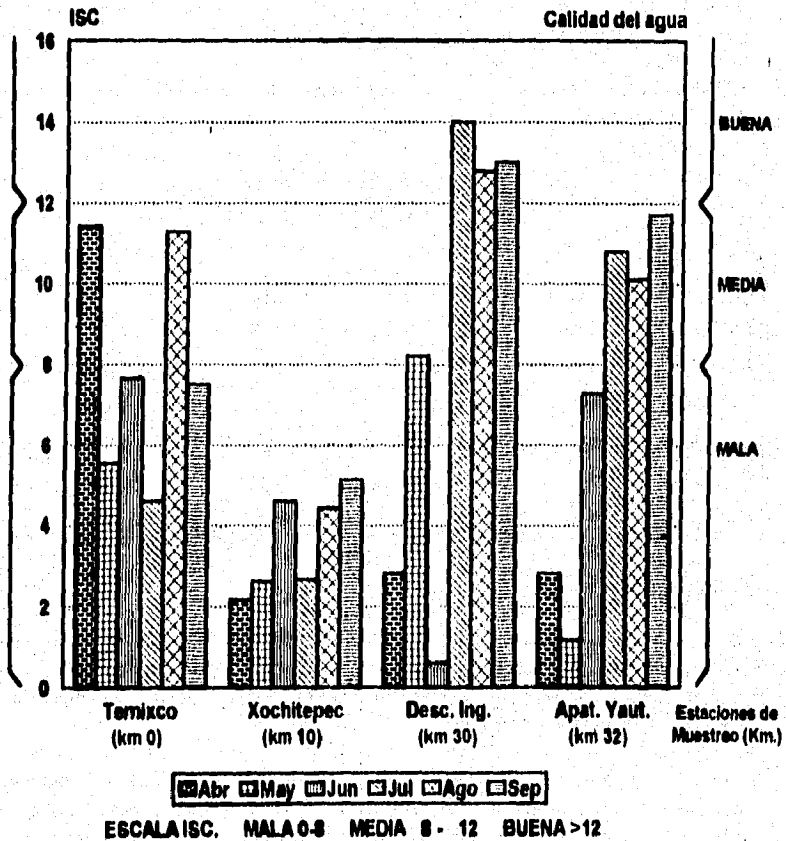
7.4.1 Río Apatlaco

Temixco (Km. 0): en esta estación se presentaron variaciones de los valores de diversidad del ISC de agua contaminada y media contaminada (Tabla 6), obteniendo el mayor valor en el mes de abril (11.40) (Fig. 10) y el menor en julio (4.61), presentando una tendencia a la recuperación hacia el mes de agosto.

Se obtuvo un promedio de 7.99 (Fig. 10), que le da características de agua contaminada y reforzado esto por la variabilidad en la estructura de la comunidad y los géneros presentes a lo largo del muestreo (Fig. 10, Tabla 13). Los organismos dominantes pertenecieron a las Familias Chironomidae, Psychodidae (*Psychoda*), además de Glossiphonidae y Oligochaeta, característicos de aguas contaminadas. Es notable la presencia de individuos pertenecientes a la Familia Beatiidae (*Beatia*) en casi todos los meses, los cuales se consideran no tolerantes a la contaminación, aunque sus poblaciones son poco abundantes (Tabla 13).

Xochitepec (Km. 10): para esta estación se presentaron en todos los meses los valores mínimos en los índices de diversidad (Tabla 6). Todos los resultados mostraron características de aguas contaminadas, con un promedio de 3.6 (Fig. 10).

Fig. 10



Variación estacional de la calidad del agua en base al ISC, para el Río Apatleco.

El grupo predominante en los seis meses fue el de la Familia Chironomidae (Tabla 13), soportando o siendo parte constituyente en zona de florecimientos (blooms) algales en época de secas en que se presentaron en esta estación los florecimientos. Se detectó la presencia de organismos del Orden Trichoptera en el mes de junio a pesar de las condiciones fisicoquímicas existentes, no obstante en consideración de que los demás ambientes en que se colectaron son más saludables, es más probable que las condiciones del medio sean puntuales, ya que se consideran como indicadores de aguas limpias (Tabla 13).

Descarga Ingenio (Km. 30): en esta estación se presentaron las mayores variaciones en la diversidad (Tabla 6), con valores que van de 0.60 en junio (Fig 10), hasta 14 en julio, lo que indica una gran recuperación en la diversidad de las comunidades y su efectividad en la adaptación ante los cambios favorables, como el aumento en la velocidad de la corriente del río y avenidas que se presentan en época de lluvias, ya que dichos fenómenos actúan como limpiadores de la basura o diluyentes de la carga contaminante (Wallace, 1990), permitiendo una mayor recolonización de las aguas.

En general se presentaron condiciones de contaminación en abril (2.80) (Fig. 10), y junio (0.60), con *Oligochaeta* y *Chironomidae* como organismos predominantes.

Contaminación media con 8.20 en mayo (Fig.10), pero cabe hacer notar que a partir de abril se comienza a establecer una diversidad de organismos tolerantes a malas condiciones y que durante mayo hay un establecimiento exclusivamente de este tipo de fauna (Tabla 13). Una especie de equilibrio fragmentado del medio, ya que los fisicoquímicos como temperatura del agua estuvo por arriba de los 30°C límite de seguridad para la fauna bentónica según Hawkes, (1979) y la concentración de oxígeno disuelto presenta condiciones críticas (Fig. 6), lo que afectó a la fauna no tolerante que normalmente son organismos de un metabolismo elevado y son ecológicamente predadores de los organismos considerados como tolerantes según Heckman (1981), comentado por Wallace (1990).

Considerando también lo anotado por Murgel (1984) que propone que la temperatura elevada acelera la destrucción orgánica e incrementa la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Al mismo tiempo, el agua más caliente lleva menos oxígeno, de forma que los animales más activos son pronto afectados y probablemente eliminados. El desarrollo de huevos y larvas puede ser bloqueado o acelerado y la incubación y metamorfosis puede detenerse u ocurrir en un momento inapropiado.

De esta manera se vio favorecida la fauna tolerante que se incrementa debido a la contaminación, con organismos pertenecientes a las Familias Syrphidae (*Eristalis*), Phlebotomidae (*Chironomidae*) y Tipulidae, además de *Oligochaeta*, *Glossiphoniidae* y los *Chironomidae* que son colonizadores oportunistas y responden rápidamente a nuevas condiciones (Armitage y Blackburn 1990).

Lo que se observó en esta estación a lo largo del muestreo nos hace suponer que el ISC tal

vez no detecte la presencia en el ambiente un equilibrio fragmentado, de tal manera es importante la determinación de los organismos y de esta manera caracterizar a la comunidad indicadora de condiciones ambientales.

Posteriormente, en esta misma estación el ISC se recuperó realmente con una comunidad bentónica indicadora de mejores condiciones, ya que a medida que llegan las lluvias y mejoran las condiciones fisicoquímicas, se recolonizó el tramo en estudio. De esta manera, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos aprovechó las mejores condiciones de equilibrio de los fisicoquímicos en la época de lluvias.

En julio (14.0), Agosto (12.78) y Septiembre (13) (Fig. 10), se presentaron condiciones de aguas limpias con miembros de las Familias Chironomidae, Baetidae, Elmidae, Phylidae, Ceratopogonidae y Gomphidae, además de Oligochaeta y otros coleopteros (Hydrophilidae), que indican buenas condiciones del medio (Tabla 13) y una recuperación funcional en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

Confluencia Apalaco-Yautepec (Km. 32): las condiciones en esta estación variaron de aguas contaminadas a medianamente contaminadas (Tabla 8), con índices de 1.17 como mínimo en mayo (Fig. 10), con solo un grupo presente (moluscos), lo que indica un desequilibrio en la comunidad bentónica y de 10.78 como máximo en julio, con las familias Chironomidae, Baetidae, Ceratopogonidae, Simuliidae (*Simulium*), Elmidae (*Hexacyclopsus*) y de los subordenes Zygoptera (*Heteranura*) y Anisoptera (*Eristogomphus*), característicos de aguas medianamente contaminadas e aguas limpias (Tabla 13). Existió una tendencia a la recuperación con las lluvias en los últimos meses de muestreo (Fig. 10).

Es muy probable que una de las mayores limitantes en esta estación para la comunidad bentónica sea también la presencia de un sustrato arenoso de la zona de muestreo, el cual se considera poco adecuado para el establecimiento de la comunidad del benthos, ya que cuando se obtuvo buena diversidad, además de mejoramiento en las condiciones fisicoquímicas, esta se encontró en la poca vegetación ribereña, fuente de alimento y sustrato.

Tabla 7. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Pantitlán (Km. 0)

Parámetros	Unidades	ESTADÍSTICOS								
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalo
Temp. amb. °C		34	28	25	27	34	24	28	4.30	26-31
Temp. agua °C		27	28	25	24	28	24	25	1.60	24-28
pH		7	7.88	8.50	7.77	7.45	8.33	7.31	.99	5.5-8.33
O.D	mg/L	3.50	7	7.80	5.80	5.20	6.70	6.01	1.50	3.5-7.8
Conduct.	µmhos/cm.	2400		1100	1800	2000	1825	543		1100-2400
Alc. Total	mg/L	632		212	400	450	423	172		212-632
Dur. Total	mg/L	430		450	924	1080	710	317		430-1080
Mat. Org.	%	3.41	3.10	1.25	1.83	1.24	2.166			1.24-3.41
Arena	%	97.20	94	98.40	100	98.60	97.84			94.2-100
Aréllis	%	0	0	0	0	0				0-0
Limo	%	2.80	6.0	1.80	0	0.40	2.16	2.4		0-6
Vel. Prom	m/seg	0.276	0.219	0.417	0.293	0.345	0.308	0.300		0.219-0.417
Area Sec.	m ²	4.24	3.77	4.15	3.48	2.98	2.88	3.54		
Q _{total}	m ³ /seg.	1.170	0.826	1.731	1.020	1.021	0.819	1.088		0.819-1.731

**Tabla 8. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación
Puente Ticumán (km. 23)**

Parámetros	Unidades	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	ESTADÍSTICOS		
								Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		39	35	30	30	28	28	31	4.41	28-39
Temp. agua °C		25	25	25	27	29	27	26	1.63	25-29
pH		7	7.40	7.38	8.11	7.33	8.20	7.60	.48	7-8.2
O.D.	mg/L	240	3.10	2.80	6	5.30	5	4.10	1.51	2.4-6.0
Conduct.	µmhos/cm.		1050	700	900	650	750	810	183	650-1050
Alc. Total	mg/L		336	220	176	128	184	208	78	128-336
Dur. Total	mg/L		456	254	376	257	319	332	85.20	254-456
Mat. Org.	%		13.52	19.63	6.02	6.88	3.62	10.67	6.06	3.62-19.63
Arena	%		68.80	63	84.80	92.80	96	81.08	14.59	68.80-96
Arcilla	%		0	17.20	7.20	3.20	0	6.52	7.18	0-17.20
Limo	%		32.20	16.80	6	4	4	13.60	12.24	4-32.20
Vel. Prom.	m/seg.	.18	.24	.43	.34	.48	.33	.12		0.178-0.478
Area Sec.	m ²	.48	.50	.70	5		1.97	.63	.64	0.48-5
Gasto	m ³ /seg.	.09	.12	.30	1.68		.64	.62	88	0.095-1.680

Tabla 9. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación El Rollo (km. 40).

Parámetros	Unidades	ESTADÍSTICOS								
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		30	27	27	29	31	30	29	1.60	27-31
Temp. agua °C		27	24	26	25	27	24	25	1.30	24-27
pH		7	8.10	7.94	8.18	7.95	8.34	7.91	.47	7-8.34
O.D.	mg/L	1.90	8.30	4.40	6.40	6.20	5.20	5.40	2.16	1.9-8.3
Conduct.	µmhos/cm.		1200	800	800	800	800	173		800-1200
Alc. Total	mg/L		308	282	198	188	250	244	61	188-308
Dure. Total	mg/L		450	288	358	380	422	379	62	288-450
Vel. Prom.	m/seg.	.26	.58	.32	.59	.39	.53			
Area Sec.	m ²	.30	4.32		.39	4.85	1.98	3.49		
Gasto	m ³ /seg.	.08	2.48	.13	2.88	.78	1.85	1.35	1.21	0.033-2.88
Mat. Org.	%		11.92	6.77	7.43	49.28	9.66	17.01	18.15	6.77-49.28
Arena	%		91.20	98.40	90.40	68	73.20	84.24	13.2	68-98.40
Arilla	%		8.80	.20	8.40	16	16.80	10.04	6.8	0.2-8.80
Limo	%		0	1.40	1.20	18	6	5.72	7.54	0-18

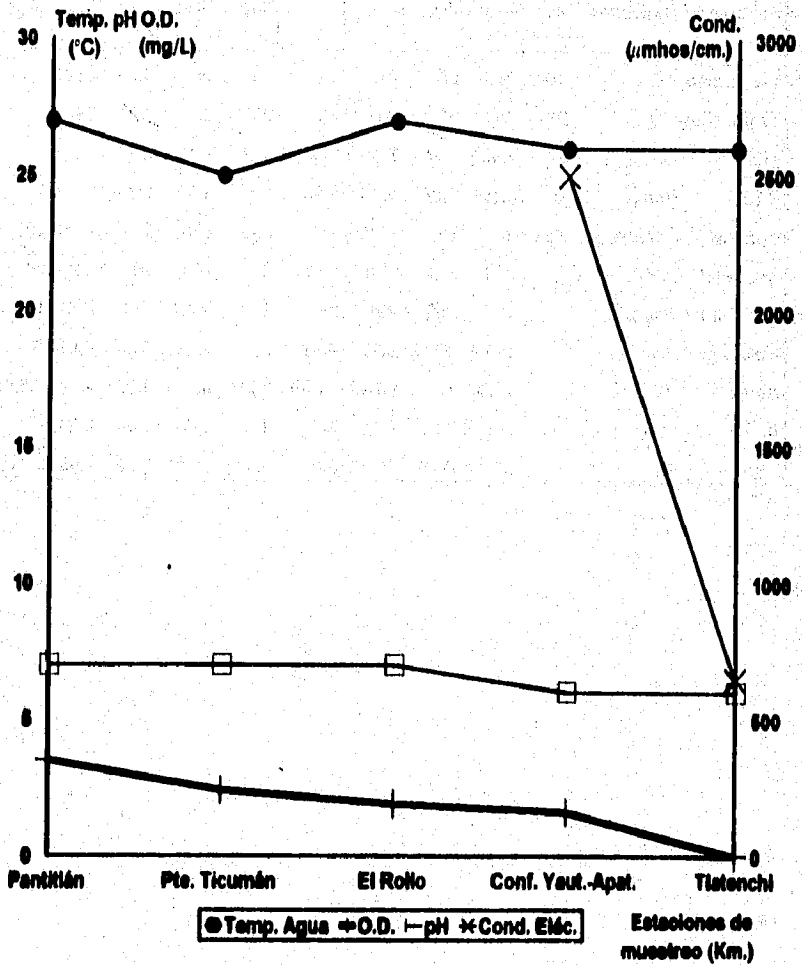
Tabla 10. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Confluencia Yautepac-Apatlaco (km. 43).

Parámetros	Unidades								ESTADÍSTICOS		
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.	Desv. Est.	Intervalos	
Temp. amb. °C		31	26	26	26	27	27	27	1.94	26-31	
Temp. agua °C		26	26	26	23	23	23	24	1.64	23-26	
pH		6	7.77	7.77	7.74	7.50	7.75	7.42	.70	6-7.77	
O.D.	mg/L	1.60	6	4.70	6.10	6.90	5.30	5.10	1.87	1.6-6.9	
Conduct.	µmhos/cm.	2500	1300	1100	900	850	900	1241	643	800-2500	
Alc. Total	mg/L		304	304	178	212	184	236	63	178-304	
Dur. Total	mg/L		460	304	308	400	319	358	69	304-460	
Mat. Org.	%		16.89	6.15	4.47	2.78	5.75	7.20	5.50	2.78-16.89	
Arena	%		66.80	94.40	98.40	100	97.40	91.40	13.80	66.80-100	
Arcilla	%		0	.80	1.20	0	0	.40	.50	0-1.2	
Limo	%		32.20	4.80	.40	0	2.60	8	13.60	0-32.2	

Tabla 11. Resultados de los parámetros físico-químicos de la estación Tlatenchi (km. 45).

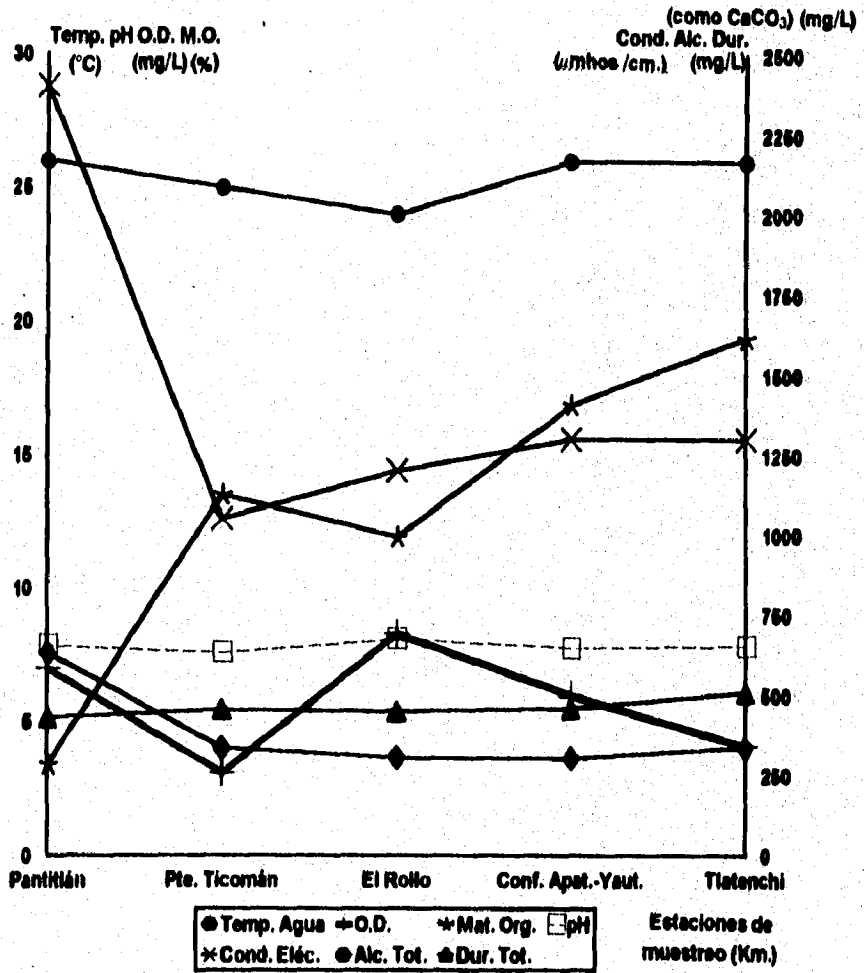
Parámetros	Unidades	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	ESTADÍSTICOS		
								Prom.	Desv. Est.	Intervalos
Temp. amb. °C		30	37	25	27	28	29	29	4.30	25-37
Temp. agua °C		26	26	26	25	24	24	25	.98	24-28
pH		6	7.85	7.75	7.45	7.54	8.10	7.44	.74	6-8.1
O.D.	mg/L	0	4.10	1.90	5.80	6.20	5.10	3.81	2.40	1.9-6.2
Conduct.	µmhos/cm.	650	1300	1200	900	900	900	958	245	650-1300
Alc. Total	mg/L		336	334	220	180	216	299	70	180-336
Dur. Total	mg/L		510	202	431	399	403	383	113	202-510
Mat. Org.	%		19.40	13.63	8.12	4.97	5	10.20	6.20	4.97-19.4
Arena	%		75.20	76	88.40	86.80	83.80	88	9.90	75.20-88.88
Arrolla	%		0	3.20	1.20	.80	2	1.44	1.20	0-3.20
Limo	%		24.80	20.80	10.40	2.40	4.40	12.56	6.90	2.40-24.80

Fig. 11



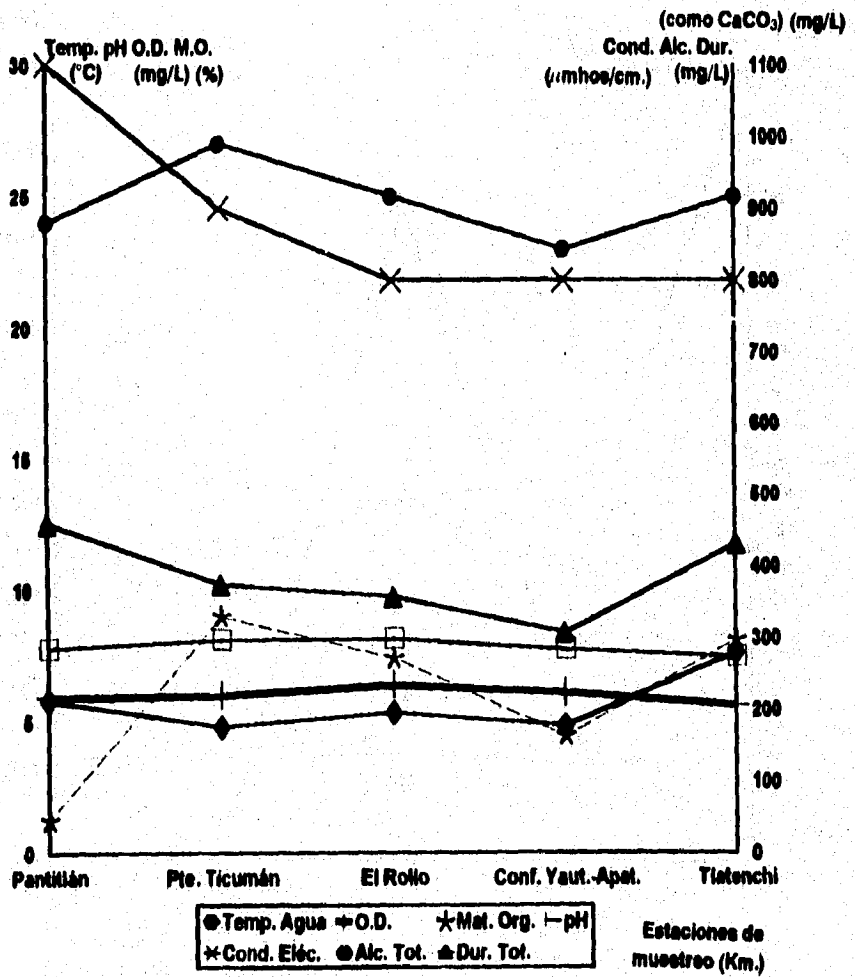
Fisicoquímicos abril Yautepec.

Fig. 12



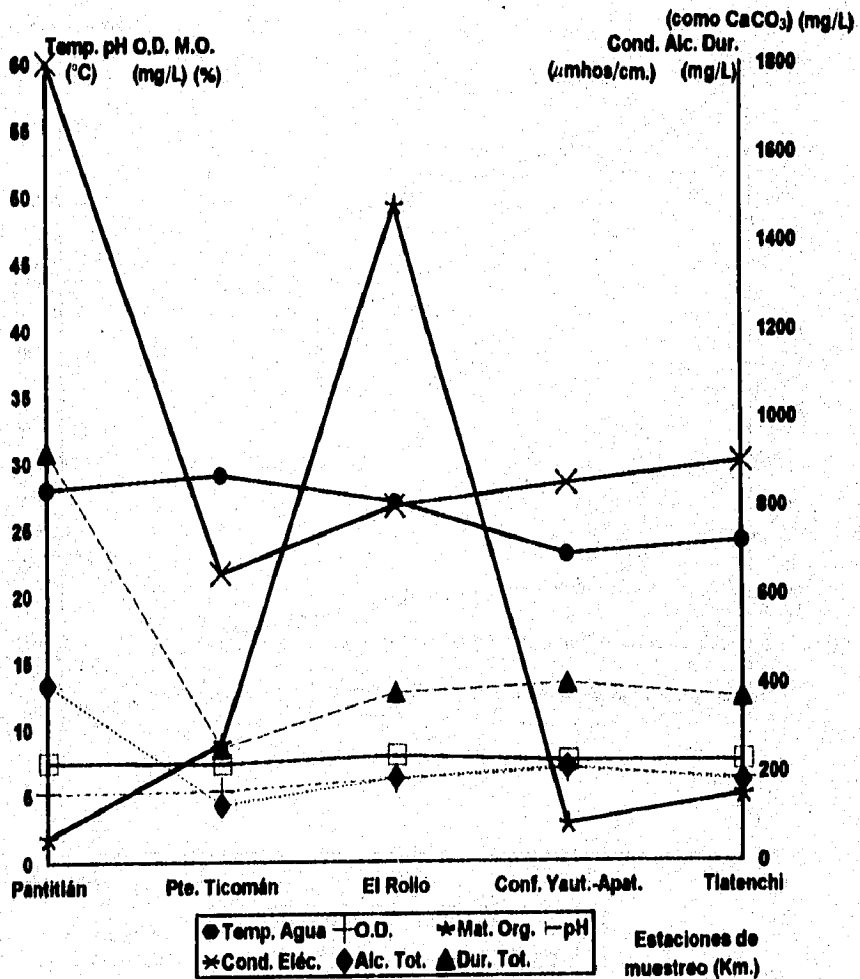
Fisicoquímicos mayo Yautepac.

Fig. 14



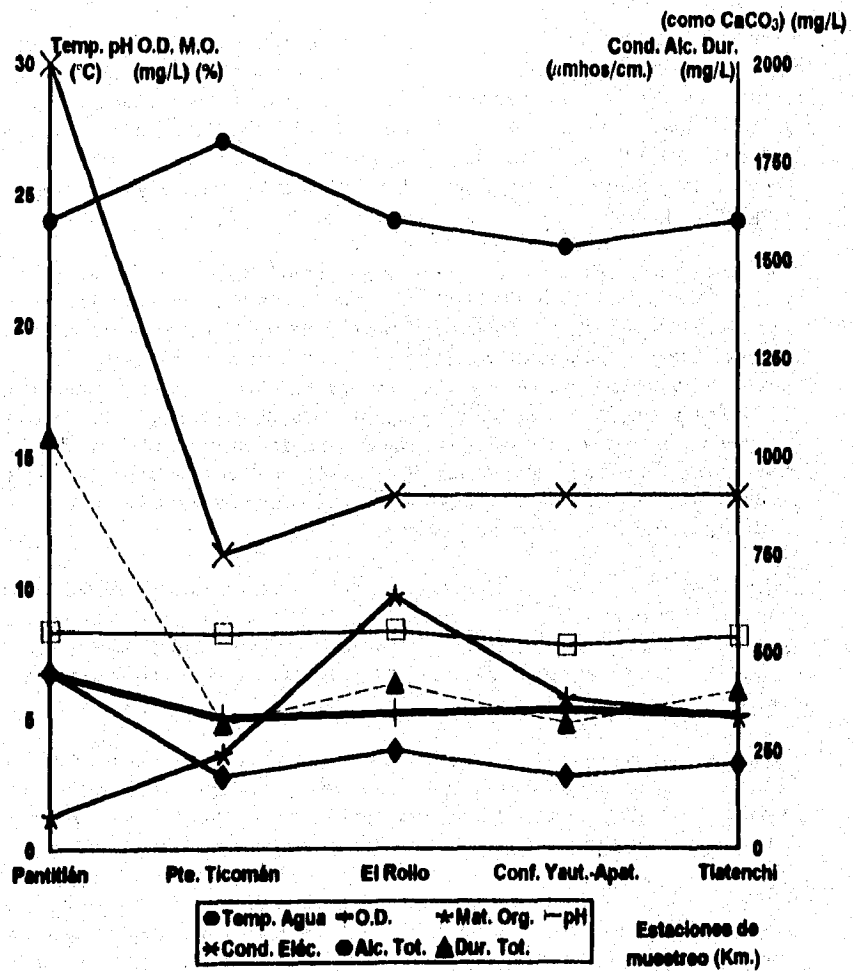
Fisicoquímicos julio Yautepec.

Fig. 15



Fisicoquímicos agosto Yautepac.

Fig. 16



Fisicoquímicos septiembre Yautepc.

7.5 Resultados Fisicoquímicos Río Yautepec

7.5.1 Oxígeno Disuelto (O.D.) (mg/L)

Se obtuvo una diferencia marcada entre época de secas (abril, mayo, junio) y lluvias (julio, agosto, septiembre), desde un punto de vista general para todas las estaciones de este río (Tablas 7-11), ya que en época de secas en el mes de abril, todas las estaciones presentaron valores por debajo del límite recomendado de 5 mg/L por SEDUE (1989), llegando a ser muy crítico en la última estación (Tiatenchi)(Fig. 20). Esto probablemente debido a la entrada de las aguas provenientes del Río Apatlaco, derivaciones canal Apatlaco, y las descargas domésticas y agrícolas.

En el mes de mayo (Fig 12), hay mejoramiento en general de todas las estaciones permaneciendo solo Pte. Ticumán y Tiatenchi con 3.10 y 4.10 mg/L respectivamente por debajo del límite recomendado. En Pte. Ticumán muy probablemente por la demanda de oxígeno de la fauna, ya que se obtuvo aceptable diversidad de organismos, entre ellos algunos que mantienen un metabolismo muy elevado. Se puede mencionar como muy favorable la fisiografía y la pendiente en esta estación, ya que al ser muy estrecho, aumenta la velocidad del agua y el oxígeno se intercambia muy rápido con la atmósfera y de esta manera los organismos se vieron favorecidos. Además Murgel (1984), anota que los ríos poseen caídas de agua y los saltos suelen ser más oxigenados y tienden a depurarse con más rapidez que los de baja velocidad o los ambientes lénticos.

Arrighón (1979), reporta que los movimientos del agua realizan una acción biológica sobre el medio acuático en función de su origen, causa e importancia y Margalef (1983), recalca que la agitación del agua facilita la renovación del líquido que baña a los organismos y fuerza la difusión, lo cual es particularmente importante en relación con el suministro de oxígeno y con la nutrición de los vegetales.

Los movimientos del agua son importantes para asegurar el suministro de oxígeno. Sin embargo, la turbulencia puede provocar la elevación y la mezcla de los sedimentos orgánicos, elevando la demanda de oxígeno lo que tal vez provocó que en algunos meses se registraron valores de O.D. por debajo del límite recomendado en "Puente Ticumán".

En el mes de junio (Fig. 13), se aprecia de nuevo un decremento en los valores de O.D. estando por debajo del límite recomendado en todas las estaciones, excepto para la primera estación (Pantitlán), de tal manera que la época de secas (abril, mayo, junio), presentó condiciones que van de no apropiadas a críticas para el mantenimiento de la fauna acuática a lo largo del río.

Para el mes de julio y los siguientes del muestreo que correspondieron a la época de lluvias (julio, agosto, septiembre), se puede apreciar que mejoraron los valores con respecto al

límite recomendado obteniéndose valores aceptables de O.D. para la fauna acuática.

7.5.2 Temperatura del agua y ambiente "Valor Natural" (°C)

Secas Media = 23.9 °C Lluvias Media = 23.5 °C
Intervalo del Valor Natural
22.0 ---- 25.4

En cuanto a la temperatura media del agua obtenida en este estudio (Tablas 7-11).

Secas Media = 25.73 °C Lluvias Media = 25.13 °C

Como se observa el valor de secas rebasa el valor, natural obtenido. Para determinar la causa de variación, se llevó a cabo una correlación con la temperatura ambiente de igual manera como se realizó para el Río Apatlaco, obteniendo el "valor natural medio" de acuerdo a los datos citados por García (1988).

"Valor Natural (VN) de Temperatura Ambiente:

Secas Media = 26 °C Lluvias Media = 24.4 °C

Valores medios de temperatura ambiental durante este estudio (Tablas 7-11).

Secas Media = 30.8 °C Lluvias Media = 25.5 °C

Puede observarse la misma tendencia que en el Río Apatlaco de las medias de temperatura ambiente en el período de muestreo, las cuales se elevaron más que las medias registradas en años anteriores en la zona, lo que provocó un incremento en los valores de temperatura del agua y que principalmente en época de secas (abril, mayo y junio), estén fuera del intervalo del "valor natural"

De igual manera, se puede atribuir como "natural" el incremento de la temperatura del agua en época de secas en el Río Yautepac durante el muestreo y no debido a alguna descarga térmica; además, los valores encontrados están por debajo de los 30 °C [que se considera como crítico para la comunidad bentónica según Hawkes, (1979)], de modo que no presentó peligro para la protección de la fauna acuática al registrarse valores muy aceptables para la fauna durante el período de muestreo, tanto en época de secas como de lluvias, oscilando entre valores de 24-29 °C, siendo Pte. Ticumán la que normalmente estuvo oscilando en uno o dos grados arriba de las demás estaciones, lo que la convirtió en la estación con mayor temperatura del Río Yautepac.

7.5.3 pH

Secas Media = 7.23

Lluvias Media = 7.26

Intervalos del "Valor Natural"

6.77 --- 7.46

En cuanto al pH medio obtenido en este estudio (Tablas 7-11)

Secas Media = 7.23

Lluvias Media = 7.85

Puede apreciarse que similarmente al Río Apatlaco, en el Yautepac en la época de lluvias (julio, agosto y septiembre), se sale del intervalo de valor natural en 0.39 unidades, lo que puede deberse al poder solvente del agua y un incremento en el lavado del sustrato y de la roca madre, la cuales ricas en carbonatos que influye directamente en el equilibrio carbónico-carbono basificando más el agua (Mc Neely, 1978).

Asimismo, Wetzel (1981), reporta que cuando hay un incremento en la cantidad de agua, hay mayor incremento en la solubilidad del CO₂ que al combinarse con el agua se hidrata convirtiéndose en ácido carbónico y cuya reacción prevalece a un pH inferior a ocho.

Una vez establecido el equilibrio, los iones bicarbonato y carbonato se disocian de la siguiente manera:



Los iones hidróxido (OH⁻) formados en las dos primeras reacciones provocan alcalinidad en las aguas que tienen concentraciones elevadas de carbonatos derivados del agua superficial y subterránea de la cuenca de drenaje (Wetzel op.cit.).

Esto no quiere decir que sea una reacción única, pero al parecer es una de las razones predominantes que hacen que este parámetro se encuentre dentro de los límites permisibles (Tabla 1), manteniéndose en general un equilibrio carbónico-carbono favorable para el desarrollo de la fauna.

Se registró solamente en el mes de junio en la estación Pantitlán un valor de 5.5 (Fig. 13), probablemente debido a la influencia de la zona aladaña que se detectó en uno de sus márgenes (un tiradero de plumas de aves que al descomponerse influye en los valores de este parámetro). En cuanto al valor más elevado, se presentó en el mes de septiembre en la estación El Rollo con 8.34 (Fig. 16).

Siendo estos valores los intervalos de pH registrados en el Río Yautepac con una media de 7.5 (Fig. 20), denotando que los límites recomendados en el Río Yautepac en general tanto en época de secas como de lluvias para este parámetro, son buenos para el desarrollo de la fauna de acuerdo al criterio de Mc Neely (1978) (Tabla 1) (Fig. 20).

7.5.4 Alcalinidad Total (como CaCO_3) (mg/L)

En este río solo se encontro un dato antecedente de alcalinidad obtenido da García (1985), el cual fue considerado como "valor natural" del río y de esta manera tener un punto de comparación para los datos obtenidos en el presente estudio.

"Valor Natural de Alcalinidad Total (como CaCO_3)"

Secas = 291 mg/L.

Lluvias = 285 mg/L.

En cuanto a la alcalinidad media obtenida en este estudio (Tablas 7-11).

Secas = 368.8 mg/L.

Lluvias = 208.95 mg/L.

A través del cálculo, se obtuvo que no hay reducción sino incremento en época de seca (abril, mayo y junio) en los resultados de alcalinidad con respecto al "Valor Natural" con un valor de 126.7% incrementándose en 26.7% del referido "valor natural". Se refleja un mayor aporte en las entradas de los iones que influye en la alcalinidad y/o condiciones más drásticas en este estudio que en el de García *op. cit.*

Se aprecie que se presentó una reducción de 26.7% en el valor obtenido en este estudio, con respecto al "valor natural" en época de lluvias (julio, agosto y septiembre). Sin embargo, ya que los valores obtenidos de alcalinidad en época de lluvias no son menores o iguales a 20 mg/L la reducción no hacia la protección de la vida acuática y al en cuanto a su uso potencial.

Se puede observar que el valor considerado como "natural" esta debajo del obtenido en época de secas y en época de lluvias bajo ligeramente del 25% considerado como permisible.

En lo que se refiere al criterio de Mc Neely (1978) con un intervalo aceptable de 30-500 mg/L. Los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro de este intervalo aceptable, coincidiendo con la época de secas. En general, en esta estación se presentaron los valores más altos de todo el cause debido a las descargas agrícolas que recibe y al aporte del sustrato. Aunado a que en esta estación se encontraron los menores valores de gasto y lo que trae consigo una menor dilución de las sales que repercuten en una alta alcalinidad. Ya que aunque la dilución no pueda alterar la naturaleza química de los contaminantes ejerce una importante acción ecológica: dispersa y reduce la concentración de los compuestos nocivos, reduce la demanda bioquímica de oxígeno y eleva la concentración de oxígeno (Murgel 1984).

7.5.5 Dureza Total (mg/L)

Es común encontrar en los ríos del Estado de Morelos concentraciones altas de alcalinidad y dureza, pero en especial el Río Yautepac tiene los valores más altos como resultado del mayor aporte de las descargas agrícolas que recibe y que arrastran gran cantidad de suelo, aumentando la cantidad de Ca^{++} y Mg^{++} .

En cuanto a la comparación con los valores recomendados para la protección de la vida acuática para dureza total, todas las estaciones (Fig. 20), se encuentran con valores por arriba del límite recomendado por Arrighón (1979) (Tablas 7-11). Y aunque esta zona es calcárea y este río recorre extensas zonas agrícolas, los valores fluctuantes se incrementan de tal manera que denotan un fuerte desequilibrio ecológico por parte de las aguas de retorno agrícola y el sustrato, que según Arrighón (1979), las aguas por arriba de 150 mg/L son aguas incrustantes, muy duras (con frecuencia magnésicas) y que corresponde a cursos de agua que pasan por capas salinas y/o son aguas contaminadas. De tal manera, están limitando el desarrollo de la fauna.

Con relación a la tabla de dureza tomada de Babbitt, Dolan y Cleasby (1955), presentada cuando se analizó este parámetro para el Río Apatlaco, y de acuerdo con los valores obtenidos en éste estudio, a las aguas del Río Yautepac la confieren una calidad de moderadamente dura a muy dura.

7.5.6 Conductividad Eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$)

De acuerdo a los datos antecedentes se calculó el valor considerado como "natural".

Secas Media = 1076 $\mu\text{mhos/cm}$. Lluvias Media = 1006 $\mu\text{mhos/cm}$.

En cuanto a los datos medios obtenidos en este estudio (Tablas 7-11).

Secas Media = 1392 $\mu\text{mhos/cm}$. Lluvias = 990 $\mu\text{mhos/cm}$.

El valor medio se incrementa en época de secas (abril, mayo y junio), aunque para la protección de la vida acuática SEDUE (1989), no menciona intervalo alguno permitido, sólo para riego agrícola, haciendo mención que desviaciones considerables del valor puede hacer inseguro al uso de esta agua. Puesto que uno de los principales usos en la zona es para riego agrícola, ya que esta rodeado de campos agrícolas cercanos y a través de procesos de erosión se aportan grandes cantidades de material orgánico, fertilizantes y plaguicidas, se considera que los valores pueden estar afectando a la biota acuática (Fig. 20)

Babbitt et al (1955), menciona que los valores entre 150 y 500 $\mu\text{mhos/cm}$. a 25 °C en general en aguas interiores, soportan una buena fauna de peces. Aunque no reporta intervalos o

límites de tolerancia para macroinvertebrados, se puede considerar como agua insegura, tomando en cuenta los valores que registra para los peces.

Las estaciones Panthián y Tiatenchi (primera y última) presentan los máximos valores de conductividad. En la estación primera este comportamiento probablemente se debió a que durante los muestreos se noto un basurero en una de las orillas del río con materia orgánica que cae continuamente al cauce y al descomponerse incrementa la concentración de iones, aunada a las aguas de retorno agrícola de los alrededores, que hace que se eleven los valores de este parámetro y además coincidiendo los valores máximos con la época de estiaje, lo cual aumenta la concentración de iones e incrementa de esta manera la conductividad.

A partir de la segunda estación y hacia la última, se nota que aumenta la conductividad, lo cual indica que el río acumula iones de una complejidad diversa. Ya que las aguas se cargan de sustancias orgánicas y sales minerales, en función de los medios que atraviesan, además los elementos finos en suspensión a mayor altura en el interior del agua son transportados a mayor distancia (Arrighón, 1979). En general, las lecturas de conductividad son altas, debido a que durante todo el trayecto se reciben aguas residuales agrícolas que probablemente tienen gran cantidad de sedimento, fertilizantes y plaguicidas, incrementando de esta forma dicho parámetro.

En vista de que es una zona de grandes aportes iónicos que afectan la conductividad, los intervalos se consideran en el límite de seguridad para la protección de la vida acuática. Ya que la mayoría de las especies acuáticas pueden soportar fácilmente variaciones relativas del contenido de sales disueltas, a condición de que la mineralización total no sufra variaciones muy grandes (Arrighón, *op. cit.*). De otra manera, hay que considerar que es potencialmente peligrosa si hay un incremento en las descargas al río. Las sales disueltas en el agua ejercen una presión osmótica sobre los organismos vivos (Arrighón, *op. cit.*). Además, si se desea utilizar esta agua para otros usos se requiere tratamiento previo.

7.5.7 Materia Orgánica (%)

El porcentaje de materia orgánica fue disminuyendo a lo largo de los muestreos con valores aceptables del por ciento de materia orgánica en sedimento e excepción de la estación El Rollo, que en el mes de agosto (Tablas 7-11) (Fig. 15) tiene un porcentaje muy elevado (49.28 %). Este valor posiblemente fue influenciado por una zona cubierta de materia orgánica, constituida en su mayor parte por materiales ricos en lignina como las ramas y las hojas de árboles (Melillo et al. 1984), arbustos y pastos que son parte constituyente de la vegetación ribereña del lugar de muestreo. En general, estos materiales ricos en lignina son frecuentemente ricos en compuestos que inhiben la descomposición como los polifenoles y son pobres en compuestos preferidos por los microorganismos como los carbohidratos y las proteínas solubles (Heal, 1981 citado por Melillo et al. *op. cit.*), ya que no se encontró una

relación directa de afeción a la concentración de oxígeno disuelto registrado, debido a que los valores de O.D. (6.2 mg/L) en este mes, fueron propicios para el desarrollo de la vida acuática.

Este tipo de materiales lignificados incrementa el tiempo de descomposición de la materia orgánica y consecuentemente se concentra en el sedimento (Alcocer, 1988), ya que este valor coincide con los resultados de textura, en donde el porcentaje de limo + arcillas fue de 34%. Según Margalef (1983; 1989), la materia orgánica tiene una evolución característica, pues pasa de un material consumible, proporcionador de elementos químicos o de energía, a ser un material de soporte esquelético, facilitador o informacional, a cuyas propiedades se suman las de quelador. De esta forma se solubilizan ciertos elementos y se regula la concentración de iones libres en el agua y la tendencia a asociarse con los minerales de la arcilla, como en los suelos.

En términos generales, se considera que el Río Yautepac tiene la suficiente capacidad de autodepuración de la carga contaminante de materia orgánica que llega al río.

7.5.6 Velocidad de Corriente (m/seg)

La determinación de la velocidad de corriente en todas las estaciones del Río Yautepac al igual que en el Apatiac no fue posible tomarla con regularidad e incluso en algunas no se tomó en ninguno de los meses de muestreo. Debido a factores como la accesibilidad del punto de muestreo, además de la misma velocidad de la corriente, notándose en los datos tomados que hubo un incremento general a medida que llegaron las lluvias.

El gasto en la estación Pantitlán es muy parecido durante los muestreos a excepción del determinado en junio (Tabla 7), mientras que en las estaciones Pte. Ticumán y el Rollo (Tabla 8 y 9 respectivamente), se caracterizaron por presentar en el mes de abril valores bajos y altos en el mes de julio. A diferencia de la estación Pantitlán estas estaciones no tienen un comportamiento definido. Se observa que en la estación El Rollo se obtienen los mayores valores en el mes de Julio con un valor de 0.590 m/s y de 0.575 m/s en mayo, que sin embargo no se pueda afirmar que fueron los mayores, ya que en agosto no se pudo tomar este parámetro.

La velocidad de la corriente también depende de la configuración del fondo, anchura y profundidad del sustrato. Según Berg, citado por Decamps (1971) y a su vez por Arrighón (1979), se distinguen las siguientes velocidades:

- Muy lentas, inferiores a 0.10 m/seg.
- Lentas, de 0.10 a 0.25 m/seg.
- Medias, de 0.25 a 0.50 m/seg.
- Rápidas, de 0.50 a 1.00 m/seg.
- Muy rápidas, superiores a 1.00 m/seg.

Con base en esta tabla, se puede clasificar a la corriente del Río Yautepec como aguas medias a rápidas. Con sustrato del río que se puede considerar desde lecho de gravas (> de 0.30 m/s) hasta lechos de rocas (> de 1.21 m/s) según lo establecido por (1973) en Hynes (1974) citado por Huerto (1988).

Debido a que la velocidad de corriente es un factor de gran importancia en los ríos, constituyendo el principal factor limitativo de los rabinos, ya que puede controlar la presencia y abundancia de las especies y por lo tanto la estructura y abundancia de las comunidades bentónicas (Castrejón y Porras, 1981; Hynes, 1970), en algunas estaciones se vio favorecido el establecimiento de la comunidad bentónica, como Pta. Ticumán y El Rollo, donde el fondo es rocoso y duro, y pudo ofrecer superficies favorables para adherirse a ellas por diversas especies bentónicas (Hynes, *op. cit.*; Castrejón y Porras, *op. cit.*). Esto concuerda con Dudley (1978), el cual utilizando grava de diferentes tamaños para conocer como influye el sustrato en los organismos bentónicos, obtuvo que en el sustrato de mayor tamaño fue mayor la diversidad que en los sustratos más pequeños de grava o arena.

Además, la naturaleza del fondo es importante ya que como reporta Arrignon (1979), la estabilidad de los fondos esta en estrecha relación con el grosor, forma y naturaleza de los elementos que lo componen. La forma poliédrica de los bloques, la presencia de los vegetales fijadores y la acción de cohesión de las arcillas o lodos coloidales como factores importantes de cohesión de los fondos. Además, las aguas se cargan de sustancias orgánicas y sales minerales en función de los médios que atraviesan y los elementos finos en suspensión a mayor altura en el interior del agua son transportados a mayor distancia (Arrignon, *op. cit.*).

7.6 Diversidad biológica y calidad del agua

A continuación se discute la calidad del agua determinada en el Río Yautepéc, con base en los resultados obtenidos mediante el Índice Secuencial de Comparación presentados en la (Tabla 12) para los diferentes meses de muestreo.

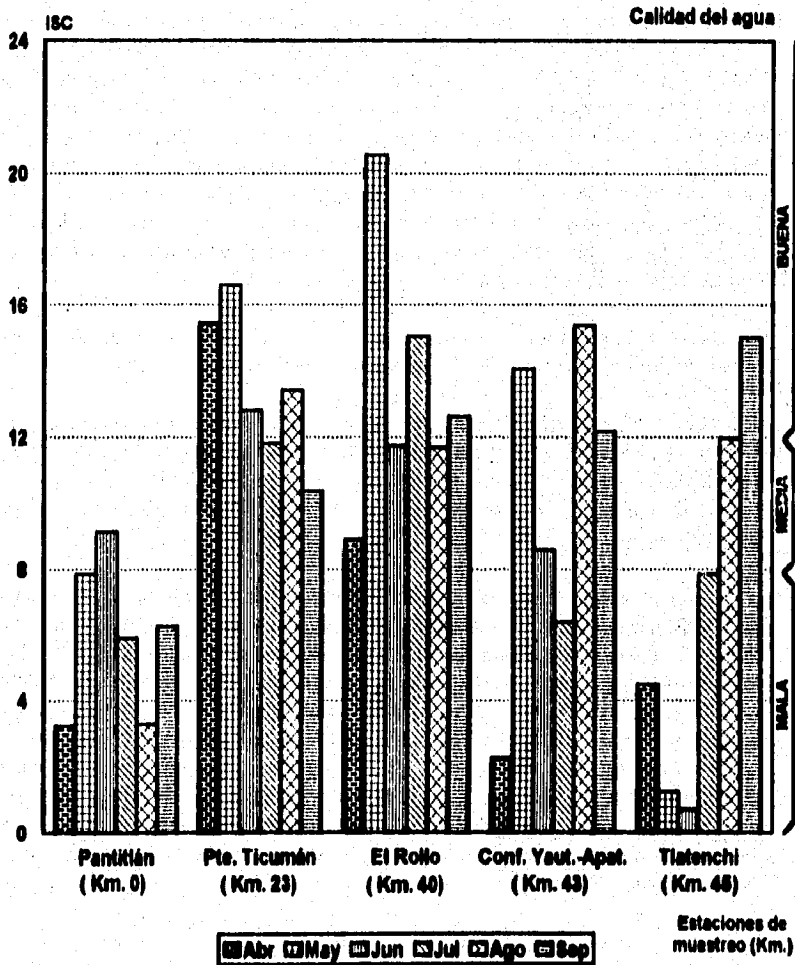
Tabla 12. ISC obtenido en el análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos sobre el Río Yautepéc, Edo. de Morelos.

Estación	Pantitlán (Km. 0)	Pte. Ticomán (Km. 23)	El Rollo (Km. 40)	Conf. Yaut- Apal (Km. 43)	Tietenchi (Km. 45)
Abril	3.22	15.45	8.88	2.25	5.47
Mayo	7.65	16.59	20.54	14.05	1.22
Junio	9.12	12.60	11.73	8.58	0.69
Julio	6.90	11.81	15.05	6.37	7.84
Agosto	3.29	13.40	11.67	15.37	11.96
Septiembre	6.24	10.35	12.60	12.16	15.00
Promedio	5.93	13.40	13.41	9.79	7.03
Desv. Est.	2.17	2.10	3.66	4.56	5.24

7.6.1 Río Yautepéc:

Pantitlán (Km. 0): presentó un promedio de diversidad de 5.93 valor considerado bajo denotando condiciones de aguas contaminadas (Fig. 21) (Tabla 12) a excepción del mes de junio en el que se presenta una mejoría con un índice de 9.12 (Fig. 17) y en donde se presentaron las Familias Physidae, Chironomidae, Elmidae, Planorbidae y Valvatidae, Oligochaeta, Turbellaria e Hirudinea (Glossiphoniidae) (Tabla 14). Esta última familia fue muy representativa en el mes de mayo con un índice de 7.65 (Fig. 17), conteniendo géneros indicadores de aguas contaminadas principalmente por tóxicos (plaguicidas) tomando como base lo establecido por Hart y Fuller (1974) y contaminación moderada por materia orgánica (*Helobdella* y *Haemeteria*) respectivamente, constituyendo un 22.5 % del total de organismos y los Chironomidae un 64.1 % en mayo; sin embargo, se presentó el odonato *Argia*, el cual se relaciona directamente con las concentraciones de oxígeno (7.8 mg/L) considerada como muy aceptable, indicando buenas condiciones del medio. El menor ISC se determinó en abril (3.22) (Fig. 17), con grupos predominantes de Hirudíneos y Moluscos (Tabla 14), los cuales soportan malas condiciones, además de que la diversidad fue pobre.

Fig. 17



ESCALA ISC. MALA 0 - 8 MEDIA 8 - 12 BUENA >12

Variación estacional de la calidad del agua en base al ISC, para el Río Yautepac

Pta. Ticumán (Km. 23): se obtuvo la menor variación en la diversidad de esta estación, resultando en índices elevados con un promedio de 13.4 (Fig. 21)(Tabla 12), teniendo en todos los casos condiciones de aguas limpias, a excepción del mes de julio (Fig. 17), en el que el valor de 11.81 (Tabla 12), es muy cercano a las condiciones aceptables y de condiciones medias en septiembre con un valor de 10.35. Esta estación junto con el Rollo se caracterizaron por presentar la mayor biodiversidad de macroinvertebrados. En Pta. Ticumán (Tabla No. 14) los grupos presentes más importantes fueron Trichoptera (Chimarra, Smicridae e Hidrotilla como géneros más representativos); Ephemeroptera con la familia Beetidae (Beetia y Beetodes), Leptophlebiidae y Tricorythidae (Tricorythodes y Leptohyphes); Eimidae (Microcylopus, Macreimia, Anchytaeus, Hexacylopus y Heteralmia), Corydalidae, (Corydalis), Pyralidae (Paragyralis), Pianorbidae (Gyralus), además del Orden Hemiptera (Naucoridae) y Simuliidae (Simulium) y el Orden Odonata con; los subordenes Zygoptera y Anisoptera representados por Argia y Erpetogomphus, grupos de macroinvertebrados que reflejan en general buenas condiciones del medio.

Cabe anotar que las Familias Eimidae, Chironomidae, Limnidae y Corydalidae siempre estuvieron representadas en todos los meses de muestreo en esta estación.

El Rollo (Km. 40): se encontraron condiciones de aguas medianamente contaminadas en abril, junio y agosto (Fig. 17), con índices de 8.88, 11.73 y 11.67 respectivamente y de agua limpia en mayo, julio y septiembre, (Fig. 17) con índices de 20.54, 15.05 y 12.60 respectivamente con un promedio de 13.41 (Fig. 21)(Tabla 12), que denota características generales de buena calidad.

Los grupos presentes en el mes de abril fueron las Familias Eimidae (Microcylopus, Macreimia, Anchytaeus), Pianorbidae (Gyralus), Phyaidae (Phyaia), Chironomidae, Corydalidae (Corydalis) y odonatos del suborden Anisoptera (Erpetogomphus), en donde los grupos dominantes son característicos de agua medias. En el mes con mayor biodiversidad (mayo) se presentaron el grupo Ephemeroptera (con tres familias Beetidae (Beetia y Beetodes), Leptophlebiidae (Traverella) y Tricorythidae (Leptohyphes y Thicorythodes), las Familias Eimidae, Corydalidae (Corydalis) Pyralidae (Paragyralis), Chironomidae, Simuliidae (Simulium) y tres Familias de Trichoptera con Chimarra, Smicridae, Leptonema, Atopsyche, Hidrotilla y Protopilla como géneros presentes, además del odonato Argia (Tabla 14), de tal manera se puede mencionar que los grupos dominantes son característicos de buenas condiciones.

Eimidae, Corydalidae (Corydalis) y Chironomidae estuvieron representadas durante todo el muestreo, mientras que los géneros Simulium, Beetodes y Smicridae excepto en abril en los demás meses de muestreo se hicieron presentes y Ambryus en septiembre solamente no estuvo representado.

En esta estación se denotó una gran variación en el gasto del río (Tabla 9) debido a la

derivación de aguas agrícolas, lo que se manifiesta en la diversidad de organismos, sin que llegue a ser crítica en época de menor gasto.

Confluencia Yautepac-Apatlaco (Km. 43): se presentó la mayor variación manifestado en el ISC de diversidad (Tabla 12), con valores desde 2.25 en abril (Fig. 17) probablemente debido a la influencia que se tenía en el sitio de muestreo con respecto a la llegada del Río Apatlaco, hasta 15.37 en agosto (Fig. 17) lo cual muy probablemente se debió a la mejoría en la concentración de oxígeno disuelto en el medio y que propició que la fauna macrobentónica respondiera a los cambios físico-químicos, presentándose el orden Ephemeroptera como grupo mejor representado en esta mes (Baetia y Baetodes), además de las Familias Simuliidae, Chironomidae con un 43,5 % de la totalidad en este mes, las Familias Elmidae (*Microstyllopsus*, *Macraelmis*, *Heterelmis*), Corydalidae (*Corydalus*), Physidae y Limnidae además de Trichoptera (*Smerididae*, *Leptonema* y otro no determinado) (Tabla 14), grupos característicos de aguas limpias. Con un promedio de 9.79 (Tabla 12)(Fig. 21), que le confieren condiciones medias a la calidad del agua en esta estación.

Tlatenchi (Km. 45): en términos generales fue la estación más afectada con base en los valores de los índices mensuales obtenidos (Tabla 12)(Fig. 21) a excepción del mes de agosto, en donde se determinaron condiciones de contaminación moderada 11.96 (Fig. 17), presentando una tendencia a la recuperación en septiembre con un valor de 15.00, que indica condiciones de agua limpia principalmente debido a las lluvias y avenidas que se presentaron en esta época y que permitieron una limpieza del río y reoxigenación aceptable. De esta manera, se favoreció la recuperación de la comunidad bentónica, lo que hace patente una gran capacidad en la adaptabilidad y recolonización de los grupos de organismos macroinvertebrados presentes durante estos dos meses.

Sin embargo, en el mes de junio se presentó un índice de 0.69 (Fig. 17), denotándose un desequilibrio ecológico de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que hay predominio de las Familias Chironomidae y Oligochaeta, además de larvas de Psychodidae (*Psychoda*) (Tabla 14), grupos considerados como característicos de contaminación, ya que soportan bajas condiciones de O.D. y que fueron relacionados a la baja concentración de oxígeno disuelto detectado durante este mes.

Debido a la gran variabilidad de diversidad en todos los meses de muestreo denotada por el ISC, en promedio para esta estación se obtuvo un valor de 7.03 (Fig. 21)(Tabla 12), que corresponde a aguas de mala calidad, lo cual fue patente por gran parte de la biodiversidad encontrada.

Se puede anotar que en esta estación se manifestaron las dos épocas de estudio en las que la época de secas se vio abatida en la calidad del agua, reflejado en la comunidad bentónica y en época de lluvias, esta comunidad respondió favorablemente a los cambios positivos de los físico-químicos.

"Lo más notable acerca de la conservación (de los recursos naturales) es que nunca es permanente. Un bosque de valor incalculable o una montaña se verán amenazados en otro frente. El hombre, el más ingenioso de los animales depredadores, algunas veces parece decidido a destruir tesoros de su propio medio ambiente".

Hal Borland, novelista norteamericano y escritor especializado en temas de ciencias naturales.

VIII

8. Condiciones generales en base al ISC

De manera general, las condiciones que se presentaron en cada uno de los ríos en estudio son:

8.1 Río Apallaco

En este río se presentaron las menores diversidades (Tabla 13) y en consecuencia un mayor grado de afectación en cuanto a su calidad y sólo en dos estaciones [Temixco considerado como (Km. 0) y Desc. Ing. (Km. 30)], se alcanzaron en promedio condiciones de aguas medianamente contaminadas, con un valor de 7.99 cercano al límite de la escala de calidad y 8.56 respectivamente en relación al ISC (Fig. 19) (Tabla 8).

A pesar de las descargas orgánicas observadas en estas zonas, le pendiente, fisiografía y velocidad de la corriente permitieron una buena oxigenación del agua, lo cual favoreció a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. En las demás estaciones se abate la calidad del ambiente acuático, siendo el Km. 10 (Xochitepec) el más afectado con un valor de 3.6 a pesar de las concentraciones de oxígeno registradas, que siendo desfavorables no llegaron a ser críticas, lo que hace pensar en una contaminación tóxica (metales y/o plaguicidas).

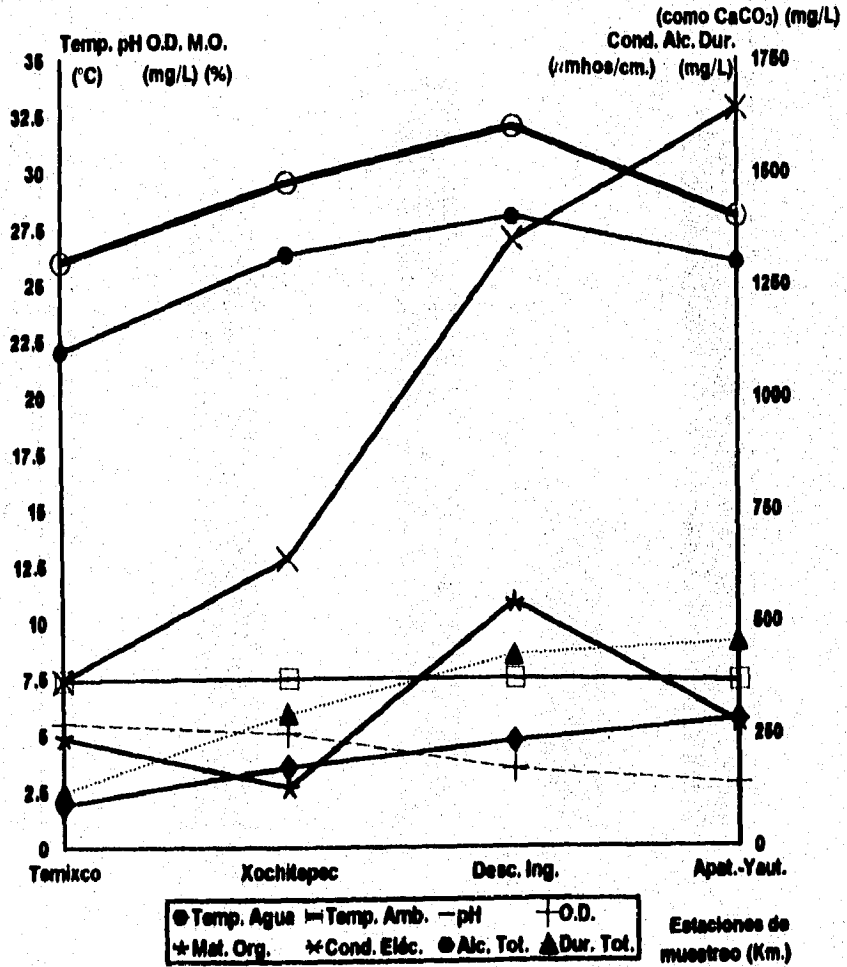
Como resultado de lo anterior, este río resulto ser el más afectado, dando una menor diversidad y Taxa determinados, gran parte de los cuales característicos de mala calidad del agua (Tabla 13).

Se hace necesario realizar un saneamiento de este río mediante un control en las descargas intermitentes y un mejoramiento en la recolección de basura, ya que es evidente que este tipo de contaminantes son los que más lo afectan, sobre todo cerca de los núcleos de población por los que atraviesa, así como, un tratamiento más estricto de los desechos provenientes de Cuernavaca y del ingenio Emiliano Zapata de Zacatepec.

Así también se requiere una reestructuración de la planta de tratamiento de CIVAC o bien construir otra, ya que la actual ha sobrepasado su capacidad de depuración de agua, además de no ser adecuada para tratar los desechos industriales, ya que es una planta de tratamiento de desechos domésticos, debido a que las industrias establecidas hasta 1978 eran de aguas residuales con desechos biodegradables, según Gallina (1978); García (1986) los cuales fueron citados por Vargas (1992). Sin embargo, el afluente de la planta contiene altas concentraciones de sustancias con propiedades tóxicas como amoníaco, fenoles y probable

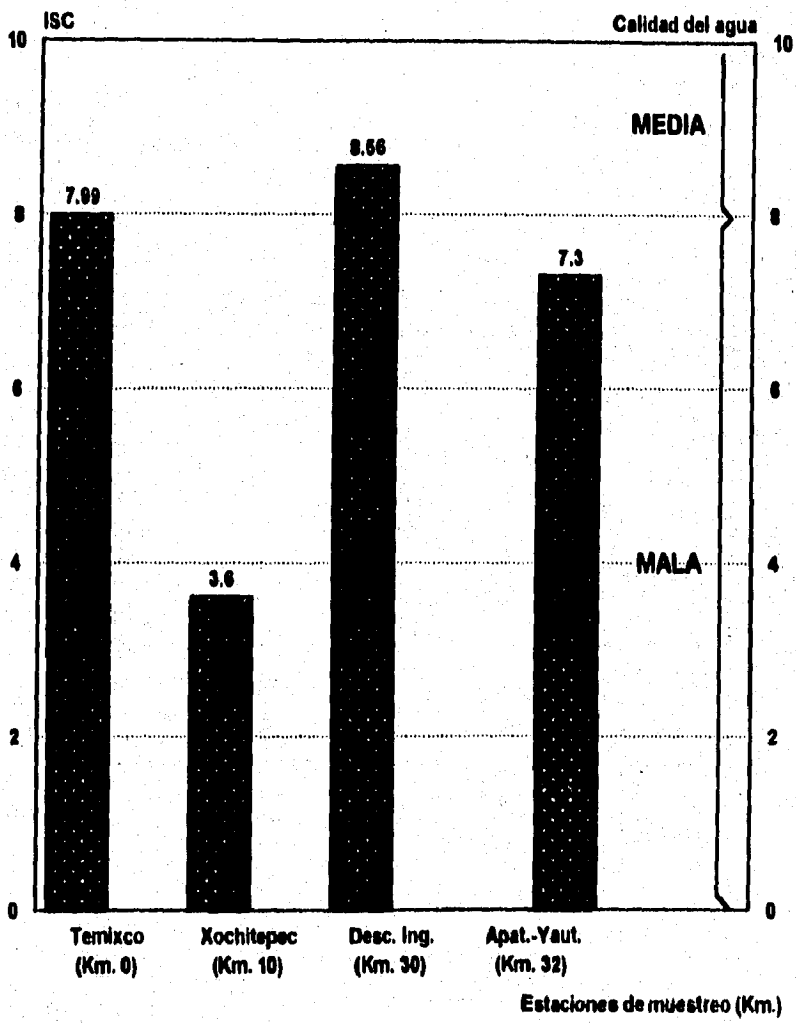
presencia de iones como el Cu y el Fe (Vargas, *op cit*), lo que hace que el Río Apatlaco se vea seriamente afectado y ocurra un desequilibrio ecológico manifestado por los macroinvertebrados bentónicos sobre todo río abajo de la entrada de las aguas provenientes de CIVAC.

Fig. 18



Fisicoquímicos promedio Apatlaco.

Fig. 19



ISC Promedio Apatlaco.

Tabla 13. Listado Taxonómico y presencia y ausencia de organismos por mes en el Río Apatleco, Morelos (1989).

Taxones			Temixco					Xochitepec					Desc. Ing.					Apat-Yaut.								
Orden	Familia	Género	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S
AMPHIPODA	Talitridae	Hyalella				x																				
COLEOPTERA	Elmidae	Microcyloepus																							x	x
		Hexacycloepus																							x	
	Hydrophilidae	Tropisternus																								x
		salsamentus																								x
		mexicanus																							x	
		Género No determinado																							x	
DIPTERA	Ceratopogonidae	Culicoides																							x	
	Chironomidae		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Subfamilias No Tanypodinae	Principalemente Chironominae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Subfamilia Tanypodinae				x			x	x	x	x					x	x	x					x	x	
	Psychodidae	Psychoda	x	x	x	x	x	x			x			x	x						x	x		x		
	Simuliidae	Simulium				x															x	x		x		
	Stratiomyidae	Hemelia				x										x										
	Syrphidae	Eristalis														x										
Tabanidae	Tabanus				x	x																				
Tipulidae																				x	x					
		Dipteros no determinados				x														x	x					
EFEMEROPTERA	Baetidae	Baetis spA y B	x	x		x	x				x	x									x	x		x		
		Baetis A					x																			
		Baetis B	x	x																				x		
		Baetodes																			x	x				
Leptophlebiidae	Leptophlebia																			x						
	Thraulodes																					x				
Tricorythidae	Tricorythodes									x	x									x	x		x			
	Leptohyphes																			x	x		x			

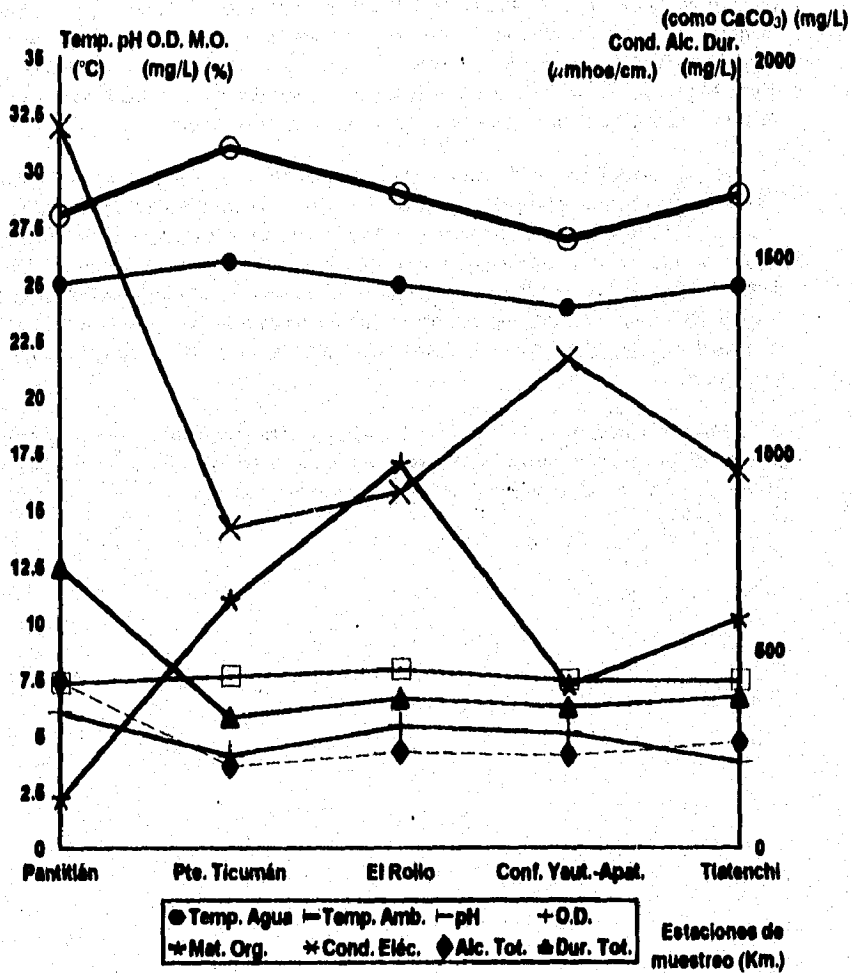
6.2 Río Yautepac

El comportamiento general de este río se aprecia en la (Fig. 21). Se observan dos estaciones de aguas contaminadas con relación al ISC (Pantitlán 5.63 y Tlatenchi 7.03 km. 0 y 45). Esto es, el inicio y al final del tramo estudiado; dos estaciones con buena calidad (Pte. Ticumán 13.4 y El Rollo 13.41 Km. 23 y 40) y una estación con aguas medianamente contaminadas (Conf. Yaut-Apat. 9.79 Km. 43). Por lo anterior, se puede decir que la autodepuración que alcanza en su parte intermedia se ve afectada hacia el final del mismo.

El mayor número de Taxa se presentó en el Km. 23 (Pte Ticumán) y en el Km. 40 (El Rollo) (Tabla 14). Con respecto a los puntos más contaminados, en el Km. 0 (Pantitlán) se observan concentraciones apropiadas de oxígeno disuelto y en general de los parámetros del cuadro ambiental, por lo que la afectación puede ser originada por tóxicos (básicamente plaguicidas dada la localización de la estación que está rodeada de campos agrícolas). Además de que hay organismos que han sido reportados como tolerantes a plaguicidas (como es el caso del hirudíneo Haliobdella stagnalis, según Hart y Fuller, 1974) el cual se presentó durante el muestreo.

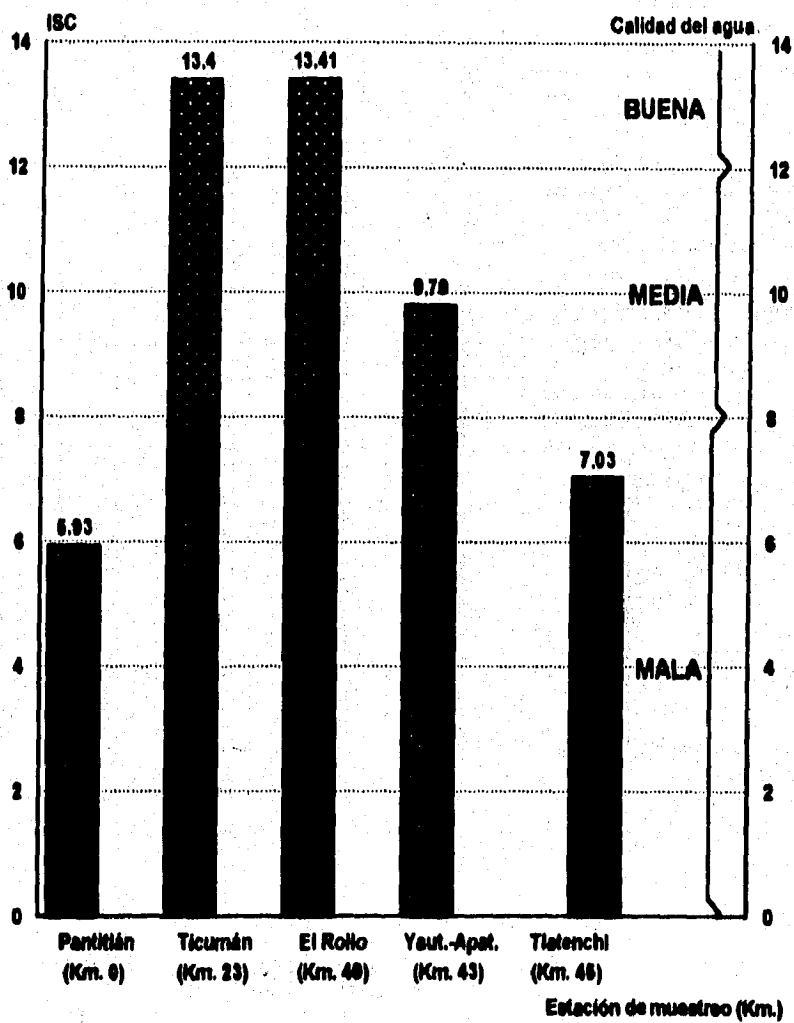
En la estación ubicada en el Km. 45 (Conf. Yaut-Apat.), el Río Yautepac es afectado por la entrada del agua proveniente del Río Apatlaco por su margen derecha, el cual lleva una fuerte carga contaminante, sobre todo en época de estiaje que trae como consecuencia una mayor concentración.

Fig. 20



Fisicoquímicos promedio Yautepec.

Fig. 21.



ISC Promedio Yautepec.

Tabla 14. Listado Taxómico, presencia y ausencia de organismos por mes en el Río Yautepac, Morelos (1989).

Taxones			Panitlán				P. Ticumán				El Rollo				Apat-Yaut.				Tiatenchi													
Orden	Familia	Género	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S
	Elmidae	Microcyloepus	x		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x		
		Macrelmis	x		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x		
		Anchyrtarus							x	x					x																	
		Hexacyloepus							x	x	x	x	x	x																		
	Heterelmis									x	x					x	x															
COLEOPTERA	Hydrophilidae	Tropisternus mexicanus																														
	Paephenidae	Paephenus													x	x	x															
	Género No determinado																				x	x										
Decapoda	Ocypodidae	Euplax			x																x		x									
DIPTERA	Ceratopogonidae	Culicoides					x	x					x	x					x	x					x	x					x	x
	Chironomidae	Subfamilias No Tanypodinae		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Principalmente Chironominae		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Subfamilia Tanypodinae		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Psychodidae	Psychoda					x												x	x					x	x					x	x
	Simuliidae	Simulium		x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Stratiomyidae	Hermetia																	x	x													
	Tabanidae	Tabanus																													x	
	Tipulidae																														x	
	Dipteros no determinados						x		x				x																		x	
EFMEROP-TERA	Baetidae	Baetis spA y B	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Baetis A					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Baetis B					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Baetodes					x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Leptophlebiidae	Leptophlebia																	x	x													
	Thraulodes																	x	x													
	Traverella																	x	x													
Tricorythidae	Tricorytodes																	x	x											x	x	
	Leptophyes																	x	x											x	x	

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



"El crepúsculo ha llegado, las ventanas. Son grandes y solemnes, llenas de resplandor".

S. E. Luria.
EN AUTOBIOGRAFIA DE UN HOMBRE DE CIENCIA.

"Todo parece indicar que el hombre que fue el último en llegar a la tierra, será el primero en abandonarla".

Maurice Maeterlinck, poeta y dramaturgo

IX

9 CONCLUSIONES

- Hay una marcada diferencia entre las dos épocas en que estuvo dividido el monitoreo, en la de esllaje (abril, mayo y junio) se presentaron condiciones de malas a críticas en gran parte de las estaciones, principalmente notándose en el Río Apatlaco el cual fue el más afectado, debido a las actividades del ser humano al utilizarlo como medio de desecho lo cual, ha propiciado que el proceso depurativo del río se haya presentado disminuido.
- En la época de lluvias (Julio, agosto y septiembre), al verse removidos tanto tóxicos como materia orgánica, trae consigo una buena reoxigenación del medio y permite la recolonización de la comunidad bentónica, observándose una capacidad de recuperación buena en esta época.
- La comunidad de macroinvertebrados bentónicos del Río Apatlaco estuvo compuesta por Taxa más característicos de aguas contaminadas como fueron los Chironomidae, Oligochaeta, Gasteropoda, y Glossiphonidae. Solamente en la época de lluvias, al mejorar las condiciones físicoquímicas, la composición de la estructura de la comunidad bentónica hizo que grupos indicadores de mejores condiciones aparecieran como es el caso de los Odonata, Ephemeroptera y algunos Trichoptera, sin llegar a ser abundantes las poblaciones.
- La comunidad de macroinvertebrados bentónicos del Río Yautepec, cuyos taxa componentes más característicos corresponden a 57.01 % del orden Diptera, siendo Chironomidae y Simuliidae las familias más dominantes, los Ephemeroptera con 17.16 % Gasteropoda con un 8.36 %, mientras que los Trichoptera tuvieron un modesto 0.26 %.
- El utilizar indicadores biológicos de contaminación (bentos), sirvió para determinar segmentos en los ríos estudiados. Se puede considerar a Eristalis, Palchoda, Hermetia y Helophila como organismos tolerantes a malas condiciones del medio.
- Particularmente Helophila stagnalis sirvió para determinar la presencia de plaguicidas en el medio, aunque falta determinar su tolerancia en el laboratorio. Por lo tanto, se debe regular la entrada de plaguicidas al medio, ya que hay un uso indiscriminado y esto básicamente es por la falta de una base legal, la cuál ya fue manifestado por García (1991).
- La especie Hermetia illucens característica de letrinas, denota el impacto sufrido por el Río Apatlaco.

- Los organismos de los géneros que pueden considerarse como indicadores de buenas condiciones son Chimarra, Araia, Erpetosomphus, Leptohyphes, Baetodes y los organismos encontrados de la Familia Leptophlebidas principalmente, ya que otros que debido a su poca aparición no se pudo determinar su intervalo de tolerancia, pero pueden ser indicadores de condiciones aceptables como son los organismos Psaphenus, Atopsyche, Nectopsyche e Hidrostilia.

- Se pueden considerar como organismos facultativos o asociados a ligera contaminación a Metaterina, Smicridea, Tricorythodes, Simulium y Corydalus cornutus.

- El género Simulium y la especie Corydalus cornutus se pueden colocar como indicadores de corrientes rápidas.

- Hay una marcada diferencia de calidad entre los dos ríos en estudio. El Río Apatlaco presentó un desequilibrio en el medio debido a la continua entrada de descargas industriales, agrícolas y municipales que llegan a él, siendo el más afectado y resultado de una menor biodiversidad y Taxa determinados, gran parte de los cuales son característicos de mala calidad del agua.

- Se puede afirmar que se notó una recuperación funcional de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la época de lluvias, sin llegar a ser totalmente efectiva por la continua llegada de descargas a los cuerpos de agua. No sucede lo mismo con la recuperación taxonómica, sobre todo en el Apatlaco, en el cual sólo se manifestó como un esbozo en la época de lluvias. Por lo tanto, se considera que la recuperación taxonómica requiere de mayor tiempo y sobre todo un ambiente más sano para restablecerse.

- Con los resultados obtenidos en este estudio y la investigación bibliográfica del Río Apatlaco, hay una coincidencia notable respecto a las zonas contaminadas y que deben ser consideradas como críticas para la fauna y el medio acuático. Estas zonas son las que corresponden a las descargas provenientes de CIVAC y que están afectando río abajo a la altura de Temixco y sobre todo en Xochitepec, y la otra que corresponde a la estación Desc. Ing. la cual presenta un desequilibrio debido a la entrada de desechos que contienen sosa del ingenio Emiliano Zapata y su fábrica de alcohol, lo cual se magnifica debido a la continua entrada de los desechos municipales de Zacatepec y Jojutla de Juárez.

- En cuanto al Río Yautepec, tiene mejores condiciones generales que el Río Apatlaco, aunque es conveniente señalar que está siendo impactado principalmente por tóxicos (plaguicidas) ya que recorre extensas zonas de riego agrícola y hay indicadores de este daño como es el caso del hirudíneo Helicobdella stagnalis.

- En cuanto al comportamiento general de este río, se observaron dos estaciones de aguas contaminadas con relación al IBC (Partitán y Tiatenchi km. 0 y 45). Esto es, al inicio y al final del tramo estudiado; dos estaciones con buena calidad (Pte. Ticumán y El Roño km. 23 y 40),

siendo las estaciones con el mayor número de Taxa y una estación con aguas medianamente contaminadas (Conf. Yaut-Apat. Km. 43). Por lo anterior, se puede decir que la autodepuración que alcanza en su parte intermedia se ve afectada hacia el final del mismo.

- En cuanto al uso del ISC, se puede decir que éste denotó la calidad del agua y que debe ser usado cuando sea requerido en un monitoreo continuo donde se requieren resultados rápidos ya que es de fácil manejo y dado que tiene bases biológicas, es confiable en su uso.

- El ISC al no requerir experiencia taxonómica profunda, permite trabajar con un grado de confiabilidad, aunque mientras más experiencia se tenga en los grupos, se verá reflejado un mayor grado de confiabilidad de los resultados.

- En cuanto a las características físicas y químicas, hay una asociación de relación e influencia en el medio del sustrato de la zona que le confiere a las aguas características de aguas duras e incrustantes, que son denotadas por el exceso de dureza y alcalinidad. Asimismo, hay una tendencia al incremento hacia la parte baja del río en cuanto a los valores de conductividad eléctrica y de sólidos totales, por lo que se puede anotar que el río acumula gran cantidad de iones a lo largo de su recorrido que se manifiesta en las últimas estaciones. De esta manera se puede subrayar que si el agua es requerida para uso industrial y doméstico u otros usos, debe ser considerada como insegura para su utilización, principalmente la que corresponde a la parte baja del río y tendría que ser tratada.

- Biológicamente, si se quiere utilizar el agua para beber o en otros usos, se debe seguir un monitoreo más estricto destinado a eliminar plaguicidas y metales pesados, los cuales pueden magnificarse hacia el ser humano de forma directa o indirecta al ser ingeridos por los organismos. No se recomienda para abastecimiento de agua en las condiciones actuales.



"Podrá el hombre conocer mucho y de diversa índole, pero no puede llamarse civilizado, al que por causa de su ignorancia o negligencia produce un mal a su entorno y no hace nada por remediarlo.

La naturaleza nos ha legado la biodiversidad somos los responsables para hacerla llegar a las futuras generaciones".

Jonathan Porritt.
"Salvemos a la Tierra".

X

10 RECOMENDACIONES

Cuando tenemos la información necesaria podemos tomar las decisiones correctas para un mejor aprovechamiento de los recursos. De acuerdo a los resultados de este estudio al continuar la tendencia actual se perderán 33 y 45 Km. respectivamente de sistema acuático rico en biodiversidad no solamente de macroinvertebrados bentónicos sino también en otros Taxa importantes de la cadena alimentaria. Esta disminución en la biodiversidad, traerá como consecuencia nuevas formas de vida adaptadas a condiciones negativas, dando poco a poco un equilibrio fragmentado de esta biodiversidad, por lo tanto, se hacen las siguientes recomendaciones.

10.1 Generales

- Se recomienda regular el asentamiento de la población humana y de las viviendas ya existentes a lo largo de los ríos. La entrada de registros domésticos o municipales, construyéndose canales o tuberías que recolecten el agua proveniente de los municipios, llevándola hacia plantas de tratamiento para que una vez tratada sea reincorporada a un servicio útil directamente o al mismo río. Esta regulación se recomienda sea practicada en las zonas correspondientes de las afueras de los municipios de Yautepec, Zacatepec y Jojutla de Juárez y que sea una práctica planeada considerando el futuro desarrollo de las poblaciones.
- Se requiere llevar a cabo un saneamiento del Río Apatlaco, por lo tanto se sugiere un mayor control de las descargas intermitentes y un mejoramiento en la recolección de basura, ya que éste tipo de contaminantes son los que más afectan al río, sobre todo cerca de los núcleos de población por los que atraviesa, así como, un tratamiento más estricto de los desechos provenientes de Cuernavaca y del Ingenio Emiliano Zapata de Zacatepec.
- Se recomienda una limpieza de las barrancas, ya que es en éstas donde se lleva a cabo la mayor recarga del manto freático.

10.1.1 Particulares

- Se recomienda una restructuración de la planta de tratamiento de CIVAC, o bien construir otra, ya que la actual ha sobrepasado su capacidad de tratamiento de aguas, además de ser inadecuada para tratar los desechos industriales. Es una planta de tratamiento de desechos domésticos, debido a que las industrias establecidas hasta 1978 eran de aguas residuales con desechos biodegradables, según Gallina (1978); García (1986) los cuales fueron citados por Vargas (1992). Sin embargo y actualmente, el afluente de la planta contiene altas concentraciones de sustancias con propiedades tóxicas como amoníaco, fenoles y probable presencia de iones como el Cu y el Fe (Vargas, *op. cit.*). Esto hace que el Río Apatlaco se vea seriamente afectado y este ocurriendo un desequilibrio ecológico manifestado por los macroinvertebrados bentónicos, sobre todo río abajo de la entrada de las aguas provenientes de CIVAC.

- Se recomienda regular la entrada de físico-químicos del Ingenio azucarero Emiliano Zapata los cuales son desechados al río sin control alguno. Y hacer que se cumplan las condiciones particulares de descarga.

- Se recomienda el control de plaguicidas, a través de sanciones a los distribuidores y capacitación a los campesinos, ya que sólo acciones de éste tipo nos permitirán conservar y mantener útil un bien común, situación que se verá reflejada en la biodiversidad del ambiente acuático y del hombre mismo.

(Dos caminos divergian en un bosque, y yo, yo seguí el camino menos frecuentado, y eso estableció toda la diferencia).

ROBERT FROST, "El camino no frecuentado"

XI

11 LITERATURA CITADA

Alabaster, J.S. y Lloyd, R. (1980). Water quality criteria for freshwater fish. Butterworth & Co. Publisher LTD. London, England. 297 p.

Alcocer, D.J. (1980). Caracterización hidrobiológica de los lagos de Chapultepec, México. Tesis de Maestría de Ciencias del Mar. Orientación de Oceanografía Biológica Pesquera. UNAM. México. 88 p.

American Public Health Association. (1980). Standard methods for the examination of water and waste water. (15th ed.) Washington, D.C.: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1134 p.

American Public Health Association. (1985). Standard methods for the examination of water and waste water. (16th ed.) Washington, D.C.: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1268 p.

Armitage, P.D. y Blackburn, J. H. (1990). Environmental stability and communities of Chironomidae (Diptera) in a regulated river. Regulated Rivers Research & Management. Vol 5:319-328.

Arrighón, J. (1979). Ecología y piscicultura de aguas dulces. Ed. Mundi-Prems. Madrid. España 385 p.

Babbitt, H. E. Dolan, J. J. y Cleasby, J. C. (1955). Water Supply Engineering. Mc Graw-Hill Book Company. Sixth Ed. U.S.A. 608 p.

Bediño, G.J.F. (1988). Evaluación preliminar de la contaminación por metales pesados en el Río Blanco, Veracruz. Tesis de Licenciatura. ENEP-I. UNAM. México. 139 p.

Bellinger, D.P. y Mc Kee, G.D. (1971). Chemical characterization of bottom sediments. Journal Water Pollution Control Federation. 42(2): 316-2226.

Bennett, D.P. y Humphries, D.A. (1985). Ecología de campo. Hermann Blume eds. Madrid. España. 328 p.

Brower, J. E. y Zar, S.H. (1977). Species diversity. En Brower y Zar. (Eds). Field and laboratory methods for general ecology. (138-142 pp). Iowa, USA: Wm C. Brown. Co. Pub.

Cairns, J.; Dickson, K.L. (1971). A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. Journal Water Pollution Control Federation. 5 (43) : 755-772.

Cairns, J.; Dickson, K.L. y Lanza, G. (1973). Rapid biological monitoring systems determining aquatic community structure in receiving systems. En Cairns y Dickson (Eds). Biological methods for the assessment of water quality. (148-163 pp). Philadelphia, U.S.A: American Society for Testing and Materials.

Cairns, J. y Gruber, D. (1980). A comparison of methods and instrumentation of biological early warning systems. Water Resources Bulletin, 16 (2):261-266.

Castroján, L y Porras, D. (1981). Estudio preliminar de los insectos acuáticos del Río Amacuzac (Amacuzac-Huamantla) Morelos, México. En resultados de las investigaciones realizadas en el área de hidrobiología. Cuernavaca Morelos, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 7 p.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS). (1980). Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. Organización Panamericana de la Salud. Programa de Salud Ambiental. Sección 1-B. Lima, Peru.

Cortina, O. A. F. (1973). Algunos aspectos de la contaminación de suelos y aguas en el Valle de Cuernavaca, Mor. México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. UAEM. México. 88 p.

Cruz, R.A. y Burch, J.S. (1967). Clave genérica para la identificación de gasterópodos de agua dulce en México. 1a. edición. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 46 p.

Dudley, W.D. (1978). Substrate size selection by stream invertebrates and the influence of sand. Limnol. Oceanogr., 23(5): 1030-1033.

Edmondson, W.T. (ed.). (1969). Fresh Water Biology. 2a. ed.; John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A. 1189 p.

Gerola, C.J. (1966). Utilización del plancton como herramienta para el conocimiento de la calidad del agua en la cuenca del Alto Amacuzac, Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 91 p.

Gerola, C.J. (1981). Evaluación de la calidad del agua de los Ríos Apulco, Yautepan y Cuernavaca Estado de Morelos, utilizando indicadores biológicos de contaminación. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 136 p.

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), Instituto de Geografía UNAM. México. 80 p.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), Instituto de Geografía. UNAM. México 217 p.

Gaufrin, A.R. (1973). Use of aquatic-invertebrates in the assessment of water quality. En Cairns y Dickson (Eds). Biological methods for the assessment of water quality. (98-116 pp) Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Hart, C.W. y Fuller, S.L. (Eds.). (1974). Pollution ecology of freshwater invertebrates. Academic Press New York. 389 p.

Hawkes, H.A. (1979). Invertebrates as indicators of river water quality. En James, A. y Evison, L. (Eds). Biological indicators of water quality: (1-45 pp). New York. U.S.A.: John Wiley and sons Pub.

Huerto, D.R.I. (1988). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua del Río Cuautla, Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. Mexico. 48 p.

Hynes, H.B. (1970). The ecology of the running waters. University of Toronto Press. Canadá. 555 p.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (1988). Informe final del proyecto: Evaluación del impacto de las Sustancias Tóxicas en el Recurso Hidráulico. Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Calidad del Agua. México. 48 p. Anexo: Tablas y gráficas.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)(1989). Informe final del proyecto: Evaluación del impacto de las Sustancias Tóxicas en el Recurso Hidráulico. Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Calidad del Agua. México. 63 p. Anexo: Tablas y gráficas.

James, A. y Evison, L. (1979). The value of biological indicators in relation to others parameters of water quality. En James, A. y Evison, L. (Eds). Biological indicator of water quality. (1-8 pp). New York, U.S.A.: John Wiley and Sons Pub.

Keefe, T.J. and Bergersen E.P. (1977). A simple diversity index based on the theory of runs. Water Research. 11:689-691.

Keulder, P.C. (1982). Particle size distribution and chemical parameters of the sediment of a shallow turbid impoundment. Hidrobiología. 81:341-353 p.

Kilham, P. (1990). Mechanism controlling the chemical composition of lakes and rivers: Data from Africa. Limnol. Oceanog., 35(1): 80-83.

Knaap, K.A. y Dysart, B.C. (1988). "A technique for better sediment characterization". Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: 10th Volume, ASTM STP 971, W.J. Adams, G.A. Chapman, and W.G. Landis (Eds), (128-137 pp). Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

Lerdo de Tejada, B.A.A. (1989). Evaluación de la toxicidad de la descarga de la tenería morelos por medio de bioensayos estáticos con renovación utilizando a *Oreochromis urolepis hornorum*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 64 p.

López, J.S. (1985). Estudio taxonómico de algunos hirudíneos de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 182 p.

Margalet, R. (1983). Limnología. Ediciones Omega. Barcelona España. 1010 p.

Margalet, R. (1983). Ecología. Ediciones Omega. Barcelona España. 951 p.

Márquez, J.C. (1986). Los organismos bentónicos como indicadores de la calidad del agua de los Ríos Amacuzac y Balsas. Tesis de Licenciatura. ENEP-I. UNAM. México. 73 p.

Mason, C.F. (1984). Biología de la contaminación del agua dulce. Ed. Alhambra, Madrid, España. 289 p.

Mason, Jr. W.T. (1973). An introduction to the identification of chironomid larvae. Analytical Quality Control Environmental protection Agency. Cincinnati, Ohio. U.S.A. 90 p.

Mc Neely, V.P. y Nelmanis, V.P. (1978). Water Interpretive Report, Prince Edward, 1981-1973. Water quality interpretive report No. 1. (resumen en francés). Ottawa, Canada: Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. 139 p.

Mc Neely, V.P.; Nelmanis, U.P. y Dwyer, L. (1979). Water Quality source book. A guide to water quality parameters. Ottawa, Canada: Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. 89 p.

Meillo, J. M.; Naiman R.J.; Aber, J.D y Linkins, A.E. (1984). Factors controlling mass loss and nitrogen dynamics of plant litter decaying in northern streams. Bulletin of Marine Science, 35(3): 341-358.

Merrit, R.W. y Cummins, D.W. (Eds.) (1983). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa. 722 p.

Morelos, G.J. (1985). Caracterización fisicoquímica y biológica del sistema del Río Amacuzac al suroeste del Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. ENEP-I. México. 57 p.

Mundo, O.M.T. (1985). Impacto ambiental en el ecosistema del Río Apatiaco. Tramo Zacatepec-Jojutla, Morelos, México. Ciclo 83-84. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 55 p.

Murgel, B.S. (1984). Limnología Sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. Serie de Biología monografía No. 28. 120 p.

Ortiz, H.M. (1986). Manual de técnicas y procedimientos para análisis físicos y químicos de aguas. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas, UAEM. Cuernavaca, Morelos. 203 p.

Paine, G.H. jr. y Gauvin, A.R. (1956). Aquatic diptera as indicators of pollution in a midwestern stream. The Ohio Journal of Science. 56 (5):291.

Parrieh, F.K. (Ed.) (1975). Keys to the water quality indicative organisms of the southeastern United States. Us Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring and Support Laboratory. Biological Methods Branch. Aquatic Biology Section. Cincinnati, Ohio. U.S.A. 195 p.

Peckarakl, B.L. (1979). Biological interactions as determinants of distributions of benthic invertebrates within the substrata of stony streams. Limnol. Oceanogr., 24(1): 59-68.

Pennak, R.W. (1978). Fresh-Water Invertebrates of the United States. 2a. ed. John Wiley & Sons, New York U.S.A. 803 p.

Pereoons, G. y De Pauw, N. (1978). Systems of biological indicators of water quality assesment. En: Biological aspects of freshwater pollution. (O. Ravera Ed.). (39-75 pp). Comision of the European Communities. Pergamon Press. Great Britain.

Peterson, A. (1960). Larvae of insects. An introduction to Nearctic Species. Ohio State University. 417 p.

Reeh, V. H y Unzicker, J.D. (1975). Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of identification. Journal Water Pollution Control Federation. 47 (1):9-19.

Ringuelet, R.A. Clave para el reconocimiento de los hirudíneos de México. An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. de Méx. 52(1981), Ser. Zool (1) :89-97, 22-XII-1982.

Rothman, H. (1980). La barbarie ecológica. Estudio sobre la polución de la sociedad industrial. Editorial Fortamara. Colección Ensayo Contemporáneo Barcelona, España. 367 p.

Saavedra, S.J. (1982). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 45 p.

Sánchez, S.R. y Espinoza, R.J.M. (1988). El uso del agua en Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Prospectiva. Cuernavaca, Morelos. México. 239 p.

Santiago, F.S. y Vazquez N.L. (1990). Clave para identificar las familias acuáticas y semiacuáticas del Orden Coleoptera del Estado de Morelos, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México, Ser. Zool., 61(1): 133-138, 15-XI.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1975). Legislación relativa al agua y su contaminación. Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. México, 143 p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1980) (a). Bioacumulación de metales pesados y plaguicidas en especies acuáticas de importancia económica. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. INGGO S.C. México D.F. 284 p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1980) (b). Clasificación de la Cuenca del Río Amacuzac, Río Apatlaco, Yautepec y Cuavilla. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. Subdirección de Normas y Vigilancia. México 106 p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1981). Manual del curso sobre impacto ambiental. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. México D.F. V. I. II. 380 p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1982) Manual de técnicas de muestreo de aguas y determinaciones en el campo. (4a. ed.). Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México D.F. 75 p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1983). Manual del curso: Estudios de calidad del agua. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México. 51 p.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológico. (1986). Reglamento para prevención y control de la contaminación de aguas. Subsecretaría de Ecología. Serie: Normatividad Ecológica. No. 4. México. 40 p.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológico. (1989). Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Diario Oficial de la Federación. México 7: 23.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). (1981). Síntesis geográfica de Morelos. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México. 110 p.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). (1970). Boletín hidrológico No. 47. Región Hidrológica No. 18 (parcial) cuenca del Río Amacuzac. Tomo I, II. México D.F. 607 p.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). (1972). Estudio para la evaluación de la calidad del agua en la Cuenca del Alto Amacuzac. Instituto de Ingeniería, UNAM. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación Subdirección de Investigación y Entrenamiento. Tomo. I, II. México D.F. 250 p.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). (1973). Estudio de la calidad del agua del Alto Amacuzac. 2a. etapa. Dirección General de Usos del Agua y prevención de la contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. Tomo. I, II. México D.F. 170 p.

Simmons, G.M. Jr., (1972). A preliminary report on the use of the Sequential Comparison Index evaluate acid mine drainage on the macrobenthos in a pre-impoundment basin. Trans. Am. Fish. Soc. 101(4): 701-713.

Urroz, J.E. (1971). Manual de control de la calidad del agua para diversos usos. División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería. UNAM. 46 p.

Usinger, R.L. (Ed.). (1956). Aquatic insects of California. University of California Press. Los Angeles, U.S.A. 508 p.

Vargas, R.D. (1982). Pruebas de Toxicidad con Daphnia magna Straus para evaluar efluentes industriales de la planta de tratamiento de E.C.C.A.C.I.V., Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 132 p.

Villegas, I. y De Giner. (1972). Phytoplankton as biological indicator of water quality. Water Research. 7, 477-487.

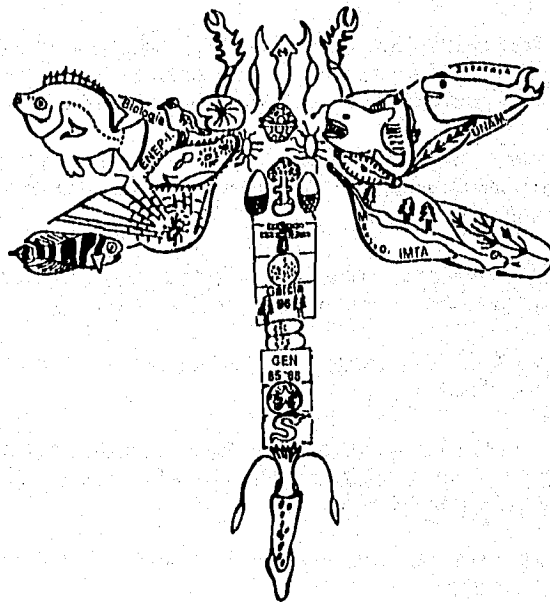
Wallace, J.B. (1990). Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. Environmental Management. 14(5):805-820.

Washington, H.G. (1984). Diversity, Biotic and Similarity Indices. A review with especial relevance to aquatic ecosystems. Water Research. 18 (6): 653-694.

Wetzel, R. (1981). Limnología. Ed. Omega. España 679 p.

Wiggins, G.B. (1977). Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). University of Toronto Press, Toronto Canada. 401 p.

Wilhm, J.L. y Dorris, T.C. (1968). Biological parameters for water quality criteria. Bioscience. 18 (6):407-480.



LISTA DE FIGURAS

No.	Título	Pág.
1a.	Región hidrológica No. 18 (parcial) Cuenca del Río Amacuzac, Mor.	11
1b.	Cuenca del Río Amacuzac (tomado de SARH, 1970, Boletín Hidrológico No. 47).	11
2	Principales ríos en la Cuenca del Alto Amacuzac	13
3	Localización de las estaciones de muestreo en los Ríos Apatlaco y Yautepec.	15
4	Fisicoquímicos abril Apatlaco	28
5	Fisicoquímicos mayo Apatlaco	29
6	Fisicoquímicos junio Apatlaco	30
7	Fisicoquímicos julio Apatlaco	31
8	Fisicoquímicos agosto Apatlaco	32
9	Fisicoquímicos septiembre Apatlaco	33
10	Variación estacional de la calidad del agua en base al ISC, para el Río Apatlaco	45
11	Fisicoquímicos abril Yautepec	53
12	Fisicoquímicos mayo Yautepec	54
13	Fisicoquímicos junio Yautepec	55
14	Fisicoquímicos julio Yautepec	56
15	Fisicoquímicos agosto Yautepec	57
16	Fisicoquímicos septiembre Yautepec	58
17	Variación estacional de la calidad del agua en base al ISC, para el Río Yautepec	68
18	Fisicoquímicos promedio Apatlaco	72
19	ISC promedio Apatlaco	73
20	Fisicoquímicos promedio Yautepec	77
21	ISC promedio Yautepec	78

LISTA DE TABLAS

No.	Título	Pág.
1	Criterios ecológicos o niveles recomendados para la protección de la vida acuática (agua dulce).	23
2	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Temixco (Km. 0).	24
3	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Xochitepec (Km. 10).	25
4	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Desc. Ing. (Km. 30).	26
5	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Confluencia Apat-Yaut. (Km. 32).	27
	Tabla para determinar el grado de alcalinidad de las aguas superficiales.	38
	Tabla para determinar el grado de dureza de las aguas superficiales.	39
	Tabla para clasificar a las corrientes según su velocidad.	43 y 65
6	ISC obtenido en el análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos sobre el Río Apatlaco, Edo. de Mor.	44
7	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Pantitlán (Km. 6).	48
8	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Pts. Ticumán (Km. 23).	49
9	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación El Rollo (Km. 40).	50
10	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Confluencia Yaut.-Apat. (Km. 43).	51
11	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la estación Tlatenchi (Km. 45).	52
12	ISC obtenido en el análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos sobre el Río Yautepec, Edo. de Mor.	67
13	Listado Taxonómico, presencia y ausencia de organismos por mes en el Río Apatlaco, Mor.	74-75
14	Listado Taxonómico, presencia y ausencia de organismos por mes en el Río Yautepec, Mor.	76-80