

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

00361

11

20j.

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS
APATLACO, YAUTEPEC Y CUAUTLA, ESTADO DE MORELOS,
UTILIZANDO INDICADORES BIOLÓGICOS DE CONTAMINACION.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA: BIOL. JESUS GARCIA CABRERA

MEXICO, D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



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

PREFACIO	iii
AGRADECIMIENTOS.	iv
RESUMEN.	v
INTRODUCCION	1
1 ANTECEDENTES	4
1.1 <u>Indicadores biológicos de contaminación.</u>	6
1.2 <u>Diagnóstico preliminar de la calidad del agua en Morelos.</u>	7
2 AREA DE ESTUDIO.	12
2.1 <u>Aspectos socioeconómicos.</u>	12
2.2 <u>Localización geográfica.</u>	13
2.3 <u>Fisiografía.</u>	13
2.4 <u>Clima.</u>	15
2.5 <u>Hidrografía.</u>	16
3 OBJETIVOS.	19
4 MATERIAL Y METODOS	20
4.1 <u>Ubicación de las estaciones de muestreo.</u>	20
4.2 <u>Inventario de tóxicos.</u>	24
4.3 <u>Muestreo y análisis fisicoquímicos.</u>	25
4.4 <u>Muestreo y análisis biológicos.</u>	27
4.5 <u>Análisis de datos.</u>	28
5 RESULTADOS Y DISCUSION	34
5.1 <u>Primera etapa: Río Cuautla.</u>	34
5.2 <u>Segunda etapa: Inventario de tóxicos.</u>	47
5.3 <u>Tercera etapa: Evaluación de riesgo.</u>	85
5.3.1 <u>Plancton.</u>	85
5.3.2 <u>Parámetros fisicoquímicos.</u>	105
5.3.3 <u>Balace de masa de metales pesados.</u>	116
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
LITERATURA CITADA.	128

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZO EN LA SUBCOORDINACION
DE CALIDAD DEL AGUA, DEPENDIENTE DE LA COORDINACION
DE INVESTIGACION 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 DR. JOAQUIN BUENO SORIA.

AGRADECIMIENTOS

CON ESPECIAL GRATITUD AL SER MAS MARAVILLOSO QUE SE HA CRUZADO EN MI VIDA: MI PADRE: PORQUE DEDICO SU VIDA A FORMARNOS Y A FOMENTARNOS LA CREENCIA EN LO QUE HACEMOS E INVOLUCRARNOS CON NUESTRAS METAS PERSONALES. DESCANSA EN PAZ (♠).

AL JURADO QUE TUVO LA AMABILIDAD DE REVISAR MI TRABAJO:

DR. JOAQUIN BUENO SORIA
M. en C. MICHELLE GOLD MORGAN
M. en C. ALEJANDRO JESUS RUIZ LOPEZ
M. en C. MARTIN LOPEZ HERNANDEZ
M. en C. VICTOR OLVERA VIASCAN
DRA. SILVIA SANTIAGO FRAGOSO
DR. FERMIN RIVERA AGUERO

ASI COMO A LA REVISION Y ACERTADOS COMENTARIOS DE LOS PROFESORES:

DR. RAFAEL VILLALOBOS PIETRINI
M. en C. NELLY DIEGO PEREZ
M. en C. PEDRO RAMIREZ GARCIA

AL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA A TRAVES DE SU SUBCOORDINACION DE CALIDAD DEL AGUA, POR PERMITIRME DESARROLLAR EL PRESENTE TRABAJO. EN ESPECIAL AL M. en I. FRANCISCO ROMERO LUNA, POR SU INCONDICIONAL APOYO Y CONSEJOS, ASI COMO A LA DRA. BLANCA JIMENEZ CISNEROS, POR MOSTRAR INTERES EN NUESTRO TRABAJO.

CON TODA GRATITUD A LAS PERSONAS QUE CREYERON SIEMPRE EN MI TRABAJO, ESPECIALMENTE A MIS AMIGOS BLANCA CUBILLAS CASTRO, ERIC GUTIERREZ LOPEZ, PILAR SALDANA FABELA, ALICIA LERDO DE TEJADA BRITO Y CARLOS CERVANTES HERNANDEZ, QUE AUNQUE NO SIEMPRE ESTEMOS JUNTOS, SIEMPRE CREAMOS Y TENGAMOS FE EN NOSOTROS.

EN ESPECIAL A LA BIOL. ALICIA LERDO DE TEJADA POR SU COLABORACION DESINTERESADA.

AL C. FRANCISCO SANCHEZ SUAREZ POR LA REALIZACION DE LAS FIGURAS QUE APARECEN EN EL PRESENTE TRABAJO.

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA MANERA COLABORARON DURANTE EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.

A TODOS MIS COMPANEROS DEL CIECCA: GRACIAS.

RESUMEN

Se eligieron estaciones de muestreo estratégicamente distribuidas sobre los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, en el estado de Morelos, con objeto de valorar la calidad del agua utilizando a la comunidad planctónica como indicadora de contaminación, asimismo, se realizó un inventario de tóxicos con la finalidad de conocer las principales industrias contaminantes 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, 1968).

Los principales resultados indican que existe una contaminación de tipo orgánico (principalmente bacterias coliformes), que se encuentran a lo largo de los ríos estudiados. Por otro lado, que el plomo encontrado en las muestras es el tóxico que representa un riesgo potencial a la salud del ecosistema, con una carga calculada de 15.16 Kg/día sobre el río Cuautla y 1.509 Kg/día en el río Apatlaco. Que los plaguicidas organofosforados Paratión metílico y Malatión son los principales agrotóxicos que podrían desequilibrar el ciclo de nutrientes.

Por último, la presencia de géneros planctónicos indicadores como Coelastrum, Ankistrodesmus, Cosmarium y Cymbella, entre otros, sirvieron para determinar segmentos impactados en los ríos y así enfocarse a las zonas problemáticas eliminando un estudio a nivel de cuenca.

Entre las principales recomendaciones, se tiene que hay que realizar estudios de bioacumulación en plancton, bentos y necton, así como aplicar modelos matemáticos del destino de tóxicos como el WASTOX (CEPIS, op. cit), dado que el agua de los ríos tiene un uso doméstico, agrícola, industrial y de recreación.

INTRODUCCION.

En las últimas décadas, la calidad del medio se ha visto seriamente afectada por el manejo y disposición inadecuados de los desechos generados en los grandes núcleos de población y centros industriales. El aumento desmedido de estos desechos y el vertimiento crudo a los cauces sin un tratamiento adecuado, ha originado un problema fundamental que se conoce con el término de contaminación (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, (SARH), 1975a). Debido a que no existe un concepto científico de este término, se han intentado varias definiciones para uniformizar el significado del mismo. Margalef (1983), establece que la contaminación es un término más jurídico que limnológico, pues significa solamente que un recurso ha cambiado de tal modo que ya no es utilizable o bien su valor ha disminuido.

La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación del Ambiente define a la contaminación como la presencia en el medio ambiente de una o más sustancias o cualquier combinación de ellas, que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación en general o de los particulares (SARH, op. cit.). En 1982, la Ley Federal de Protección al Ambiente, (Diario Oficial 28 de enero, 1982), en su capítulo I, artículo 4o., define de la misma manera, sin ningún cambio, a la contaminación. Para 1984, se modifica este concepto solo en redacción, quedando bajo la responsabilidad de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y definiendo como contaminación "la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos, que perjudique o resulte nocivo a la vida, la flora o la fauna o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes o recursos naturales en general" y contaminante "como toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera: agua, suelo, flora o fauna o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad" (Diario Oficial de la Federación, 27 de enero de 1984).

La SEDUE, en 1988 (Diario Oficial de enero), promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en la cual y dentro de su artículo 3o. fracción IV define a la contaminación como "la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico" y en la fracción V precisa que contaminante es "toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural".

Es fundamental que los trabajos enfocados a calidad del agua, como es éste, se encuentren dentro de un marco legal establecido y que cuenten con criterios ecológicos de calidad del agua que sirvan como base para diagnósticos de prevención y control de la explotación del recurso.

En los países en vías de desarrollo como el nuestro, existe un crecimiento sin control ni planeación tanto de las industrias como de los asentamientos humanos, originando entre otros, el problema de la alteración de la calidad del agua en los cuerpos almacenadores de la misma, afectando drásticamente su naturaleza y por tanto a los organismos que dependen de ellos. El agua es fundamental como elemento vital y a pesar de constituir el 70 % de la superficie terrestre, los ambientes de agua dulce solo ocupan una porción relativamente pequeña (3 %) si se comparan con la superficie marina (97 %).

La importancia del estudio de los cuerpos de agua continentales, radica en que son un recurso de primer uso involucrando un sinnúmero de actividades humanas, además de que se utilizan como un sistema de eliminación de desechos muy cómodo y barato, teniendo los ríos un papel fundamental dada su naturaleza lítica. La calidad del agua se puede definir en relación al uso a que se destina, repercutiendo ésta sobre la abundancia y diversidad de los organismos, así como en su estabilidad, productividad y condiciones fisiológicas (American Public Health Association (APHA, AWWA, WPCF, 1980).

Una evaluación real del agua contaminada consiste tanto en la cuantificación de la carga contaminante como en su capacidad de autodepuración. La carga contaminante puede valorarse con datos fisicoquímicos obtenidos en un momento dado, por el contrario, el análisis biológico proporciona una visión de los efectos duraderos de esta carga en el agua.

En este trabajo se plantea utilizar a los organismos planctónicos como herramienta para evaluar la calidad del agua, ya que pueden ser uno de los criterios más confiables para caracterizar los efectos de las descargas residuales en los ríos, debido a su distribución en el tiempo y el espacio, detectando características importantes del agua que los circunda (Sládecek, 1979).

Para caracterizar dichos efectos, se utilizan los llamados indicadores biológicos de contaminación, los cuales son organismos que con su aparición o desaparición reflejan la composición y cambios de su medio circundante, pero generalmente no especifican el tipo u origen de dichas variaciones. Todos los organismos acuáticos sirven como indicadores si se conocen sus requerimientos ambientales, así, la composición de la comunidad planctónica vierte un complejo de información acerca de las propiedades del agua (Sládecek, op. cit.).

Se utiliza el plancton debido a su ciclo de vida corto y a su rápida respuesta a los cambios ambientales, de aquí que la composición estructural de la comunidad indique la calidad del agua en que se encuentra; asimismo, su abundancia domina ciertos aspectos no biológicos de la misma como son pH, color, sabor y olor, así como el uso de la misma.

En este estudio, se evalúa la calidad del agua en los ríos Apatlaco, Cuautla y Yauhtepec, localizados en la cuenca del alto Amacuzac, estado de Morelos, mediante los análisis cualitativo y cuantitativo de fitoplancton y zooplancton, además de parámetros fisicoquímicos básicos en estaciones estratégicamente establecidas con base a una caracterización previa realizada en 1981-82 en toda la cuenca, así como al uso agropecuario y doméstico que tienen dichos cuerpos de agua, por lo cual surge la necesidad de controlarlos y conservarlos como fuentes de agua naturales susceptibles de explotación racional.

1 ANTECEDENTES.

Una de las causas que contribuyen directamente al deterioro de la calidad del agua, es el vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales de origen urbano, industrial y agrícola, las cuales contienen diferentes tipos de sustancias contaminantes. Las sustancias que llegan al agua son muy diversas y pueden alterar las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, aparte de afectar la ecología de los mismos y dependiendo del tipo y concentración del contaminante, los efectos pueden ser letales (SARH, 1983).

La finalidad de realizar un estudio de calidad del agua sea fisicoquímica o biológicamente se puede resumir en los siguientes lineamientos.

- Prevenir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua del país.
- Controlar las descargas de aguas residuales y por lo tanto, de los daños que causen.
- Controlar la calidad del agua de acuerdo al uso a que se destine.
- Mantener un equilibrio ecológico adecuado.
- Planear y programar futuros núcleos de desarrollo urbanos, industriales y agrícolas.
- Disponer adecuadamente las aguas residuales.
- Optimizar los recursos.

Con esta ordenación se pretende asegurar un eficiente aprovechamiento de los recursos agua y agua residual, así como evitar daños ecológicos, económicos y de salud pública (SARH, op. cit.)

En el año de 1988 se promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que pretende, entre otras cosas, conciliar la explotación racional de los recursos sin afectar el equilibrio ecológico, como lo señala en su artículo 10, fracción V "el aprovechamiento racional de los elementos naturales de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos con el equilibrio de los ecosistemas" (Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988).

Siguiendo esta política ecológica, el Plan Nacional de Desarrollo 1989-94 plantea, a partir de un "diagnóstico vivo de la realidad, de las aspiraciones y necesidades de la población" y con relación a la protección del recurso agua, que es nuestro interés, el desarrollar un nuevo enfoque económico, tecnológico y cultural para su aprovechamiento, desarrollando un programa de cooperación

científica y tecnológica internacional, con objeto de aprovechar la experiencia de otros países y de compartir los conocimientos que México ha acumulado en 60 años de política hidráulica institucional, dando prioridad a las políticas ecológicas para restituir el necesario equilibrio de la naturaleza (Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), 1989).

Considerando lo anterior, se han planteado claramente las rutas o líneas a seguir en la investigación en México, fundamentalmente con las siguientes prioridades:

- Transferencia y adecuación de tecnología, e
- Intercambio de experiencias con otros países.

Para cumplir con los lineamientos establecidos por las leyes mexicanas, se hace necesario acudir a metodologías y/o técnicas que permitan abordar los problemas de contaminación de nuestros cuerpos de agua, tanto de origen orgánico como toxicológico, para lo cual en este trabajo se pretende instrumentar una de las herramientas sugeridas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) que cubre el aspecto de la evaluación del aporte de metales pesados en un cuerpo receptor, complementando el estudio con indicadores biológicos de contaminación.

Debido a la importancia que en la actualidad reviste el conocimiento y manejo de las sustancias tóxicas en el ambiente por su repercusión en la contaminación tanto del aire como del agua y que en la actualidad son de amplia producción mundial, la cual está creciendo constantemente, se encuentran nuevos tóxicos que son perjudiciales a los organismos, al ecosistema y por consiguiente al ser humano.

La industria es la principal actividad que aporta mayor cantidad de contaminantes al aire, agua y suelo, seguida por las actividades agrícolas, calculándose para 1985 7 millones de sustancias químicas donde aproximadamente 70 mil son de uso corriente (PNUMA, 1985).

Es por este interés que el CEPIS se ha preocupado por desarrollar y diseminar metodologías para la evaluación y control de sustancias tóxicas en aguas superficiales, con el fin de que los países de América Latina y El Caribe cuenten con programas específicos de control de tóxicos para que tengan la capacidad interna suficiente para conocer el destino de las sustancias tóxicas en aguas superficiales y sus riesgos a la salud pública, establecer asignaciones de descarga permisibles y así minimizar los impactos ecológicos adversos y por lo tanto mejorar la calidad del agua, alimentos, etc., para disminuir los riesgos a la salud.

Esta metodología se basa en caracterizar el problema de acuerdo a fuentes puntuales (descargas industriales) o dispersas (descargas agrícolas) de contaminación y el alcance de la o las sustancias tóxicas que puede ser local, regional o de cuenca, según la distancia a la cual todavía son detectadas.

Por tal motivo, es indispensable que se realice como primer paso la caracterización fisicoquímica de la carga puntual de la tenería Morelos en el río Cuautla y posteriormente realizar el inventario de tóxicos generados en el área, identificación de las plantas químicas para posteriormente realizar el muestreo directo de descargas y aplicar un modelo matemático de los propuestos por el CEPIS para evaluar el impacto de las sustancias tóxicas en la zona.

1.1 Indicadores biológicos de contaminación.

El equilibrio de un cuerpo de agua se relaciona íntimamente con el equilibrio de las comunidades de organismos que en él habitan y cuya participación puede ser como degradadores de materia, modificadores de fenómenos físicos y químicos, adicionadores de oxígeno, colaboradores en los ciclos biogeoquímicos, etc. (SARH, 1982a).

Margalef (1983), establece que una simple lista de especies proporciona una cantidad enorme de información. Las especies son sensores muy precisos de propiedades del ambiente. Cada especie, cada subespecie, cada individuo, con sus peculiaridades, se puede considerar como un filtro; el significado de los distintos filtros se multiplica y este es el valor de información que posee la comunidad entera.

Desde el punto de vista práctico, para medidas de control y vigilancia, se ha seguido la recuperación de un curso de agua después de contaminada orgánicamente, no sólo a través de los cambios químicos y bioquímicos, sino también con referencia a las comunidades de organismos, considerándolas como indicadoras del grado de contaminación. La composición de una comunidad de organismos no refleja condiciones instantáneas, sino la integración de las características del ambiente en cierto tiempo, revelando factores que operan de vez en cuando y así se escapan a un análisis o análisis repetidos.

Puesto que no existe un denominador común de lo que se conoce como contaminación, las consecuencias de la erosión, del uso de herbicidas, de la acumulación lenta de tóxicos, sumados a una simple contaminación orgánica, se reflejan mejor en las características de todo el ecosistema sometido a tensión. Esto explica el éxito de caracterizar el grado de contaminación de un agua por la presencia de determinados organismos característicos o indicadores (Margalef, op. cit.).

Con respecto a la calidad del agua, ésta ha sido valorada a través de las comunidades de organismos presentes en ella por medio de una serie de métodos tanto cualitativos como cuantitativos, que han tenido auge a partir de principios del presente siglo, desde la publicación del Sistema Saprobio de Kolkwitz y Marsson, (1908, 1909), seguido por diversos trabajos tales como los de Ellis (1937), Bartsch e Ingram, (1948, 1959), Tarzwell y Gaufin, (1953), Palmer, (1955, 1975), Cairns y Dickson, (1971, 1973), Villegas y De Giner, (1972), Bott, (1973), Gaufin, (1973), Patrick, (1973, 1976), Ramírez, (1975), Persoone y De Pauw, (1978), Tevlin y Burgis, (1978), Hawkes, (1979), James (1979), Sládeček, (1979), Whitton, (1979), García, (1985) y Huerto, (1988) entre otros, los cuales han resultado útiles para valorar los efectos de la contaminación en diferentes cuerpos de agua, usando como herramienta a la comunidad planctónica y/o bentónica, valiéndose de los llamados indicadores biológicos de contaminación.

El plancton se define como el conjunto de organismos flotantes, cuyos movimientos dependen de las corrientes y son independientes del fondo y la ribera. Los niveles autótrofo (fitoplancton) y heterótrofo (zooplancton) forman la base de la pirámide trófica y tienen la capacidad de asimilar diferentes sustancias presentes en el medio, es por esto que representan una herramienta útil en la evaluación de la contaminación, al indicar los cambios en la calidad del agua por medio de las variaciones estructurales a nivel de comunidad, ya que al desplazarse a través de las corrientes, reflejan las modificaciones que se presentan a diferentes distancias y tiempos a lo largo de los mismos (SARH, 1981a).

1.2 Diagnóstico preliminar de la calidad del agua en Morelos.

Tomando en cuenta la importancia del estado de Morelos a nivel político, económico y social y considerando su desarrollo basado en la agricultura, industria y turismo, se emprendieron diversos estudios para valorar la calidad del agua en los cuerpos hídricos localizados en esta cuenca.

En 1972, la entonces Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, inició los programas de estudio de las Ciudades Industriales, el de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), que constituyó el estudio piloto de este tipo de instalaciones, comprendió tanto los aspectos físicos, químicos y biológicos, como los de orden económico y social, contando con más de 20 industrias al iniciarse el estudio. Se determinó que el agua se había contaminado con desechos domésticos y urbanos principalmente de la ciudad de Cuernavaca y otros poblados cercanos y de desechos procedentes de la Ciudad Industrial, siendo el río Apatlaco su principal receptor. La caracterización de la descarga doméstica indicó que ésta comprendía residuos orgánicos humanos, detergentes, plaguicidas, desechos domésticos y de las industrias establecidas dentro de la ciudad, grandes

cantidades de gomas, solventes, compuestos orgánicos de las fábricas de pegamentos, óxidos de plomo y caolín de las fábricas de cerámica, grandes cantidades de detergentes y álcalis utilizados para el lavado de los establecimientos de refrescos y compuestos clorados (Vizcaino, 1975).

Según este registro, el aporte contaminante de la ciudad, en lo que se refiere a materia orgánica, representa un total aproximado de 14.4 t/día de cloruros, nitratos, fosfatos y potasio, además de los 4.1 t/día de detergentes sintéticos que, en sus diferentes formas y residuos, alcanzaron la corriente del río Apatlaco.

Esto produjo una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, cambios en el pH, incremento de la turbiedad y de los sólidos sedimentables, aumento de la temperatura, crecimiento de organismos indeseables, disminución de especies benéficas y eutroficación.

Se determinaron 3 grupos de aguas contaminadas que vierten contaminantes en el río Apatlaco procedentes de las industrias establecidas en CIVAC, las aguas de enriamiento, que representan el volumen mayor, pero con un efecto contaminante menos severo, controlable fácilmente por dilución o por enfriamiento evaporativo; las aguas de enjuague que arrojan en grandes cantidades las industrias metalúrgicas, de acabado de metales y textiles y que a menudo contienen tierra y materia que debería removerse y aunque generalmente se diluyen, pueden implicar problemas por su volumen y elevado contenido de sustancias contaminantes; finalmente, las aguas de proceso, que representan un volumen menor que las anteriores, pero con una concentración contaminante mayor, pues contienen a menudo productos altamente nocivos.

El total de las aguas residuales industriales (286 m³/h) se clasificaron en: 180 m³ de tipo inerte, 72 m³ intoxicante, 8 m³ abrasivos y 18 m³ irritantes. No recibían tratamiento alguno 198 m³ y el resto era tratado con precipitadores y neutralizadores; el 62.5 % se vertía a corrientes y embalses y el resto, 37.5 % se arrojaba al suelo (Vizcaino, op. cit.).

La Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) en 1972, contempló una evaluación de la calidad del agua tomando en cuenta los parámetros fisicoquímicos y biológicos; se determinó la calidad del agua en los ríos Amacuzac, Apatlaco, Yautepec y Cuautla y la calidad de las aguas residuales industriales y municipales descargadas en dichas corrientes. Las conclusiones que se plantearon son: en época de estiaje existen dos áreas con alto grado de contaminación (Tejalpa-Jiutepec-Emiliano Zapata y la de Zacatepec-Jojutla). En la primera, la contaminación se debió a las descargas de aguas residuales de CIVAC y en la segunda a la descarga del ingenio Emiliano Zapata. Las aguas en la barranca de Puente Blanco se aprovechaban para el riego, lo cual disminuyó en un 20-30 % la producción agrícola y en 50 % en el caso del arroz.

De acuerdo al tipo de terreno que existe en la zona, compuesto por rocas de origen volcánico, intemperizadas y agrietadas, las aguas que se descargaban superficialmente llegaron a las aguas subterráneas y las contaminaron. El manantial "La Fuentes" o de San Gaspar, se contaminó con bacterias coliformes. Un tramo del río Apatlaco se encontró abatido en su calidad debido a las descargas del ingenio Emiliano Zapata y su fábrica de alcohol.

Se obtuvo de manera general un listado de la flora y fauna de peces de interés económico y las comunidades fitoplanctónicas de 23 estaciones de muestreo distribuidas en los ríos y afluentes mencionados, en donde según los datos obtenidos, predominaban los géneros Navicula, Oscillatoria, Anabaena, Cocconeis, Plectonema, Nitzschia, Diatoma, Ulothrix, Spirogyra y Phormidium principalmente (SRH, op. cit.).

Otro estudio realizado por la misma Secretaría en 1973 comprendió la determinación de las características de la calidad del agua del río Apatlaco, del manantial San Gaspar y del lago de Tequesquitengo, así como las descargas residuales de CIVAC, de la tenería Morelos, del ingenio Emiliano Zapata y del municipio de Zacatepec, llegando a las siguientes conclusiones: que el río Apatlaco entre los poblados de Zacatepec y Jojutla hasta la unión con el río Amacuzac, en una longitud de aproximadamente 12 kilómetros, se encontró exento de oxígeno, las descargas municipales de Zacatepec y Jojutla de Juárez, así como las industriales del ingenio Emiliano Zapata, fueron las principales fuentes de contaminación que produjeron condiciones críticas en el río Apatlaco. Las aguas residuales de CIVAC, tenería Morelos y del ingenio Emiliano Zapata sobrepasaron los límites máximos tolerables y que si eran tratadas adecuadamente, se podían aprovechar como fuente de abastecimiento industrial y uso agrícola o para descargarse en los cuerpos receptores sin causar problemas de contaminación. El agua del manantial San Gaspar no fue potable bacteriológicamente. El lago de Tequesquitengo se podía utilizar con fines recreativos con contacto primario. Con pruebas de bioensayos se encontró que la descarga de la tenería Morelos fue la más perjudicial ya que en concentraciones mayores de un 10 X en volumen, abatió totalmente el oxígeno disuelto, causando la muerte de los peces y que de éstos, Tilapia melanopleura (mojarra) fue un organismo resistente al abatimiento de oxígeno disuelto. En cuanto a las comunidades fitoplanctónicas del área estudiada, obtuvieron como dominantes a los géneros Nitzschia, Navicula, Fragilaria y Diatoma principalmente (SRH, op. cit.).

En el mismo año de 1973, Cortina realizó la recopilación bibliográfica sobre algunos aspectos de la contaminación del suelo y agua 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, 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 (Cortina, op. cit.).

En 1974, la SRH vuelve a evaluar la calidad del agua de los ríos Apatlaco, Tetlama y Cuautla, que se veían afectados por las descargas de agua residual de las ciudades de Cuernavaca, Cuautla, Jojutla, Emiliano Zapata, Zacatepec y Jiutepec, así como de las industrias existentes en la zona, entre las que destacaban la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) y el ingenio Emiliano Zapata, concluyendo que el río Apatlaco se encontró afectado por una aportación de DBO de 9 763 Kg/día y 8 748 Kg/día procedente de la barranca Puente Blanco, presentando zonas con descomposición anaerobia. Otra área de alta contaminación era el tramo comprendido entre Zacatepec y su descarga en el Amacuzac, producida por el ingenio Emiliano Zapata, aportando 3 104 Kg/día de DBO (SRH, op. cit.).

Serna (1975), en su trabajo con bioensayos estáticos para determinar el grado de toxicidad en 3 especies piscícolas provocado por la descarga del ingenio Emiliano Zapata, la tenería Morelos y la barranca de Amanalco, llegó a las siguientes conclusiones: Que de las 3 especies estudiadas una de las más resistentes en cuanto a los desechos industriales de la tenería Morelos era Cyprinus carpio y las menos resistentes Tilapia melanopleura y Micropterus salmoides, mientras que para los desechos industriales del ingenio Zapata, la más resistente fue Tilapia melanopleura y la menos resistente Micropterus salmoides; ambas descargas (tenería e ingenio) originaban un abatimiento de oxígeno disuelto en el agua, con lo cual se generaban condiciones de anaerobiosis que afectaban al ecosistema. El abatimiento de oxígeno disuelto fue uno de los principales problemas en el agua de los ríos durante el desarrollo de los bioensayos. Por otra parte, las aguas residuales domésticas de la ciudad de Cuernavaca, hasta este momento, no afectaba en forma drástica los distintos niveles tróficos en esas áreas, por lo menos en lo que respecta a la sobrevivencia de los peces probados, sin embargo, es probable que bacteriológicamente se resintiera algún efecto (Serna, op. cit.).

En 1980, la SARH realiza el estudio de calidad del agua en los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, calculando la capacidad de asimilación y dilución, obteniendo las siguientes conclusiones: Que se asigna la clase D III (Usos industrial y agrícola) a la corriente del Apatlaco hasta la confluencia con el Yautepec, el Yautepec hasta la confluencia con el Amacuzac y el río Cuautla hasta la confluencia con el Amacuzac. Que la corriente con mayor grado de contaminación fue la del Apatlaco, debido a las

descargas de aguas residuales de las poblaciones de Cuernavaca, Zacatepec y Jojutla, de la zona industrial de CIVAC y la fábrica de alcohol del ingenio Emiliano Zapata. Que era necesario controlar la contaminación de esta corriente y se debían fijar condiciones particulares de descarga a dichas poblaciones. La zona industrial de CIVAC tenía ya en 1980 las condiciones particulares de descarga y para que se cumplan en el futuro es importante una vigilancia.

Que al río Yautepec vertían sus aguas los manantiales de San Gaspar y Las Estacas, que mejoraban la calidad del río, por lo que es importante que estos manantiales mantengan su calidad. Que la descarga de aguas residuales de la población de Yautepec se vertía a la corriente del mismo nombre por lo que es necesario que se fijen las condiciones particulares de descarga.

Que en esta zona el uso es agrícola, por lo que se impone un control en los productos químicos usados en los cultivos que ocasionan que las aguas de retorno vertidas a la corriente la degraden (SARH, op. cit.).

García (1985), ante la problemática de una escasez de estudios desde el punto de vista biológico en relación a la contaminación, utilizó indicadores biológicos de contaminación, evaluando la cuenca en 10 estaciones estratégicamente distribuidas, llegando a las siguientes conclusiones: La contaminación orgánica era la que predominaba en las estaciones estudiadas, siendo potencialmente peligrosa para la salud humana, debido al alto índice de bacterias coliformes presentes en los diferentes ríos, detectando una contaminación de tipo industrial en el río Apatlaco (por la descarga del ingenio Emiliano Zapata) y en el río Cuautla (debido a la tenería Morelos); el agua de los ríos Tetlama, Apatlaco, Yautepec, Cuautla y Amacuzac, se podía destinar para los usos agropecuario e industrial, este último con un tratamiento estricto, ya que podía causar problemas de incrustaciones en las maquinarias pues se trata de un agua muy dura, lo que causa además florecimientos ("blooms") algales, taponando tuberías.

En general, la cuenca se dividió en tres zonas de contaminación: Ligeramente contaminada en los ríos Amacuzac y Cuautla en su tramo sur, donde las corrientes presentaban una autodepuración que disminuía el grado de contaminación que sufren en sus partes altas. Agua medianamente contaminada en la región central de la cuenca que comprendía a los ríos Apatlaco y Yautepec. Agua fuertemente contaminada, que comprendió un tramo del río Cuautla, cerca de la descarga de la tenería Morelos.

En cuanto a los organismos, plantea la asociación autótrofos (diatomeas con los géneros Navicula y Nitzschia) - heterótrofos (protozoarios con los géneros Centropyxia y Prorodon), como indicadores biológicos de contaminación en esta cuenca (García, op. cit.).

2 AREA DE ESTUDIO.

El estado de Morelos ocupa el 30° lugar en cuanto a superficie de la República Mexicana, su intervalo altitudinal abarca 4 750 msnm, geológicamente comprende diferentes formaciones volcánicas y sedimentarias; los climas van desde polar de tundra hasta cálido subhúmedo; suelos diversos en cuanto a su origen (sedimentarios y residuales); la vegetación varía desde zacatonal y bosques fríos hasta de zonas áridas (edáficamente) y selva baja caducifolia; una hidrología superficial de tipo estructural con drenajes rectangular, paralelo y dendrítico y con influencia definitiva de los aspectos geohidrológicos. Todos estos factores, en conjunción con los de carácter histórico-político, desembocan en las condiciones actuales de desarrollo de este estado (Sánchez y Espinoza, 1988).

2.1 Aspectos socioeconómicos

En la zona del Amacuzac queda comprendida la mayor parte del estado de Morelos, el sureste del Estado de México y una pequeña zona del estado de Guerrero. Dentro de esta zona se encuentran las poblaciones de Cuernavaca y Cuautla, que constituyen centros turísticos de importancia y los balnearios de aguas termales y medicinales en Agua Hedionda y Los Limones en Cuautla, Oaxtepec en Yautepec, Las Estacas en Tlaltizapán, El Rollo en Tlalquitenango, San Ramón en Xochitepec y antiguas haciendas como Temixco, Real del Puente, Vista Hermosa y Cacoayoc principalmente, además del lago de Tequesquitengo (SPP, 1981a).

En el estado de Morelos se encuentran áreas regadas de importancia en las que se incluye la zona cañera del ingenio Emiliano Zapata y el desarrollo de la zona industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC).

Morelos forma, con los estados de México, Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Querétaro la Región Centro del país, con una superficie que representa el 6.5 % del total nacional.

La superficie del estado de Morelos es de 4 958 Km² y tiene una densidad de población de 267 hab/Km². La situación geográfica del estado de Morelos y sus factores de producción, son básicos para el desarrollo de toda clase de actividades productivas. La agricultura es una actividad muy importante; la superficie cultivable alcanzó la cifra de 142 305 ha, de las cuales 50 548 corresponden a las zonas de riego y 91 757 son de temporal (Riva Palacio, 1989).

En las Areas de riego se cosecha caña de azúcar, maíz, arroz, tomate y cebolla. Productos de menor importancia son algodón, cacahuate, melón, sandía y otros frutales.

La ganadería de la región, en especial la lechera, presenta amplias posibilidades de desarrollo. Sin embargo, no ha alcanzado un crecimiento importante por la escasez de llanuras adecuadas y pastizales. Las más importantes especies de la entidad son el ganado vacuno, caballar y caprino.

El turismo es una de las actividades económicas de mayor significado. Su clima y factores del medio geográfico como ríos, manantiales de aguas termales, aguas sulfurosas y bellos paisajes, han hecho diversos sitios del estado centros de diversión y veraneo, concurridos principalmente por los habitantes del Distrito Federal.

2.2 Localización geográfica.

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 Distrito Federal y del suroeste del estado de Puebla, así como el extremo norte del estado de Guerrero (Fig. 1).

Esta cuenca se asemeja a un triángulo, con su base en el lado norte y el vértice en el sur, limitando al norte con el Distrito Federal y Estado de México, al 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 msnm e incluye a los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Temixco, Coatlán del Río, Tetecala, Amacuzac, Puente de Ixtla, Jojutla, Zacatepec, Tlaltizapán, Xochitepec, Emiliano Zapata, Jiutepec, Tepoztlán, Tlalnepantla, Totolapan, Atlaltlahucan, Yecapixtla, Yautepec, Cuautla, Ayala, Tepalcingo, Tlalquitenango, Axochiapan, Jonacatepec, Ocuiluco, Tetela del Volcán y Zacualpan. La ubicación geográfica está dada entre los paralelos 18° 00' y 19° 15' latitud norte y los meridianos 98° 40' y 100° 00' longitud oeste (Fig. 1) (SPPA, 1981).

2.3 Fisiografía.

La cuenca del río Amacuzac se encuentra dentro de la unidad geomórfica de la depresión del Balsas; la parte norte está formada por la Sierra del Chichinautzin o Sierra del Ajusco y parte de la Cordillera Neovolcánica que se inicia en el volcán Nevado de Toluca. Hacia el sureste, se encuentra la Sierra de Taxco, la cual se extiende en dirección noroeste-suroeste. Al sureste, se encuentra la Sierra de Chiautla, que se une con la Cordillera Neovolcánica a la altura del volcán Popocatepetl.

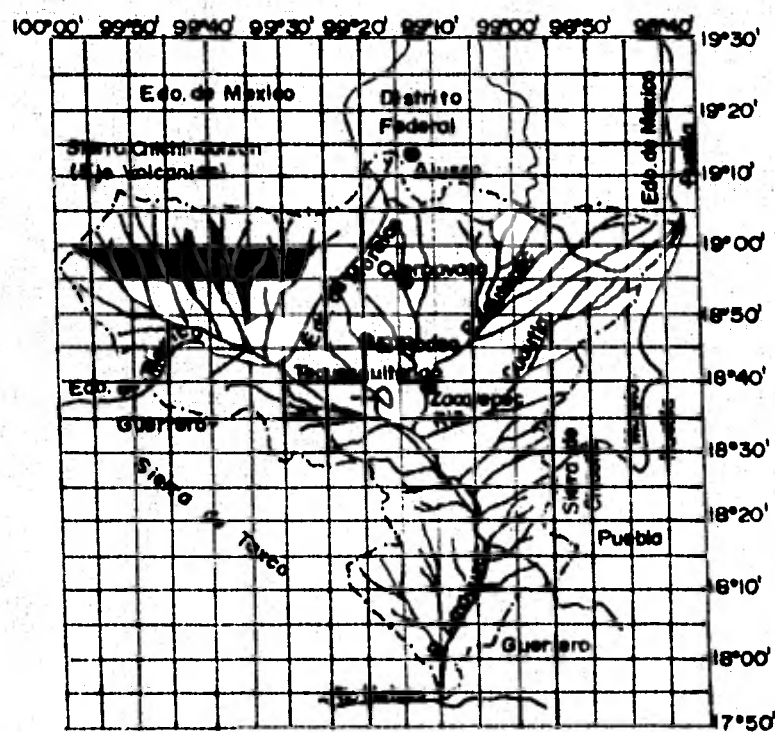
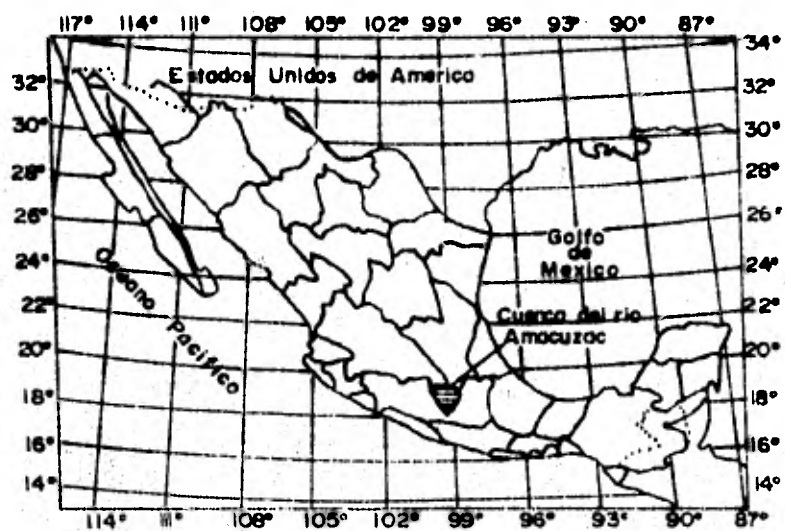


FIG.1. REGION HIDROLOGICA NUM. 18 (PARCIAL): CUENCA DEL RIO AMACUZAC

El relieve, aunado a las condiciones geológicas de la entidad, ha sido un factor determinante en cuanto a la hidrografía, geohidrología, clima, vegetación y en la distribución y disponibilidad del agua, zonas agropecuarias y de los asentamientos humanos.

De este modo, se tiene una diferenciación en cuanto a actividades económicas de acuerdo a los diferentes pisos altitudinales y características fisiográficas: al norte, en la Sierra del Ajusco, con actividades forestales, ganaderas y de agricultura de temporal; la zona de valles de pie de monte y las explanadas, con agricultura de temporal y riego y numerosos asentamientos humanos; las zonas planas del centro y sur formadas por amplios valles de los ríos Nexpa y Amacuzac, con una actividad básica de agricultura de riego (Sánchez y Espinoza, 1988).

Las superficies agrícolas se localizan en las mesetas altas de la cuenca, en los valles que se encuentran entre las serranías y en las márgenes de los ríos y arroyos. Están constituidas generalmente por terrenos planos y suelos ligeramente ondulados con pendientes suaves hacia los ríos.

2.4 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 la cuenca se distinguen básicamente 3 tipos de climas. En la parte de mayor altitud, constituida por el Eje Volcánico que la limita por el norte, el clima C (W2) es templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con lluvias en verano y precipitación pluvial con promedio anual de 55 mm. En la zona media, el clima (A) C (W2)(w) pasa a ser semicálido (el más cálido de los templados), con temperatura media anual de 20.5°C con lluvias en verano y precipitación pluvial con promedio anual entre 43.5 y 55 mm y en la zona baja, el clima B S1 (h') hw (w) es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 23.9°C y precipitación pluvial en promedio menor de 43.2 mm.

Según Sánchez y Espinoza, op. cit. existe un predominio del clima tipo cálido con régimen estival de precipitación Aw. (w), que cubre un 74 % del estado. La importancia de este clima dominante estriba en la gran disponibilidad de agua en las partes bajas y temperaturas altas que favorecen la agricultura de plantación (caña de azúcar), cuyo buen desarrollo se garantiza por la disponibilidad de riego.

2.5 Hidrografía.

Siendo de interés básico en este estudio los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla pertenecientes a la cuenca del río Amacuzac, se describirán sus características principales, dado que representan los principales afluentes del Amacuzac, tienen usos potenciales en el estado (agricultura, recreación, actividades domésticas) y atraviesan tanto la zona industrial como la agrícola.

RIO APATLACO.

El río Apatlaco o Jojutla como se le conoce en su parte baja se forma en una serie de barrancas situadas al oeste de Cuernavaca, entre las que se encuentran las de Tetlama, Del Túnel, de San Antón, de La India y de Cuajomulco. La trayectoria que sigue es prácticamente de norte a sur corriendo por una zona de cultivo y beneficiando principalmente a los poblados de Temixco, Acatlipa, Xochitepec, Atlacholoaya, Xoxocotla, Tetelpa, Zacatepec y Jojutla de Juárez. A lo largo de su curso esta corriente recibe aportaciones por ambas margenes; entre ellas las más importantes son las del río Tetlama por la margen derecha y por la izquierda la de los ríos Palo Escrito y Yautepec. El río Apatlaco vierte sus aguas al río Yautepec (SRH, 1970).

Cuenta a lo largo de su recorrido con varias obras de toma, agua que se aprovecha en su totalidad para riego de cultivos a excepción de las aguas del canal Tenayucan, que eran aprovechadas para la generación de energía eléctrica. En la margen derecha se encuentran las siguientes obras de desviación:

- Canal segunda toma río Apatlaco.
- Canal tercera toma río Apatlaco.
- Canal sexta toma río Apatlaco.
- Canal octava toma río Apatlaco.
- Canal novena toma río Apatlaco.
- Canal Tenayucan.

En la margen izquierda del río Apatlaco se encuentran las siguientes obras de desviación:

- Canal primera toma río Apatlaco.
- Canal quinta toma río Apatlaco.
- Canal séptima toma río Apatlaco.
- Canal Soledad.

El río Apatlaco tiene un recorrido aproximado de 40 Km desde la desembocadura en el río Yautepec hasta la altura del poblado de Alta Palmira.

RIO YAUTEPEC.

Se origina en la Sierra del Chichinautzin, en la parte baja de la vertiente sur del Ajusco, fluye con dirección suroeste, en la cuenca alta de este río se le conoce como barranca del Volcán de Otumba. A los 44 y 47 kilómetros aguas abajo recibe las aportaciones por su margen derecha de los ríos Barranca de Cacahuitilla (de la cual se hacen las derivaciones para riego y alimentación de los balnearios de Oaxtepec y Cocoyoc) y Barranca Pantitlán. A partir de la primera confluencia recibe el nombre de río Itzamatlán. Aguas abajo recibe por su margen derecha al río Tepoztlán y cambia su nombre a río Yautepec, pasando por el poblado del mismo nombre.

Aguas abajo del poblado de Yautepec, a unos 33 kilómetros, recibe por su margen derecha las aportaciones del río El Arquillo, continuando su curso 10 kilómetros hacia el suroeste hasta recibir junto a la población de Jojutla de Juárez las aportaciones del río Apatlaco por su margen derecha.

Las principales corrientes que recibe el río Yautepec son las del río Dulce por la margen derecha a la altura del poblado de Huatecalco y por la margen izquierda a la altura del poblado Bonifacio García, recibe las aguas del manantial "Las Estacas".

Las obras de toma que se localizan en la margen derecha del río Yautepec son:

- Canal quinta toma río Yautepec.
- Canal séptima toma río Yautepec.
- Canal octava toma río Yautepec.
- Canal décima toma río Yautepec.

En la margen izquierda del río Yautepec se localizan las siguientes obras de derivación:

- Canal primera toma río Yautepec.
- Canal segunda toma río Yautepec.
- Canal tercera toma río Yautepec.
- Canal cuarta toma río Yautepec.
- Canal quinta toma río Yautepec.
- Canal sexta toma río Yautepec.
- Canal novena toma río Yautepec.
- Canal El Llano.
- Canal El Higuierón.

RIO CUAUTLA.

El río Cuautla o Barranca del Volcán es un afluente directo del río Amacuzac; tiene sus orígenes en las faldas del volcán Popocatepetl a una elevación aproximada de 3 600 msnm. En su parte alta toma el nombre de Barranca del Volcán siendo su orientación general de noroeste a suroeste con una longitud aproximada de 110 Km. 14 kilómetros aguas abajo de su origen

pasa por la población de Huecahuaxco, aguas abajo recibe el nombre de río Yecapixtla, fluyendo por su margen derecha las aportaciones del río Achichipilco, pasa por la ciudad de Cuautla en donde toma el nombre de río Cuautla.

A unos 25 kilómetros aguas abajo de la población de Cuautla el río recibe por su margen izquierda las aportaciones de las barrancas de Agua Hedionda y La Cuera, aguas abajo, ya no recibe afluentes de importancia, recorriendo 45 kilómetros hasta confluir con el río Amacuzac, donde se le conoce como río Nexpa.

El río Cuautla riega en su parte alta los terrenos del poblado de Achichipilco e inmediatamente después las inmediaciones de Yecapixtla, para pasar luego a irrigar ampliamente el Valle de Cuautla.

En la margen derecha del río Cuautla se localizan las siguientes obras de desviación:

Canal El Zote.
Canal San Esteban.
Canal La Torre.

En la margen izquierda del río Cuautla se localizan las siguientes obras de toma:

Canal Socavón.
Canal El Túnel.
Canal Las Tortugas.
Canal Las Iguanas.
Canal Mirador.

Las principales Unidades del Distrito de Desarrollo Rural en operación en Morelos hasta 1980 son:

Zona de riego	Area (ha)	Corriente (río)	Cuenca (río)
1a. Unidad	3 673	Tembembe	Chalma
2a. Unidad	12 953	Yautepec	Amacuzac
3a. Unidad	4 246	Yautepec	Amacuzac
4a. Unidad	8 972	Cuautla	Amacuzac
Presa Tetlana	2 500	Tetlana	Apatlaco
El Rodeo	900	Tembembe	Chalma

NOTA: Todos estos aprovechamientos, excepto el de Tetlana, se hacen mediante derivaciones de las corrientes, ya sea con tomas directas o mediante pequeñas presas derivadoras (SARH, 1980).

3 OBJETIVOS.

Con base a los estudios antecedentes y a un reconocimiento previo de los problemas de manejo y disposición de aguas residuales en la cuenca del río Amacuzac, se pretende adecuar una metodología de estudio que conlleve a la mejor ejecución de programas de control y vigilancia de la calidad del agua, basados en los siguientes objetivos de trabajo:

- Realizar la caracterización fisicoquímica y planctológica del río Cuautla, receptor de la descarga puntual de la tenería Morelos.
- Realizar el inventario de tóxicos prioritarios presentes en la zona del río Amacuzac.
- Caracterizar cualitativa y cuantitativamente la flora y fauna planctónica en los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, estado de Morelos.
- Determinar preliminarmente el grado de afectación de las corrientes de los tres ríos anotados, utilizando la metodología propuesta por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Establecer las características de calidad del agua que presentan dichas corrientes, con base a los resultados generados en el análisis de la comunidad planctónica.
- Sugerir líneas de acción a seguir para controlar y vigilar el uso adecuado del recurso hidráulico de la zona estudiada.

4 MATERIAL Y METODOS.

Para la mejor consecución de los objetivos planteados en el capítulo anterior, el trabajo se realizó en tres etapas que se cubrieron durante 1985-86 (Caracterización de la calidad del agua del río Cuautla (descarga puntual de la tenería Morelos)), 1988 (Inventario de tóxicos generados en la zona del río Amacuzac), 1989 (Manejo de indicadores biológicos de contaminación (plancton) y aplicación del modelo matemático MRI (CEPIS, 1988), para caracterizar el grado de afectación de los ríos en estudio), para lo cual la metodología empleada se describe por etapas.

4.1 Ubicación de las estaciones de muestreo.

1986: Con base en los antecedentes enunciados, se estableció una zona de alta contaminación que incluía la parte alta del río Cuautla, estableciendo 6 estaciones de muestreo, que cubrían 23 kilómetros aguas abajo de dicha corriente, siendo su descripción la siguiente y su ubicación está dada en la figura 2.

Estación Manantiales: Se encuentra situada en Cuautlixco, aledaño a la ciudad de Cuautla, dentro del municipio del mismo nombre, en los manantiales conocidos como "Los Sabinos". Se consideró esta estación tomando en cuenta que es un punto fuera de descargas contaminantes de importancia, dado que de ahí se extrae el agua para suministro doméstico de la misma ciudad. Además, se tomó como punto de partida del transecto del río (0 Km).

Estación Puente Apatlaco: Situada justo bajo el puente denominado San Pedro Apatlaco, dentro de la ciudad de Cuautla. Se pretende evaluar las características del agua después de recibir pequeñas descargas domésticas y la aportación del río Agua Hedionda. Por otro lado, es un punto que se localiza antes de la descarga de la tenería Morelos y las aguas residuales de una parte de la ciudad de Cuautla. Se encuentra a 3.5 Km del punto de partida.

Estación Tenería Morelos: Se situó justo después de la descarga de la tenería Morelos y de las aguas residuales de parte de la ciudad de Cuautla, como punto de evaluación de estas fuentes de contaminación. Se encuentra a 5 kilómetros del punto de partida.

Estación San Pedro: Se situó a medio kilómetro de la carretera al poblado de Villa de Ayala (Ciudad Ayala). Se encuentra a 6.5 kilómetros del punto de partida.

Estación Cebollas: A un kilómetro del poblado de Abelardo Rodríguez y a 14 kilómetros del punto de partida. Recibe pequeñas descargas de origen agropecuario.

Estación Pescadores: Se localizó 10 kilómetros aguas abajo del poblado de Nueva Olintepec, sobre la carretera que se dirige a San Rafael Zaragoza y a 23 kilómetros del punto de partida (Fig. 2).

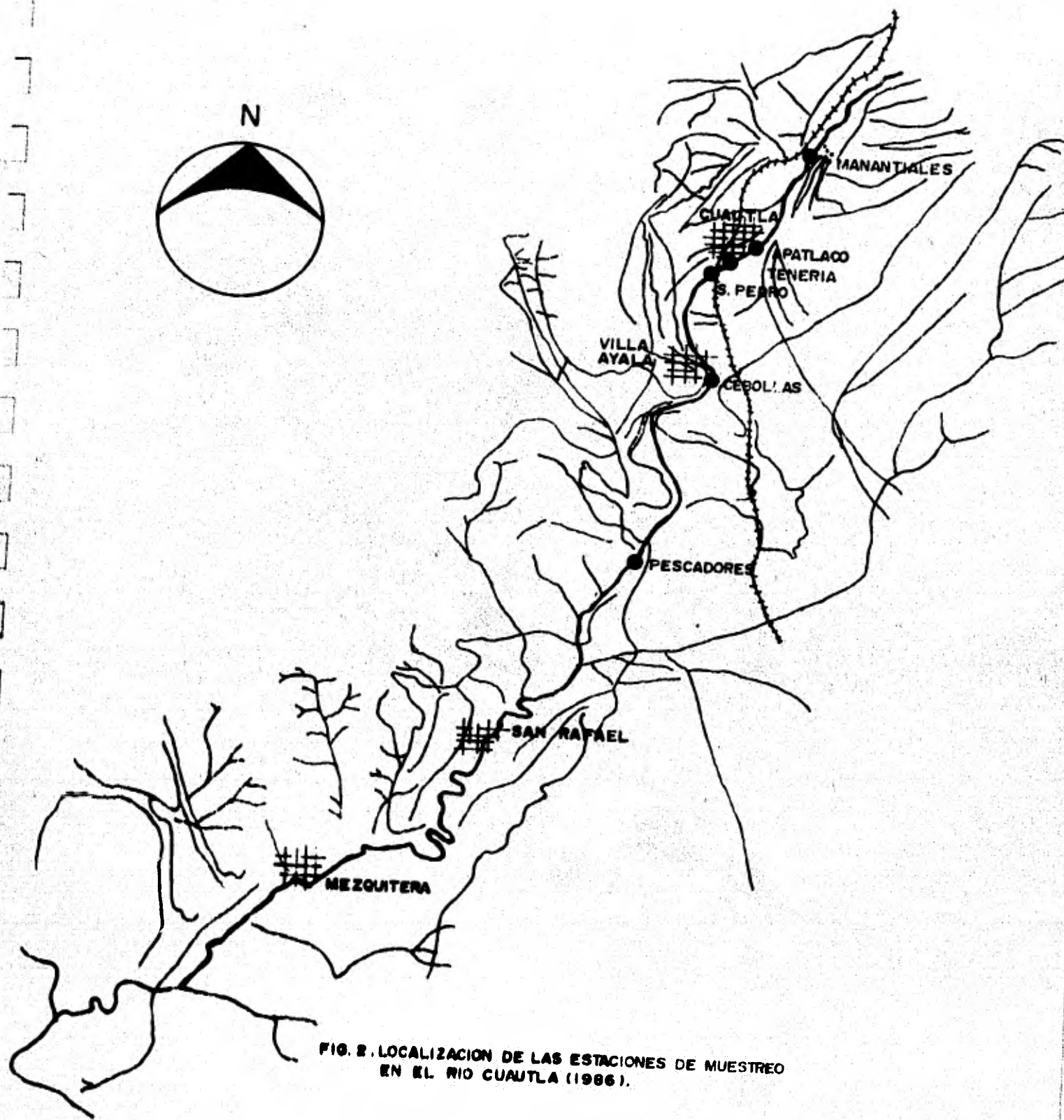


FIG. 2. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL RIO CAUTLA (1986).

1989: En cuanto a la tercera etapa y con base a la evaluación preliminar generada en el inventario y los resultados de la primera etapa, se establecieron las siguientes estaciones de muestreo cuya ubicación se observa en la figura 3.

RIO APATLACO:

Alta Palmira: Se encuentra ubicada dentro del municipio de Cuernavaca, por la lateral de terracería y en la margen derecha en sentido N-S de la carretera Federal No. 95 México-Acapulco (libre), 300 metros antes del "Puente del Pollo". Este punto se eligió como una zona libre de aportes industriales, ya que se encuentra cerca del nacimiento del río y no existen asentamientos industriales.

Temixco: Se encuentra ubicada dentro del municipio de Cuernavaca, al noreste del poblado del mismo nombre, a 5 kilómetros al sur de la ciudad de Cuernavaca.

Xochitepec: Ubicada en el kilómetro 19.3 de la carretera Federal No. 95 México-Acapulco (libre) a 100 metros de la margen izquierda en sentido N-S (Cuernavaca-Iguala) y bajo el puente denominado "Xochitepec", a espaldas del deportivo del mismo nombre y dentro del municipio de Xochitepec.

Zacatepec: A 200 metros de la calle Rincón del Río, perpendicular al puente "Zacatepec" ubicado en la entrada de la ciudad de Zacatepec, sobre la avenida Central en el municipio de Zacatepec.

Tlatenchi: Se encuentra ubicada a espaldas del Templo Adventista, en la calle de Josefa Ortiz de Domínguez, dentro del poblado de Tlatenchi, en el municipio de Tlalquitenango, aproximadamente a 10 kilómetros al sur de Jojutla de Juárez y en la confluencia del río Apatlaco con el de Yautepec.

Tenayucan: Situada a 5 kilómetros por la carretera de terracería que va al paraje denominado "Las Granjas", dentro del campo agrícola de Tenayucan en el municipio de Tlalquitenango y sobre la represa construida por la SRH. Esta carretera se encuentra en la margen izquierda en dirección E-W de la carretera Jojutla-Tlatenchi. Se encuentra sobre el canal de la toma, derivación directa del río Apatlaco.

RIO YAUTEPEC:

Yautepec: Se encuentra ubicada a 3 kilómetros al noreste del centro del poblado del mismo nombre en el municipio de Yautepec, a la altura del kilómetro 4 de la carretera Yautepec-Cuautla.

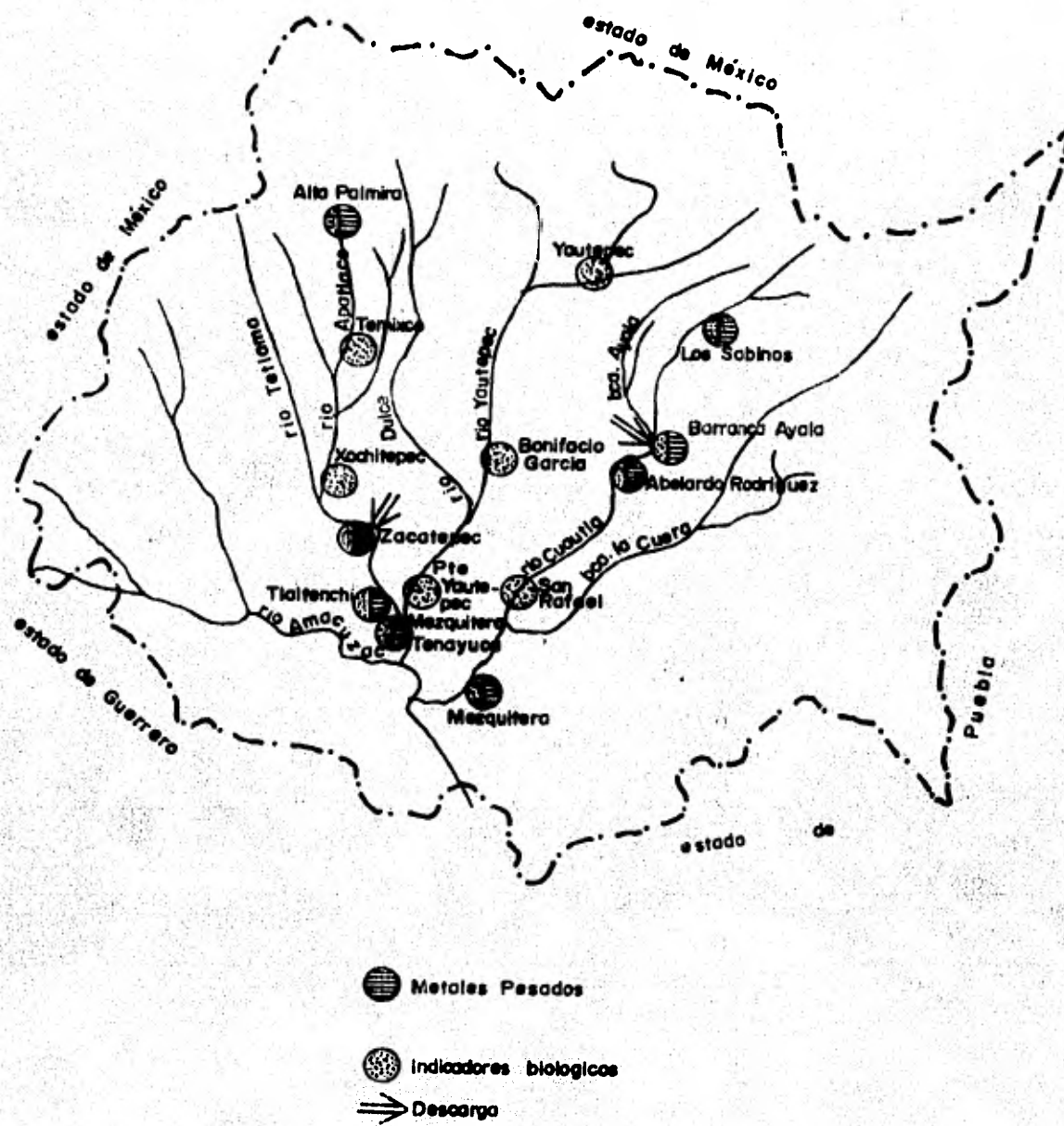


FIG. 3. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO (1989)

Bonifacio García: Situada en el paraje conocido como "La Toma", represa construida por la Comisión Nacional de la Pequeña Irrigación en la calle de Abasolo en el poblado de Bonifacio García, a la altura del kilómetro 23.5 de la carretera Tlaltizapán-Zacatepec-Jojutla de Juárez.

Puente Yautepec-Mezquitera: Ubicada a un kilómetro aproximadamente de Jojutla de Juárez, saliendo por la avenida Altamirano y sobre la carretera Jojutla-Chinameca, en el lugar conocido como "Los Muros", a 1.5 kilómetros de la confluencia de los ríos Yautepec-Apallaco y a 6 kilómetros de la confluencia del Yautepec con el Amacuzac.

RIO CUAUTLA:

Manantiales: Se encuentra ubicada como ya se describió en la primera etapa.

Barranca Ayala: Está en la esquina de las calles de Aquiles Serdán y Rodrigo Avelar, dentro del poblado de Ciudad Ayala, en el municipio de Ayala. En este punto se considera que llega aproximadamente el 70 % de las descargas municipales de la ciudad de Cuautla y que confluyen al río en este punto.

San Rafael: Ubicada aproximadamente a la mitad del área que comprende a los campos agrícolas del DDR-095, en el kilómetro 14 de la carretera Cuautla-Chinameca, bajo el puente denominado "San Rafael" en el poblado del mismo nombre, dentro del municipio de Tlaltizapán.

Mezquitera: Se encuentra ubicada en el lugar conocido como "El Astillero", a la altura del ejido La Mezquitera, sobre la carretera Jojutla-Chinameca, dentro del municipio de Tlalquitenango, a 10 kilómetros aproximadamente de su confluencia con el río Amacuzac (Fig. 3).

4.2 Inventario de tóxicos.

1988: Para la segunda etapa que comprendió una recopilación bibliográfica sobre el tipo de desechos que se generaban en la zona del río Amacuzac y que comprende 28 de los 33 municipios del estado de Morelos (84 % de su superficie territorial), no se establecieron estaciones de muestreo, sino que se hizo una investigación del tipo de desechos, en donde se generaban y a que cuerpos receptores eran descargados, con el fin de tener una visión clara del problema y poder abordar las áreas más afectadas, realizando un inventario de tóxicos, analizando los datos y registrándolos de acuerdo a los criterios que establece el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (1968), basado en el volumen generado y origen de las aguas de desecho (de proceso, enfriamiento y enjuague), así como el tipo de contaminantes que conduce.

4.3 Muestreo y análisis fisicoquímicos.

Para la primera etapa se realizaron muestreos mensuales de agosto de 1985 a agosto de 1986 en un tramo de 23 kilómetros sobre el río Cuautla, quedando comprendidas las descargas de la ciudad de Cuautla y la tenería Morelos. En cada una de las 6 estaciones se tomaron muestras de agua para realizar análisis fisicoquímicos, de acuerdo a las técnicas propuestas por los Métodos Estándar para Análisis de Aguas y Aguas de Desecho (APHA, AWWA, WPCF, 1980), la SARH (1975b, 1978, 1982 b,c,d) y Schwörbel (1975).

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de la Subcoordinación de Calidad del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Los parámetros fisicoquímicos determinados y las técnicas empleadas se enlistan a continuación:

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS
Temperatura (°C)	Termómetro
pH	Potenciométrico
Alcalinidad total (mg/l)	Volumétrico por neutralización con H ₂ SO ₄ .
Oxígeno disuelto (mg/l)	Iodométrico o de Winkler
DBO ₅ (mg/l)	Modificado de Winkler
DQO (mg/l)	Dicromato de potasio
Grasas y aceites (mg/l)	Soxhlet
SAAM (mg/l)	Cloruro de metilo
Dureza total (mg/l)	Volumétrico por titulación con EDTA.
N total (mg/l)	Kjeldahl
N orgánico (mg/l)	Kjeldahl
NH ₃ (mg/l)	Kjeldahl
NO ₃ (mg/l)	Sulfato de brucina
NO ₂ (mg/l)	Diazoación
P total (mg/l)	Cloruro estanoso
P orto (mg/l)	Cloruro estanoso

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS
Sulfatos (mg/l)	Turbidimétrico
Turbiedad (ppm SiO ₂)	Turbidimétrico
Conductividad (µmhos/cm)	Conductimétrico
Sólidos totales (mg/l)	Gravimétrico
Sólidos suspendidos (mg/l)	Gravimétrico
Sólidos disueltos (mg/l)	Gravimétrico
Sólidos sedimentables (mg/g)	Volumétrico
Fenoles (mg/l)	4-amino-antipirina
Cianuros (mg/l)	Colorimétrico con Cloramina T
Cloruros (mg/l)	Técnica de Mohor
Cr total (mg/l)	Espectrofotométrico
Cr ⁺⁶ (mg/l)	Espectrofotométrico
Ni (mg/l)	Espectrofotométrico
Cd (mg/l)	Espectrofotométrico
Fe (mg/l)	Espectrofotométrico
Cu (mg/l)	Espectrofotométrico
Pb (mg/l)	Espectrofotométrico
Zn (mg/l)	Espectrofotométrico

En la tercera etapa, los metales pesados fueron muestreados con la intención de hacer un barrido general de las fuentes contaminantes no detectadas con anterioridad. El muestreo de metales pesados para agua que comprende las estaciones Alia Palmira, descarga del ingenio Emiliano Zapata, Zacatepec, Tlatenchi y Tenayucan, pertenecientes al río Apatlaco y Manantiales, Barranca Ayala, Abelardo Rodríguez y Mezquitera, en el río Cuautla, fueron muestreadas de acuerdo a técnicas establecidas por los Métodos Estándar para Análisis de Aguas y Aguas de desecho (APHA, AWWA, WPCF, 1980); la SARH, (1978, 1981a, 1982 b,c,d, 1983) y Schwöberbel (1975), utilizando envases de plástico de 1 litro de capacidad, el de sedimentos se realizó

tomando 2 Kg de muestra directamente del cauce y transportándola en bolsas de plástico a una temperatura de 4 °C. Se muestreó en los 10 cm superiores, ya que interesa la depositación reciente del tóxico y se realizó como lo recomienda la metodología CEPIS, (1988).

Las muestras de agua se tomaron de la superficie, ya que la profundidad promedio en los ríos fue de 0.20 m.

Los parámetros fisicoquímicos que se eligieron fueron con base a esta metodología CEPIS, siendo los siguientes:

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS
Temperatura (°C)	Termómetro
pH	Potenciométrico
Conductividad (μ mhos/cm)	Conductimétrico
Oxígeno disuelto (mg/l)	Iodométrico o de Winkler
Cloruros (mg/l)	Técnica de Mohor
N orgánico (mg/l)	Kjeldahl
NH ₃ (mg/l)	Kjeldahl
NO ₂ (mg/l)	Sulfato de brucina
NO ₃ (mg/l)	Diazoación
Sólidos suspendidos tot. (mg/l)	Gravimétrico
Pb (mg/l)	Espectrofotométrico
Cr (mg/l)	Espectrofotométrico
Zn (mg/l)	Espectrofotométrico

4.4 Muestreo y análisis biológicos.

Para la primera etapa (1986), las muestras bacteriológicas se tomaron en botellas de DBO con tapón esmerilado de 125 ml de capacidad, las cuales fueron previamente tratadas con 0.1 ml de una solución al 10 % de tiosulfato de sodio (para evitar la acción bactericida del cloro residual) y 0.3 ml de una solución al 15 % de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) para reducir la toxicidad de los posibles metales pesados presentes en la muestra. Posteriormente se sellaron con papel aluminio y se esterilizaron. La muestra se tomó contra la corriente a una profundidad aproximada de 15 cm.

En el análisis se utilizó la técnica del Número más Probable (NMP/100 ml) para determinar los organismos coliformes indicadores de contaminación. Se determinaron coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.

Para el muestreo de plancton, se utilizó una red de plancton No. 20, con abertura de malla de 76μ , realizando el arrastre a contracorriente durante 2 minutos a una profundidad de 10 cm (superficial). La muestra obtenida se depositó en frascos de vidrio de boca ancha con capacidad de 125 ml. Se preservaron inmediatamente adicionando 5 ml de formol para obtener una concentración al 4 %.

Análisis cualitativo de plancton. - Los organismos planctónicos fueron identificados de acuerdo con Jahn, (1949); Edmonson, (1959); Eddy y Hodson, (1961); Salas, (1963); Kudo, (1966); Yacubson, (1969, 1974); Prescott, (1970); Quigley, (1970); Weber, (1971); Barnes, (1977); Bold y Wynne, (1978); Manilla, (1978); Needham y Needham, (1978); (APHA, AWWA, WPCF, 1980); García y Hernández, (1982) y Ortega, (1984).

Análisis cuantitativo de plancton. - Para el análisis cuantitativo se aplicó el método de conteo microdiagonal de Lackey (APHA, et al. op. cit.).

4.5 Análisis de datos.

La calidad del agua en las estaciones estudiadas, se evaluó a través de los cambios estructurales de la comunidad planctónica conjuntamente con los parámetros fisicoquímicos determinados en cada una de ellas, realizando posteriormente una discusión integral de los datos obtenidos en la zona con la finalidad de relacionar la calidad de los cuerpos de agua en estudio con los posibles usos a que se les puede destinar, así como una evaluación preliminar del impacto de los tóxicos sobre la biota autótrofa.

Parámetros fisicoquímicos. - Dentro de los objetivos de este estudio se contempla el de determinar preliminarmente el grado de afectación de las corrientes de los tres ríos en estudio, utilizando la metodología propuesta por el CEPIS, para lo cual es necesario aplicar un modelo matemático que permita realizar dicha evaluación, con el fin de estimar la magnitud relativa del problema ocasionado por las sustancias tóxicas y que permita establecer prioridades e identifique, en conjunto con los cambios estructurales de la comunidad planctónica, aquellas áreas en donde se requiere un análisis más detallado, para lo cual se consideran tres factores fundamentales: a) descarga de la sustancia química; b) naturaleza del cuerpo de agua receptor/destino de la sustancia química; c) criterios/guías/estándares de calidad del agua (Tabla 1).

TABLA 1. VALORES ESTABLECIDOS PARA LA PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA EN AGUAS DULCES.

PARAMETRO	LIMITE PERMISIBLE	REFERENCIAS
Temperatura	Cond. nat. ($\pm 1.5^{\circ}\text{C}$)	(SEDUE, 1989)
pH	6.5 - 9.0	(SEDUE/SARH/Pesca/SSa/Marina, 1988)
Alcalinidad total	20 mg/l	(SEDUE/SARH/Pesca/SSa/Marina, 1988)
Oxígeno disuelto	5 mg/l	(SEDUE, 1989)
DBO5	6 mg/l	(Arrignon, 1979).
DQO	6 mg/l	(Arrignon, 1979).
Grasas y aceites	0.0001 mg/l	(SEDUE/SARH/Pesca/SSa/Marina, 1988)
SAAM	0.1 mg/l	(SEDUE, 1989)
Dureza total	150 mg/l	(Arrignon, 1979).
Nitrógeno total	No provoque hiperfertilización.	(SEDUE, 1989)
Nitrógeno orgánico	No provoque hiperfertilización.	(SEDUE, 1989)
NH3	0.03 mg/l	(SEDUE, 1989)
NO3	0 - 11 mg/l	(Arrignon, 1979).
NO2	1.0 mg/l	(Arrignon, 1979).
Fósforo total	0.0001 mg/l	(SEDUE/SARH/Pesca/SSa/Marina, 1988)
Fósforo orto	0.025 mg/l	(SEDUE/SARH/Pesca/SSa/Marina, 1988)
Sulfatos	0.005 mg/l	(SEDUE, 1989)
Turbiedad	Cond. nat.	(SEDUE, 1986)
Conductividad	500 $\mu\text{mhos/cm}$	(Dabitt, 1955)
Sólidos suspendidos	25 mg/l	(Alabaster y Lloyd, 1988)
Sólidos disueltos	< 2000 mg/l	(SEDUE, 1986)
Sólidos sediment.	1.0 ml/l (para descargas de aguas residuales)	(SEDUE, 1986)
Fenoles	0.1 mg/l	(SEDUE, 1989)
Cianuros	0.005 mg/l	(SEDUE, 1989)
Cloruros	250 mg/l	(SEDUE, 1989)
Cromo tot.	0.001 mg/l	(Mc Neely, <i>et al.</i> , 1979)
Cromo hexavalente	0.01 mg/l	(SEDUE, 1989)
Níquel	0.025 mg/l	(Mc Neely, <i>et al.</i> , 1979)
Cadmio	0.01 mg/l	(SEDUE, 1986)
Hierro	1.0 mg/l	(SEDUE, 1989)
Cobre	0.1 mg/l	(SEDUE, 1986)

TABLA 1. Continuación.

PARAMETRO	LIMITE PERMISIBLE	REFERENCIAS
Plomo	0.10 mg/l	(SEDUE, 1986)
Zinc	0.03 mg/l	(Mc.Neely, et al., 1979)
Coliformes tot.	10,000 NMP/100 ml	(SEDUE, 1986)
Coliformes fecales	200 NMP/100 ml	(SEDUE, 1989)

Con base en estos componentes, se optó por trabajar con el modelo desarrollado por el Midwest Research Institute (MRI) para la Environmental Protection Agency [Aereawide Assessment Procedures Manual (CEPIS, 1988)].

Como se menciona en el manual del CEPIS, op. cit., el Midwest Research Institute estudió y preparó una serie de funciones de carga a fin de evaluar la magnitud de las descargas dispersas, las cuales asumen la forma de ecuaciones algebraicas que se pueden resolver sin empleo de computadoras. La expresión general para cargas de metales provenientes de descargas no identificadas a un curso receptor es:

$$Y \text{ (HM)}_{\text{sed R}} = Q \left[C \text{ (HM)}_A - C \text{ (HM)}_B \right] 8.64 \cdot 10^{-5}$$

donde:

$Y \text{ (HM)}_{\text{sed}}$ = carga total de metales pesados (Kg/día)

$C \text{ (HM)}_A$ = concentración total de metales pesados en el curso receptor ($\mu\text{g/l}$).

$C \text{ (HM)}_B$ = concentración total de metales pesados de base ($\mu\text{g/l}$).

Q_R = caudal del cuerpo receptor (l/s).

$8.64 \cdot 10^{-5}$ = constante dimensional para obtener las unidades de $Y \text{ (HM)}_{\text{sed}}$

Con base en las tablas proporcionadas en el manual de CEPIS para calcular cada parte de la fórmula genérica MRI y obteniendo el resultado final, éste se compara con guías o estándares de calidad del agua (en este caso con la Legislación Mexicana) y se obtiene una evaluación rápida del riesgo al ecosistema por contaminación toxicológica. Cabe mencionar que en la primera etapa sólo se trabajó con estándares de calidad comparados con parámetros fisicoquímicos y biológicos, mas no se realizó una valoración toxicológica.

Parámetros biológicos. - El cambio estructural en la comunidad biológica es una función compleja de composición taxonómica, riqueza de especies, la abundancia relativa y densidad de individuos. Aunque el análisis incluya estos aspectos, los resultados son limitados, ya que las especies presentan conductas con diferentes tipos de respuestas, de acuerdo a su condición **esteno** (espectro ecológico reducido) o **euri** (espectro ecológico amplio). Como una evaluación preliminar, respaldada por determinaciones fisicoquímicas, en este trabajo se utilizó la

estructura inicial de la comunidad como referencia para determinar la influencia de los cambios antropogénicos o estrés sobre los organismos utilizando el Índice Secuencial de Comparación de Cairns y Dickson (1971, 1973).

La aplicación de índices a nivel de comunidad es una parte importante en las valoraciones del impacto al ambiente, ya sea por descargas orgánicas o metales pesados, ya que representa la tensión o estrés sobre los grados de mortalidad de las especies individuales dentro de la comunidad sujetas a una exposición aguda (Bpyle et al., 1990).

Los datos obtenidos del análisis de los organismos planctónicos presentes en los tres ríos estudiados fueron analizados por medio de la aplicación del Índice Secuencial de Comparación de Cairns y Dickson sugerido por Brower y Zar, (1977); Persoone y De Pauw, (1978); Villegas y De Giner, (1972).

El análisis de los resultados parte de la premisa de que las aguas que no reciben desechos tienen una gran variedad de vida acuática; la adición sustancial de contaminantes reduce el número de organismos y los que permanecen están representados por grandes grupos de individuos resistentes a esas condiciones (Villegas y De Giner, op. cit.).

El Índice Secuencial de Comparación (ISC) es recomendado para trabajos rutinarios de control de la calidad del agua y se basa en la Teoría de las Corridas (Run Theory) (Cairns y Dickson, 1971). Aquí interviene solo el 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.

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

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

El número total de Taxa se determina ya que se han terminado las comparaciones entre individuos (Cairns y Dickson, 1971; Persoone y De Pauw, op. cit.).

La escala de contaminación propuesta por Cairns y Dickson en su índice es la siguiente:

ESCALA	CALIDAD DEL AGUA
< 8	Contaminada
8 - 12	Semicontaminada
> 12	No contaminada

Se seleccionó este método debido a que no exige un reconocimiento taxonómico a nivel de especie y los resultados que proporciona se han considerado estadísticamente confiables según Cairns y Dickson. Además, éste método ha sido aplicado en trabajos realizados en México como el de García (1985) y Huerto (1988) en estudios rutinarios de calidad del agua.

5 RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1 Primera etapa: Rio Cuautla.

Como se anotó en los apartados anteriores, en esta primera etapa (1985-86), se tenía como antecedente de acuerdo con García, (1985), que la zona media del río Cuautla (ciudad de Cuautla), se encontraba afectada por la descarga puntual de la tenería Morelos, por lo cual se procedió a determinar la calidad de su agua en un transecto de 23 kilómetros río abajo, abarcando antes en y después de dicha descarga industrial.

Resultados y discusión de parámetros fisicoquímicos.- Con relación a los parámetros fisicoquímicos analizados, se observa en la Tabla 2 los valores promedio para cada uno de ellos en las estaciones muestreadas, comparados con sus límites permisibles para protección de la vida acuática (Tabla 1).

Del análisis de estos resultados, resalta claramente que de los 35 parámetros analizados, 17 rebasan los estándares de calidad propuestos para nuestro país, representando el 48% del total, siendo éstos la alcalinidad, DQO, grasas y aceites, SAAM, fosfato, ortofosfato, sulfatos y zinc, que exceden los límites permisibles máximos tolerables en los 23 kilómetros muestreados; dureza y sólidos suspendidos, desde Apatlaco (kilómetro 3.5) a Pescadores (kilómetro 23), afectando 19.5 kilómetros; la conductividad desde Tenería hasta Pescadores, afectando 18 kilómetros; fierro y sólidos sedimentables de Apatlaco a San Pedro, impactando 1.5 kilómetros y oxígeno disuelto, DBO, NH_3 y cromo total en la estación donde descarga la tenería Morelos (kilómetro 5).

Los 8 parámetros fisicoquímicos que rebasan las normas propuestas y/o establecidas que afectaron los 23 kilómetros muestreados en el río Cuautla, indican un gran contenido de materia orgánica, siendo la calidad del agua como sigue: La alcalinidad se presentó en un intervalo de 148 ± 18 mg/l en el kilómetro 0 a 276 ± 2 mg/l en el kilómetro 14, siendo el límite propuesto por SEDUE, et al. (1988) de 20 mg/l y rebasándose considerablemente esta norma, indica que existe una fuente de carbono accesible a organismos autótrofos (fitoplancton) y que ésta fuente aumenta al avanzar del kilómetro 0 al 23 lo que denota descargas intermitentes a través del cauce. La DQO presentó una concentración mínima de 7.8 ± 6 mg/l en el kilómetro 0 a un máximo de 125 ± 61 mg/l en la estación Tenería (Km 5), detectando una descarga puntual de tipo industrial. Esta concentración tiende a disminuir aguas abajo (Tabla 2), el límite establecido es de 6 mg/l (Tabla 1). Con base en esto, se presentan condiciones críticas de contaminación a lo largo del transecto estudiado.

TABLA 2. RESULTADOS PROMEDIO DE ANALISIS FISICOQUIMICOS EN LAS 6 ESTACIONES MUESTREADAS EN EL RIO CUAUTLA, HDR. (1986).

PARAMETRO	MANANTIALES (0 Km)	APATLACD (3.5 Km)	TENERIA (5 Km)	S. PEDRO (6.5 Km)	CEBOLLAS (14 Km)	PESCADORES (21 Km)
Temperatura amb. (°C)	30 ± 5.8	27 ± 6.4	30 ± 3.7	29 ± 3.3	31 ± 5	30 ± 4.1
Temperatura agua (°C)	20 ± 0.35	23 ± 2.6	24 ± 2	25 ± 2.9	26 ± 3.1	25 ± 3
pH	9 ± 0.63	8.4 ± 0.57	8 ± 0.7	8.2 ± 0.61	8.6 ± 0.8	8.5 ± 0.6
Alcalinidad tot. (mg/l)	148 ± 18	184 ± 51	274 ± 77	218 ± 35	276 ± 72	274 ± 71
Oxígeno disuelto (mg/l)	7 ± 1.0	7 ± 0.98	1.86 ± 1.32	4 ± 1.4	8.3 ± 1.9	8.6 ± 2.6
DBO5 (mg/l)	1.4 ± 0.89	1.14 ± 0.37	29 ± 10	7.3 ± 3.4	3.9 ± 2.5	3.4 ± 3.3
DDO (mg/l)	7.8 ± 6	22 ± 19	125 ± 61	35 ± 18	20.3 ± 16	22.8 ± 20
Grasas y aceites (mg/l)	19.5 ± 12	12.7 ± 8.6	24 ± 12	17 ± 9	20.3 ± 14	16.3 ± 9
SAAM (mg/l)	0.27 ± 0.18	0.24 ± 0.22	2.62 ± 1.3	1.2 ± 0.46	0.315 ± 0.23	0.25 ± 0.29
Dureza tot. (mg/l)	131 ± 61	202 ± 89	218 ± 77	239 ± 106	317 ± 90	285 ± 115
Nitrógeno tot. (mg/l)	1.42 ± 1.6	1.29 ± 1.14	15.3 ± 5.4	2.4 ± 1.0	1.16 ± 0.9	1.44 ± 1.3
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	< 0.05	< 0.05	10.16 ± 5.6	1.0 ± 0.6	< 0.05	< 0.05
Nitrógeno orgánico (mg/l)	1.42 ± 1.6	1.24 ± 1.2	5.18 ± 1.5	1.9 ± 0.77	1.3 ± 0.6	1.4 ± 1.3
Nitratos (mg/l)	0.6 ± 0.4	0.63 ± 0.25	0.208 ± 0.09	0.44 ± 0.23	0.99 ± 0.05	0.06 ± 0.46
Nitritos (mg/l)	< 0.001	0.01 ± 0.003	0.0525 ± 0.07	0.08 ± 0.06	0.158 ± 0.13	0.033 ± 0.0
Fósforo tot. (mg/l)	0.2 ± 0.09	0.31 ± 0.22	1.11 ± 0.42	0.65 ± 0.35	0.36 ± 0.17	1.0 ± 2.3
Ortofosfatos (mg/l)	0.23 ± 0.29	0.15 ± 0.09	0.7 ± 0.32	0.38 ± 0.18	0.27 ± 0.09	0.14 ± 0.016
Sulfatos (mg/l)	9.4 ± 2.2	47 ± 15	166 ± 70	55 ± 22	165 ± 49	203 ± 43
Turbiedad ppm SiO2	5 ± 4.4	19 ± 12	168 ± 93	193 ± 177	192 ± 275	410 ± 177
Conductividad (µmhos/cm)	308 ± 20	411 ± 58	1432 ± 973	578 ± 116	706 ± 82	796 ± 124
Sólidos tot. (mg/l)	277 ± 34	511 ± 212	1034 ± 617	532 ± 137	628 ± 110	759 ± 233
Sólidos suspend. (mg/l)	7.6 ± 4.6	161 ± 210	72 ± 32	130 ± 142	33 ± 30	163 ± 307
Sólidos dis. (mg/l)	265 ± 28	306 ± 88	933 ± 619	402 ± 128	553 ± 67	596 ± 104
Sólidos sedim. (mg/l)	< 0.01	1.61 ± 1.8	0.59 ± 0.4	1.35 ± 0.48	0.04 ± 0.24	< 0.01
Fenoles (mg/l)	< 0.001	0.011 ± 0.015	0.04 ± 0.03	0.023 ± 0.03	0.014 ± 0.018	0.009 ± 0.006
Cianuros (mg/l)	-----	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cromo tot. (mg/l)	< 0.1	< 0.1	0.31 ± 0.18	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cromo hexavalente (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Niquel (mg/l)	-----	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cadmio (mg/l)	-----	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Hierro (mg/l)	< 0.1	2.86 ± 3.3	1.21 ± 1.26	2.04 ± 1.9	0.862 ± 0.0	0.3 ± 0.2
Cobre (mg/l)	-----	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Plomo (mg/l)	0.0073 ± 0.004	0.044 ± 0.09	0.019 ± 0.007	0.03 ± 0.05	0.01 ± 0.004	0.013 ± 0.006
Zinc (mg/l)	0.045 ± 0.0	0.05 ± 0.014	0.066 ± 0.022	0.1 ± 0.2	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.001
Cloruros (mg/l)	7.6 ± 5.31	8.2 ± 4.14	150 ± 69	19 ± 6.7	14 ± 5	28 ± 20

Las grasas y aceites presentaron una concentración mínima de 12.7 \pm 8.6 mg/l en el kilómetro 3.5 y máximo de 24 \pm 12 mg/l en la estación Tenería (Km 5), definiendo nuevamente la descarga industrial presente. El límite establecido para este parámetro es de 0.0001 mg/l (SEDUE, et al., ODL, cit.), aunque solo en el kilómetro 5 se observaron manchas de grasa y aceite que afectaban el sistema (impidiendo el intercambio de oxígeno con la atmósfera). Los detergentes (SAM) presentaron un intervalo de 0.24 \pm 0.22 mg/l (Km 3.5) a 2.62 \pm 1.3 mg/l en el kilómetro 5 (Tenería), definiendo a su vez el efecto de esta descarga. El límite establecido es de 0.1 mg/l (SEDUE, 1989). El fósforo total, con un intervalo de 0.2 \pm 0.09 mg/l (Km 0) a 1.11 \pm 0.42 mg/l (Km 5) con un límite permisible de 0.0001 mg/l (SEDUE, et al., 1988) también define el transecto afectado por esta descarga, ya que tiende a disminuir a lo largo del cauce muestreado.

Los ortofosfatos con 0.14 \pm 0.16 mg/l (Km 23) y 0.7 \pm 0.32 mg/l (Km 5) presentan un comportamiento semejante al fosforo total. Su límite es 0.025 mg/l (Tablas 1,2). Los sulfatos con 19.4 \pm 2.2 mg/l (Km 0) a 203 \pm 43 mg/l (Km 23) tienden a ser arrastrados aguas abajo. El límite establecido es de 0.005 mg/l, lo que puede discutirse en aguas naturales, ya que los sulfatos son constituyentes minerales mayores de la corteza terrestre, que pueden ser incorporados por lixiviación y presentarse en cantidades elevadas, pero no representan un riesgo a la salud del ecosistema y sólo para ciertos usos del agua como son industria y recreación (SARH, 1978).

Por último, se tiene que el zinc se presenta en un intervalo de 0.03 \pm 0.01 mg/l (Km 14) a 0.1 \pm 0.2 mg/l (Km 6.5) con un límite de 0.03 mg/l (Mc Neely, et al., 1979). El zinc se incorpora al sistema o se precipita al sedimento, actuando éste como fuente potencial del micronutriente para la biota que ahí se encuentra.

Estos parámetros indican dos cosas fundamentales: en primer lugar y dado que rebasan los límites para protección de la vida acuática, denotan que existe una descarga de tipo orgánico constante a través de todo el segmento del río muestreado. Por otro lado, muestran una marcada diferenciación en la calidad del agua a la altura del kilómetro 5 (Tenería), señalando que la entrada del afluente de esta industria crea condiciones adversas para el desarrollo de la biota o algún uso específico del agua en ese punto.

Los demás parámetros refuerzan que la descarga es de tipo orgánico y el segmento impactado por la Tenería Morelos se establece con los valores obtenidos en DBO, OD, NH₃ y Cr total (Tabla 2). Por otro lado, las condiciones generales desde el punto de vista físico y químico, favorecen el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica al disponer de una cantidad suficiente de nutrientes. Por último, se puede asumir que existe una asimilación activa de estos nutrientes en la corriente, ya que

las descargas recibidas por ésta, a pesar de ser muy concentradas, no alteran el ciclo de los nutrientes en el sistema y son incorporados de inmediato.

Resultados y discusión de parámetros biológicos.- En los resultados bacteriológicos del sitio de muestreo (Tabla 3), se obtuvieron 70 valores de NMP/100 ml para coliformes totales, de éstos, 11 se consideraron solamente en aproximación, debido a que la lectura dió un código con el símbolo 2, para 10 de ellos y 1 para uno solo (estación Pescadores en el mes de septiembre). Como estos valores no son reales, no se discutirán.

Los 59 resultados reales de coliformes totales, presentaron un porcentaje de 93.3 % que sobrepasa el límite permisible para uso doméstico y protección de la vida silvestre establecidos por la Legislación Relativa al Agua y a su Contaminación, publicada en el Diario Oficial en el mes de diciembre de 1975 y tan solo el 6.78 % se encuentran bajo este límite. Con relación a los límites permisibles para protección de la vida acuática propuestos por SEDUE (1986, 1989) (Tabla 1) que corresponde a 10 000 coliformes totales y 200 coliformes fecales, se tiene que de los 59 valores, solo 6 están por debajo del límite permisible en cuanto a coliformes totales y todos los de coliformes fecales sobrepasan el límite propuesto.

Estos resultados restringen el uso del agua del río Cuautla para abastecimiento y recreación con contacto primario. En general, la calidad bacteriológica del agua indica que existe peligro de transmisión de enfermedades gastrointestinales. Se infiere que el origen de la contaminación bacteriológica es causada por desechos de procedencia humana (Fig. 4).

Plancton.- Se identificaron en total 45 géneros y 71 especies, de las cuales el 74.7 % corresponde al fitoplancton y el 25.3 % al zooplancton, presentando 6 Taxa principales con la siguiente distribución en porcentaje (Tablas 4,5).

FITOPLANCTON:

Chromophyta	46.5 %
Chlorophyta	18.3 %
Cyanophyta	9.9 %

ZOOPLANCTON:

Protozoa	18.3 %
Rotifera	4.23%
Nematoda	2.8 %

TABLA 3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLÓGICOS (NMP/100 ml) EN EL RIO CUAUTLA (1986).

ESTACION	AGOSTO (1985)	SEPTIEM. (1985)	OCTUBRE (1985)	NOVIEM. (1985)	DICIEM. (1985)	ENEHO (1986)	FEBRERO (1986)	MARZO (1986)	ABRIL (1986)	MAYO (1986)	JUNIO (1986)	JULIO (1986)	AGOSTO (1986)
Km													
CT	-	-	-	-	-	-	2.40E+4	3.50E+5	1.66E+4	-	1.10E+5	1.10E+6	4.30E+5
D													
CF	-	-	-	-	-	-	2.40E+4	1.50E+5	6.80E+3	-	3.50E+4	7.80E+5	4.30E+5
EF	-	-	-	-	-	-	1.10E+3	1.50E+4	6.80E+2	-	5.90E+2	3.30E+2	4.00E+3
CF/EF	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	59	2 363	107
Km													
CT	2.40E+8	2.40E+4	4.00E+5	3.00E+3	1.50E+3	2.40E+5	3.30E+4	2.40E+5	1.50E+4	7.80E+4	1.65E+4	1.10E+5	1.10E+6
3.5													
CF	2.40E+8	2.40E+4	3.00E+5	3.00E+3	9.30E+4	-	3.30E+4	9.60E+4	8.40E+3	7.80E+4	6.65E+3	3.50E+4	3.50E+5
EF	2.40E+6	1.10E+3	3.00E+5	7.00E+2	1.50E+3	1.10E+4	9.30E+3	2.20E+3	1.00E+3	6.80E+2	6.25E+2	2.40E+3	3.50E+2
CF/EF	-	-	11	4.28	62	-	3.55	43.6	8.4	115	10.6	14.6	1 000
Km													
CT	2.40E+9	2.40E+8	2.40E+8	1.10E+9	1.10E+10	1.10E+11	2.40E+9	6.20E+11	8.60E+10	2.30E+10	1.10E+11	7.80E+11	5.80E+11
5													
CF	2.40E+9	1.10E+8	2.40E+8	7.00E+8	1.10E+10	-	2.40E+9	2.60E+11	5.60E+10	1.60E+10	6.70E+10	3.30E+11	5.80E+11
EF	2.10E+7	1.10E+7	2.40E+7	9.00E+7	4.30E+7	4.60E+9	1.20E+9	5.60E+10	1.20E+9	6.50E+7	-	6.80E+9	9.00E+9
CF/EF	-	10	10	7.7	255	-	-	4.64	48.3	246	-	46.5	64
Km													
CT	4.60E+9	2.40E+5	2.10E+8	4.60E+8	2.40E+8	2.40E+9	2.40E+9	5.10E+8	1.30E+8	9.30E+7	2.40E+7	3.50E+8	2.40E+7
6.5													
CF	4.60E+9	1.10E+5	1.50E+8	4.60E+8	9.30E+7	-	6.55E+8	1.60E+8	1.30E+8	2.30E+7	1.10E+7	1.67E+8	1.67E+7
EF	4.00E+5	1.10E+4	4.00E+6	9.00E+5	9.30E+6	2.40E+8	1.75E+6	4.00E+6	8.00E+6	4.00E+5	4.60E+5	1.60E+6	3.30E+5
CF/EF	1 150	10	38	511	10	-	374	40	16	58	28	104	51
Km													
CT	1.10E+9	1.10E+5	1.50E+7	2.00E+6	1.50E+7	1.10E+8	1.75E+9	2.90E+6	3.55E+6	1.50E+6	6.70E+6	2.10E+7	3.50E+5
14													
CF	4.60E+8	2.40E+4	9.30E+4	2.00E+6	1.50E+7	-	9.00E+5	9.00E+5	1.80E+6	1.50E+4	6.70E+6	1.50E+7	3.50E+5
EF	4.60E+8	4.30E+3	7.10E+5	2.30E+5	1.30E+4	1.10E+7	9.50E+4	3.40E+4	2.15E+5	3.00E+4	1.32E+5	6.50E+2	4.00E+3
CF/EF	100	5.6	0.13	6.7	1 154	-	9.5	26.5	8.37	0.5	51	23 076	88
Km													
CT	9.30E+7	2.40E+5	7.00E+4	4.00E+3	9.30E+4	7.50E+4	9.00E+3	3.50E+4	1.60E+3	3.30E+3	1.10E+5	8.15E+4	-
21													
CF	9.30E+7	2.40E+5	4.00E+4	4.00E+4	4.30E+4	-	9.00E+3	1.70E+3	9.00E+2	1.60E+3	2.25E+4	4.30E+4	-
EF	1.50E+6	2.40E+3	90	30	9.30E+2	2.30E+2	6.50E+2	6.80E+2	795	1.20E+3	2.40E+3	6.50E+2	-
CF/EF	62	-	444	-	46.2	-	14	2.5	1.13	1.33	9.37	66	-

- = No determinado.

CT= Coliformes totales.

CF= Coliformes fecales.

EF= Estreptococos fecales.

CF/EF= Coeficiente col. fec./ estrepto. fec.

2.40E+3 = 2400

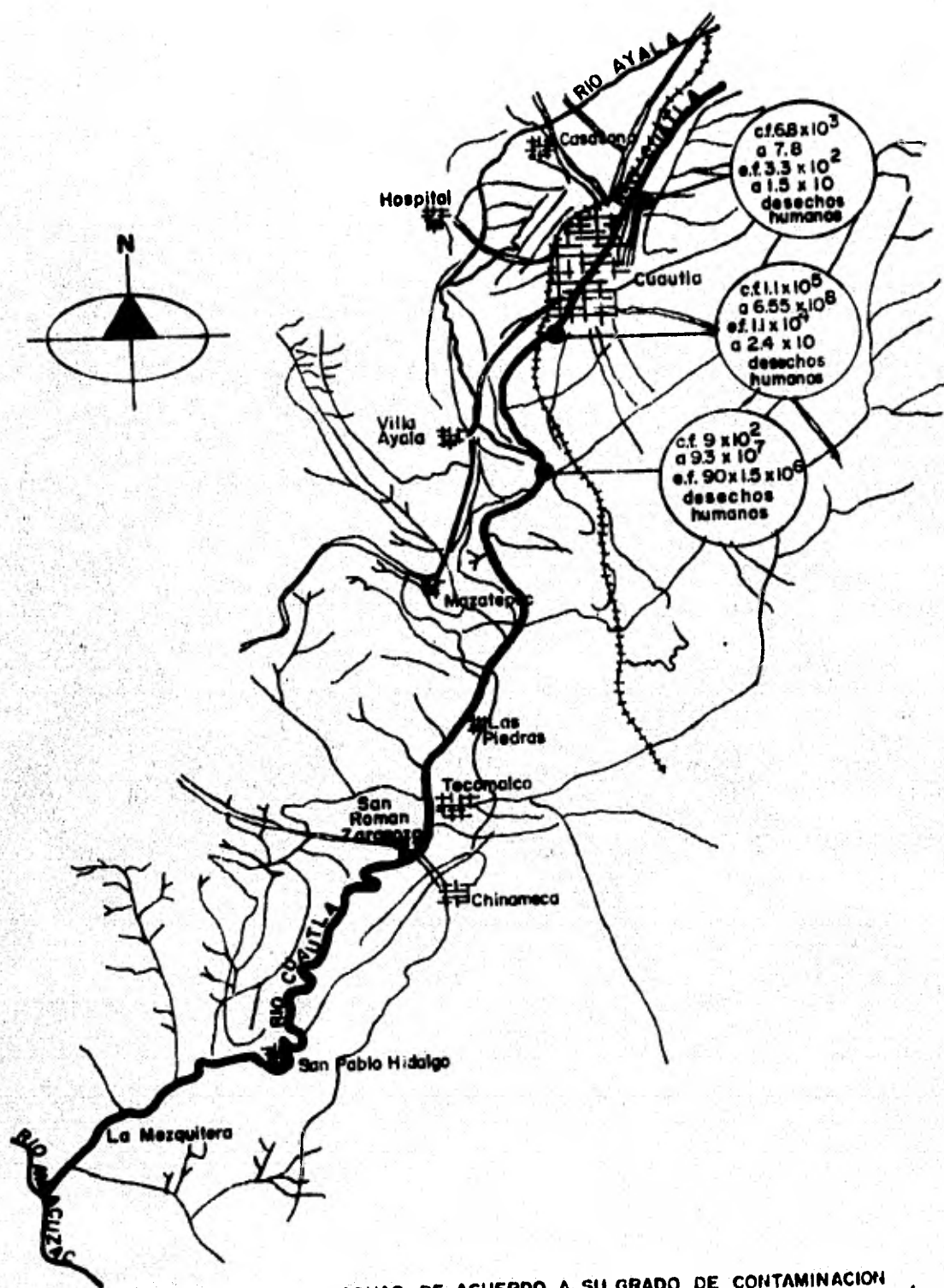


FIG. 4. CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE ACUERDO A SU GRADO DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA (RIO CUAUTLA) (1986).

De aquí se puede notar que la estructura de la comunidad se basa en especies pertenecientes a la relación Chrysophyta-Protozoa, con especies cualitativamente dominantes pertenecientes a los géneros Cycotella, Melosira, Navicula, Nitzschia y Synedra para el fitoplancton; Arcella, Centropygia, Paramecium y Prorodon para el zooplancton (Tabla 4,5).

Al utilizar el Índice Secuencial de Comparación en el análisis cuantitativo de la comunidad planctónica, se obtuvieron los resultados de la tabla 6, los cuales se interpretaron de acuerdo a la escala presentada en el apartado de Análisis de datos.

Tomando en cuenta esta escala, se observa en la figura 5, que a partir de la estación Manantiales (Km 0) a la de San Pedro (km 6.5) aguas abajo, las fluctuaciones mensuales en la calidad del agua permanecen en zonas que van de fuerte a medianamente contaminada, sobre todo en la estación Tenería, donde se recibe la descarga de esta industria, confiriéndole una calidad fuertemente contaminada; a pesar de este hecho, en las dos últimas estaciones existe una notable recuperación de la calidad del agua, otorgándole una contaminación ligera la mayor parte del año, sobre todo en la última estación, lo que indica la capacidad de autodepuración de la corriente.

La capacidad autodepurativa del río Cuautla, se observa más claramente en la figura 6, donde se han graficado los promedios obtenidos de los diferentes índices secuenciales de comparación calculados en cada mes de muestreo. Con esta figura se observa la gran capacidad de depuración, ya que la corriente se recupera activamente a través de su recorrido, no obstante las descargas de origen agropecuario observadas hasta el kilómetro 14.

Con respecto a la comunidad planctónica y con base a los resultados descritos por Kylesowa, citados por Angeli, N. (1979), con relación a las fases de autodepuración de las corrientes, se observa que existen Chlorococcales de los géneros Pediastrum y Scenedesmus, los cuales son abundantes, aunque no se realizaron determinaciones cuantitativas de éstos. También se desarrolla un zooplancton abundante compuesto principalmente de protozoarios (Tablas 4,5). Disminuyen la DBO y la DQO, aumentando el oxígeno disuelto, dando por resultado una fase de hiperautotrofia que indica que los efluentes se mineralizan activamente. Existe una fase de heterotrofia en la estación Tenería, con una DBO y DQO elevadas dando lugar a un importante déficit de oxígeno, lo que indica que la mineralización no es tan activa, permaneciendo así hasta la siguiente estación (San Pedro), a 1 kilómetro de distancia río abajo, pero recuperándose 10 kilómetros después (Pescadores).

Los géneros fitoplanctónicos anotados al principio de esta discusión y que son Cycotella, Melosira, Navicula, Nitzschia y Synedra, son considerados como organismos tolerantes a la contaminación de tipo orgánico, según Palmer (1975).

TABLA 4. ESPECIES FITOPLANCTONICAS IDENTIFICADAS EN EL RIO CUAUTLA, MOR. (1986).

GENERO Y ESPECIE	MAHANTIA- LES (0 Km) ESTACION 1	APATLACO (3.5 Km) ESTACION 2	TENERIA (5 Km) ESTACION 3	S. PEDRO (6.5 Km) ESTACION 4	CEBOLLAS (14 Km) ESTACION 5	PESCADORES (23 Km) ESTACION 6
DIVISION CHLOROPHYTA						
<u>Chlamydomonas incerta</u>	+	+		+		+
<u>Chladophora sp</u>		+	+	+	+	+
<u>Closterium costatum</u>		+		+	+	+
<u>Closterium lineolatum</u>	+	+		+	+	+
<u>Closterium parvulum</u>				+		+
<u>Cosmarium sp</u>		+			+	+
<u>Oedogonium sp</u>					+	+
<u>Pediastrum sp</u>	+	+				+
<u>Scenedesmus bilugatus</u>	+		+	+	+	+
<u>Scenedesmus quadricauda</u>					+	+
<u>Spirogyra ternata</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Ulothrix sp 1</u>		+				+
<u>Ulothrix sp 2</u>		+	+	+	+	+
DIVISION CHROMOPHYTA						
<u>Amphiphora paludosa</u>						+
<u>Cocconeis pediculus</u>	+	+			+	+
<u>Cocconeis placentula</u>		+	+		+	+
<u>Cyclotella atomus</u>	+	+		+	+	+
<u>Cyclotella striata</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Cymbella prostrata</u>		+				+
<u>Fragilaria crotonensis</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Gomphonema sp 1</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Gomphonema angustatum</u>		+		+	+	+
<u>Gyrosigma attenuatum</u>		+			+	+
<u>Gyrosigma sp 2</u>		+				+
<u>Melosira ambigua</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Melosira granulata</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Melosira varians</u>	+	+		+	+	+
<u>Navicula sp 1</u>		+		+	+	+
<u>Navicula sp 2</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Navicula sp 3</u>		+		+	+	+
<u>Navicula sp 4</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Navicula sp 5</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Navicula sp 6</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Navicula sp 7</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Navicula sp 8</u>	+	+	+	+	+	+

Tabla 4. Continuación

GENERO Y ESPECIE	MAHANIYA- LES (0 Km) ESTACION 1	APATLACO (3.5 Km) ESTACION 2	TENERIA (5 Km) ESTACION 3	S. PEDRO (6.5 Km) ESTACION 4	CEBOLLAS (14 Km) ESTACION 5	PESCADORES (23 Km) ESTACION 6
<u>Nitzschia</u> sp 1	+	+	+	+	+	+
<u>Nitzschia</u> sp 2	+	+	+	+	+	+
<u>Nitzschia</u> sp 3		+		+		
<u>Nitzschia lorenziana</u>		+	+			+
<u>Nitzschia obtusa</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Nitzschia palea</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Pinnularia</u> sp		+		+		
<u>Surirella</u> sp 1		+				
<u>Surirella</u> sp 2		+		+	+	+
<u>Synedra ulna</u>	+	+	+	+	+	+
<u>Synedra</u> sp 2		+	+	+	+	+
<u>Synedra pulchella</u>					+	+
DIVISION CYANOPHYTA						
<u>Anabaena</u> sp 1	+	+	+	+	+	+
<u>Anabaena</u> sp 2	+	+	+	+	+	+
<u>Chroococcus</u> sp	+					+
<u>Lyngbya</u> sp	+	+	+	+	+	+
<u>Merismopedia elegans</u>					+	+
<u>Oscillatoria</u> sp	+	+	+	+	+	+
<u>Spirulina major</u>		+	+		+	
TOTAL	29 especies	46 especies	28 especies	37 especies	42 especies	48 especies

+ = presencia

TABLA 5. ESPECIES ZOOPLANCTONICAS IDENTIFICADAS EN EL RIO CUAUTLA, MOR. (1986).

GENERO Y ESPECIE	HANANTIA- LES (0 Km) ESTACION 1	APATLACO (3.5 Km) ESTACION 2	TENERIA (5 Km) ESTACION 3	S PEDRO (6.5 Km) ESTACION 4	CEBOLLAS (14 Km) ESTACION 5	PESCADORES (23 Km) ESTACION 6
PHYLUM PROTOZOA						
<u>Arcella vulgaris</u>	†	†	†	†	†	
<u>Centropixis</u> sp	†	†	†	†	†	†
<u>Didinium</u> sp		†		†	†	
<u>Diffugia</u> sp		†				†
<u>Epistylis</u> sp		†			†	†
<u>Enchelys</u> sp			†	†		
<u>Frontonia</u> sp		†	†		†	†
<u>Paramecium</u> sp	†	†	†	†	†	
<u>Prorodon</u> sp 1	†	†	†	†	†	
<u>Prorodon</u> sp 2	†	†	†	†	†	†
<u>Brachelius</u> sp				†	†	
<u>Vorticella</u> sp	†	†		†	†	†
<u>Ulixesella elaboracensis</u>		†	†	†	†	
PHYLUM ROTIFERA						
<u>Chromogaster</u> sp	†		†	†	†	†
<u>Euchlanis</u> sp				†	†	†
<u>Keratella</u> sp	†				†	
PHYLUM NEMATODA						
<u>Panorolainus</u> sp	†	†	†	†	†	†
<u>Rabdolainus minor</u>		†	†	†		
TOTAL	9 especies	13 especies	12 especies	15 especies	15 especies	9 especies

† = presencia

TABLA 6. RESULTADOS DEL INDICE SECUENCIAL DE COMPARACION OBTENIDOS EN EL PLANCTON EN LAS 6 ESTACIONES DEL RIO CUAUTLA, MOR. (1986).

ESTACION	AGOSTO 1985	SEPTIEN. 1985	OCTUBRE 1985	NOVIEM. 1985	DICIEMBRE 1985	ENERO 1986	FEBRERO 1986	MARZO 1986	ABRIL 1986	MAYO 1986	JUNIO 1986	JULIO 1986	AGOSTO 1986	X	S
Manantiales (0 Km)	-	-	-	-	-	-	-	6.09	6.03	8.64	10.78	4.30	5.00	6.80	± 2.40
Apatlaco (3.5 Km)	6.00	4.32	4.40	6.24	4.40	9.50	9.68	6.72	8.55	9.80	4.45	8.10	6.00	6.78	± 2.10
Teneria (5 Km)	6.60	5.04	1.56	4.32	1.08	0.60	0.78	2.24	2.07	2.90	1.82	1.96	0.56	2.42	± 1.80
San Pedro (6.5 Km)	7.60	2.52	1.68	4.15	3.43	5.04	2.94	4.40	5.20	8.58	0.24	4.69	7.00	4.42	± 2.30
Cebollas (14 Km)	9.48	9.13	5.10	4.62	6.93	3.43	8.73	6.02	5.76	7.00	8.19	4.50	9.00	6.76	± 2.00
Pescadores (23 Km)	10.66	9.46	5.28	8.01	14.40	8.60	6.72	3.48	7.83	10.00	9.00	5.28	-	8.20	± 2.80

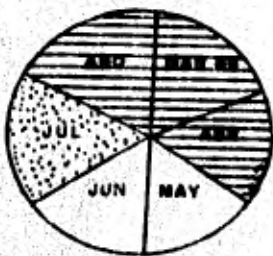
- = no se determinó

□
AGUAS LIGERAMENTE CONTAMINADAS

▨
AGUAS MEDIANAMENTE CONTAMINADAS

▩
AGUAS FUERTEMENTE CONTAMINADAS

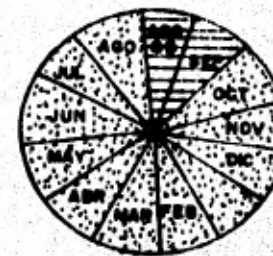
ESTACION 1
MANANTIALES 0 Km



ESTACION 2
APATLACO 3.5 Km



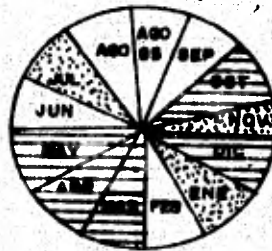
ESTACION 3
TENERIA (↓) (DESCARGA) 5 Km



ESTACION 4
SAN PEDRO 6.9 Km



ESTACION 5
CEBOLLAS (↓) (DESCARGA) 14 Km



ESTACION 6
PESCADORES 23 Km

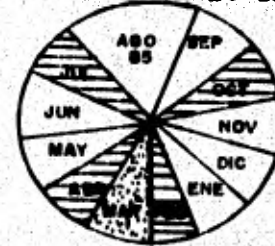


FIG. 5. VARIACIONES MENSUALES EN LA CALIDAD DEL AGUA, CON BASE EN LA APLICACION DEL ISC EN LA COMUNIDAD PLANCTONICA

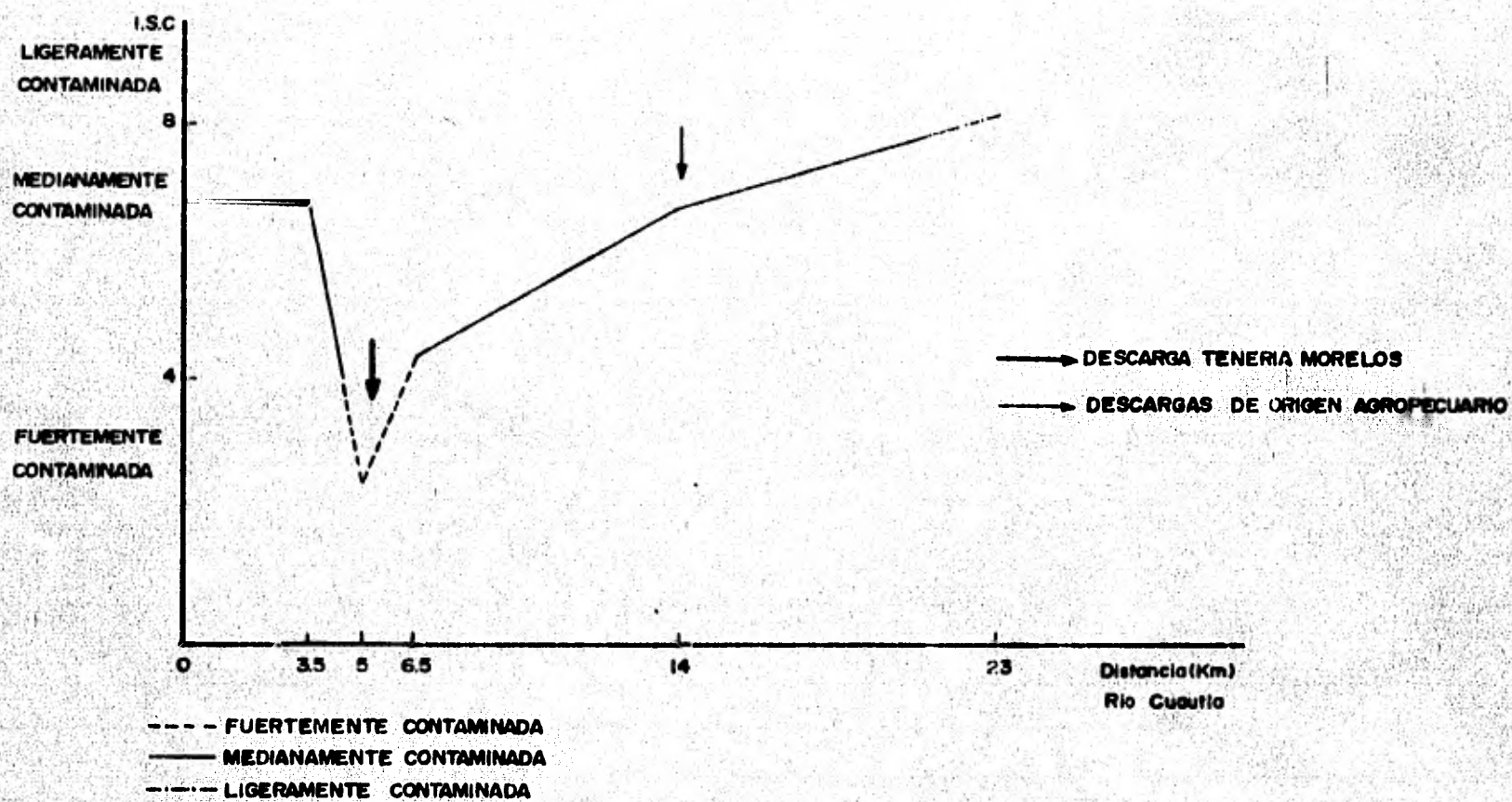


FIG. 6. VARIACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CUAUTLA, CON BASE EN LOS PROMEDIOS DEL ISC.

Por otro lado, Argella, Centropyxis, Paramecium y Prorodon en el zooplancton, se consideran organismos característicos de zonas mesosaprobias, es decir, en donde se lleva a cabo una mineralización activa de la materia orgánica (Kudo, 1966).

5.2 Segunda etapa: Inventario de tóxicos.

Los resultados obtenidos en la presente fase fueron analizados y registrados de acuerdo a los criterios que establece el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) para determinar diferentes aspectos toxicológicos presentes en el estado de Morelos, de acuerdo al Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales, integrando toda la información obtenida al respecto y dando una serie de recomendaciones para el mejor logro y aplicación de esta metodología.

Evaluación del riesgo. - Si se considera que el riesgo implica la probabilidad de un efecto adverso sobre la salud humana, el ambiente y/o la propiedad y el grado de peligro que involucra (CEPIS, 1988), se hace necesario recopilar la información sobre la naturaleza y extensión de la o las fuentes de contaminación.

Desechos industriales. - En Morelos, existen dos fuentes potenciales de contaminación industrial: la zona de Jiutepec-Emiliano Zapata-Zacatepec, la cual recibe la descarga de agua tratada proveniente de la Planta de Tratamiento de ECCACIV (Empresa para el Control de la Contaminación de las Aguas de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca), a la altura del municipio de Emiliano Zapata a través de la barranca Puente Blanco, la cual es afluente directo del río Apatlaco en el municipio de Xochitepec. En el municipio de Zacatepec, el mismo río Apatlaco recibe las descargas industriales del ingenio Emiliano Zapata.

La segunda zona expuesta a tóxicos industriales es la de la ciudad de Cuautla a la altura de San Pedro Apatlaco, donde el río Cuautla recibe las descargas de la Tenería Morelos.

Los tóxicos presentes en la primera zona se deben principalmente a la industria automovilística de Cuernavaca (IACSA, S.A.), cuyos desechos presentan plomo, cobre, zinc, cromo hexavalente, NISSAN MEXICANA, S.A. (ensamble de vehículos), SYNTEX, S.A. (productos farmacéuticos medicinales), que desechan plomo, cobre y zinc, los cuales son transportados a través del río Apatlaco.

Debido al incremento del desarrollo industrial en los últimos años, se ha originado el problema de la disposición de desechos y su tratamiento.

TABLA 7. DISTRIBUCION DE LAS INDUSTRIAS EN EL ESTADO DE MORELOS.
SPP. (1960). Censo industrial.

Municipio	No. Ind.	Ramo industrial dominante
Cuernavaca	550	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas, fábrica de repuestos de muebles no metálicos.
Cuautla	243	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas.
Jiutepec	200	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal, fábrica de cemento, cal, yeso y otros productos, fab. de sust. quím. básicas.
Yautepec	109	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas, industria de la carne.
Jojulla	97	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas, industria de la carne.
Axochiapan	46	Molienda de nixtamal, explotación de rocas, arena y arcilla, productos de panadería.
Zacatepec	46	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fab. de materiales de construcción, fab. de productos de aserradero.
Tenixco	44	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas, alfarería y cerámica.
Tlaltizapán	42	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, explotación de roca.
Tlalquitenango	42	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, explotación de roca, fab. de productos de metal.

Tabla 7A. Continuación

Municipio	No. Ind.	Ramo industrial dominante
Exiliano Zapala	41	Molienda de nixtamal, fab. de productos de metal.
Puente de Ixtla	41	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, industria del calzado, fab. de productos de aserradero.
Villa de Ayala	39	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, industria del calzado, fab. de productos de metal.
Tepoztlán	36	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fab. de productos de panadería.
Tetela del Volcán	31	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fab. de productos de panadería.
Yecapixtla	31	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas.
Miacatlán	30	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal.
Tepalcingo	30	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fab. de productos de panadería, confección de prendas de vestir.
Amacuzac	28	Molienda de nixtamal, elab. de prod. lácteos, fab. de productos de metal.
Zacualpan	25	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de metal estructurado, calderas, industria de la carne.
Jonacatepec	24	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de panadería.

Tabla 7B. Continuación

Municipio	No. Ind.	Ramo industrial dominante
Huitzilac	20	Fabricación de repuestos de muebles no metálicos, molienda de nixtamal.
Tlayacapan	20	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de muebles, fab. de productos de metal.
Coatlán del Río	17	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de panadería.
Xochitepec	17	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de panadería.
Temoac	17	Molienda de nixtamal y fabricación de productos de panadería.
Jantetelco	13	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas.
Mazatepec	9	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, fabricación de productos de panadería, alfarería y cerámica.
Oculluco	9	Fabricación de productos de panadería.
Atlatahucan	8	Molienda de nixtamal.
Tlalnepantla	5	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas.
Totolapan	4	Molienda de nixtamal y fábrica de tortillas.

Total de industrias establecidas: 1914

En la tabla 7, se puede observar que los municipios más afectados por este excesivo desarrollo son Cuernavaca con 550 industrias, Cuautla con 243, Jiutepec con 200 industrias y Yautepéc con 109, destacándose los ramos manufactureros (alimenticio, metal-mecánico y textil), sumando un total de 1 914 industrias establecidas a través de todo el estado, como se observa en la misma tabla.

Las fuentes de abastecimiento de agua para uso industrial están representadas por pozos mantenidos por las mismas industrias, aunque existen pequeñas industrias conectadas a las redes de distribución de agua potable, como es el caso del municipio de Cuernavaca, donde se utiliza el 3 % del suministro de agua potable para la ciudad (Sánchez y Espinoza, 1986).

La demanda total de agua para la industria en el estado asciende a 137 Mm³, equivalente a un gasto promedio de 4.3 m³/s y a un 15.3 % de la demanda total de agua para todos los usos (Sánchez y Espinoza, op. cit.).

Debido a la gran demanda del recurso, en Cuernavaca se ha agravado la situación ya que se utiliza el mismo acuífero que surte de agua a la población con el uso industrial, aunado a la contaminación de los acuíferos y las aguas superficiales del área, representadas por la barranca Puente Blanco y río Dulce, como se muestra en la figura 7, a pesar de existir en esta área 9 plantas de tratamiento (Fig. 8), entre las que sobresalen la de ECCACIV, ya que las demás solo sirven a las empresas que las construyeron, por lo que los volúmenes tratados son muy pequeños. ECCACIV ofrece tratamiento colectivo a 57 industrias, como se puede observar en la tabla 8, la cual se encarga de mejorar la calidad del efluente de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca. Esta planta está diseñada para funcionar con un caudal uniforme de 200 lps, al que se le aplica un tratamiento secundario por tanques de oxidación, aereación y lodos activados. El nivel de remoción de DBO es de 70 %, sin embargo, la calidad del efluente no cumple con los estándares fijados por la SARH, debido principalmente a que el influente sobrepasa las características del diseño (SARH, 1985).

Dentro de esta misma zona se encuentra en el municipio de Zacatepec el ingenio Emiliano Zapata, el cual descarga su agua residual al río Apatlaco, afluente directo del río Yautepéc, provocando un abatimiento de oxígeno disuelto en dicho río, además de demandar un gran volumen de agua para su proceso, extrayendo 78.1×10^6 m³/año de agua (Sánchez y Espinoza, op. cit.)

La segunda zona comprende la descarga industrial de la tenería Morelos que presenta en sus desechos plomo, cobre, zinc y cromo hexavalente y que son transportados a través del río Cuautla, además de recibir gran parte de las descargas municipales de la ciudad de Cuautla a la altura del IMSS de Villa de Ayala, a

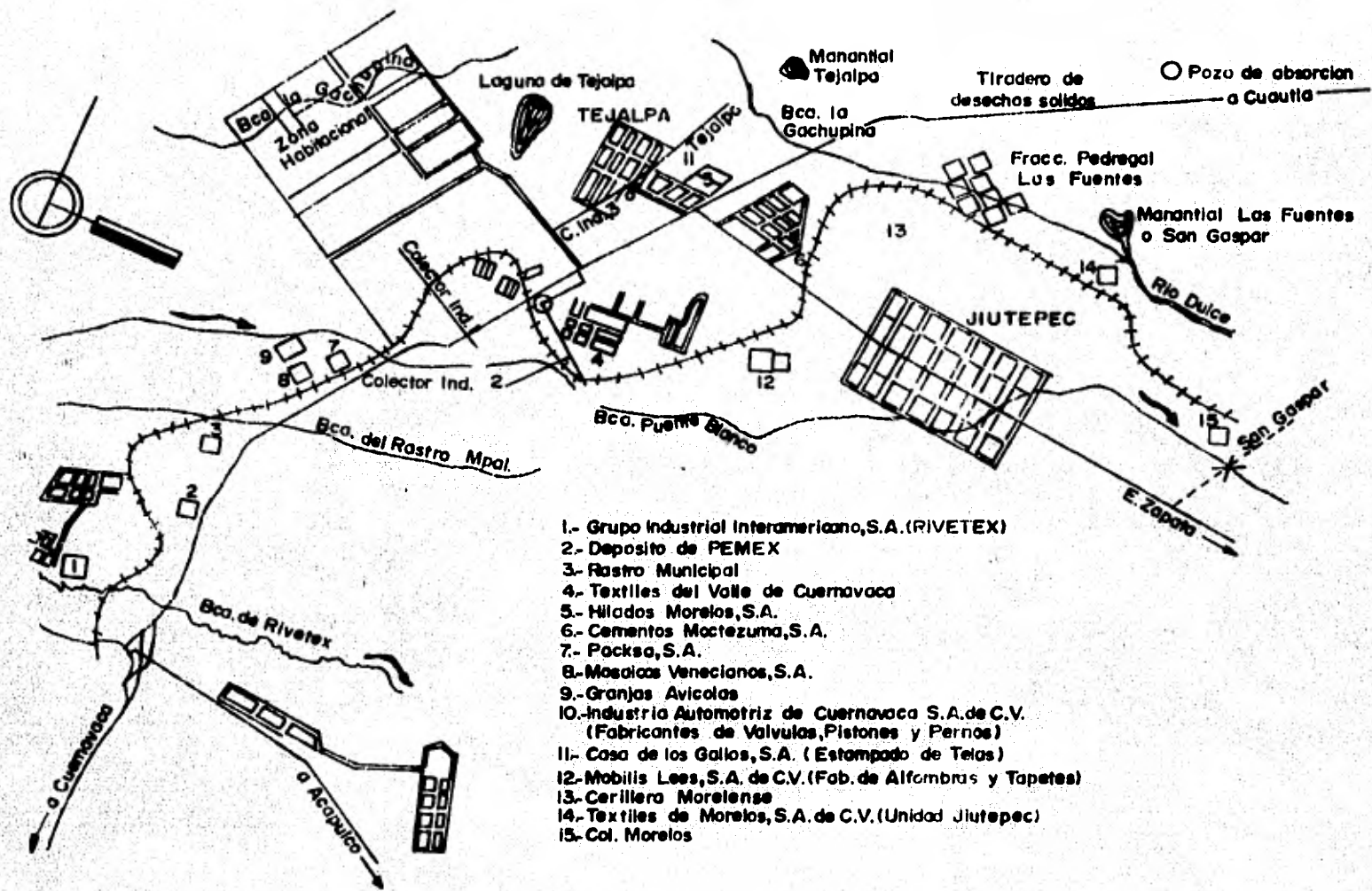
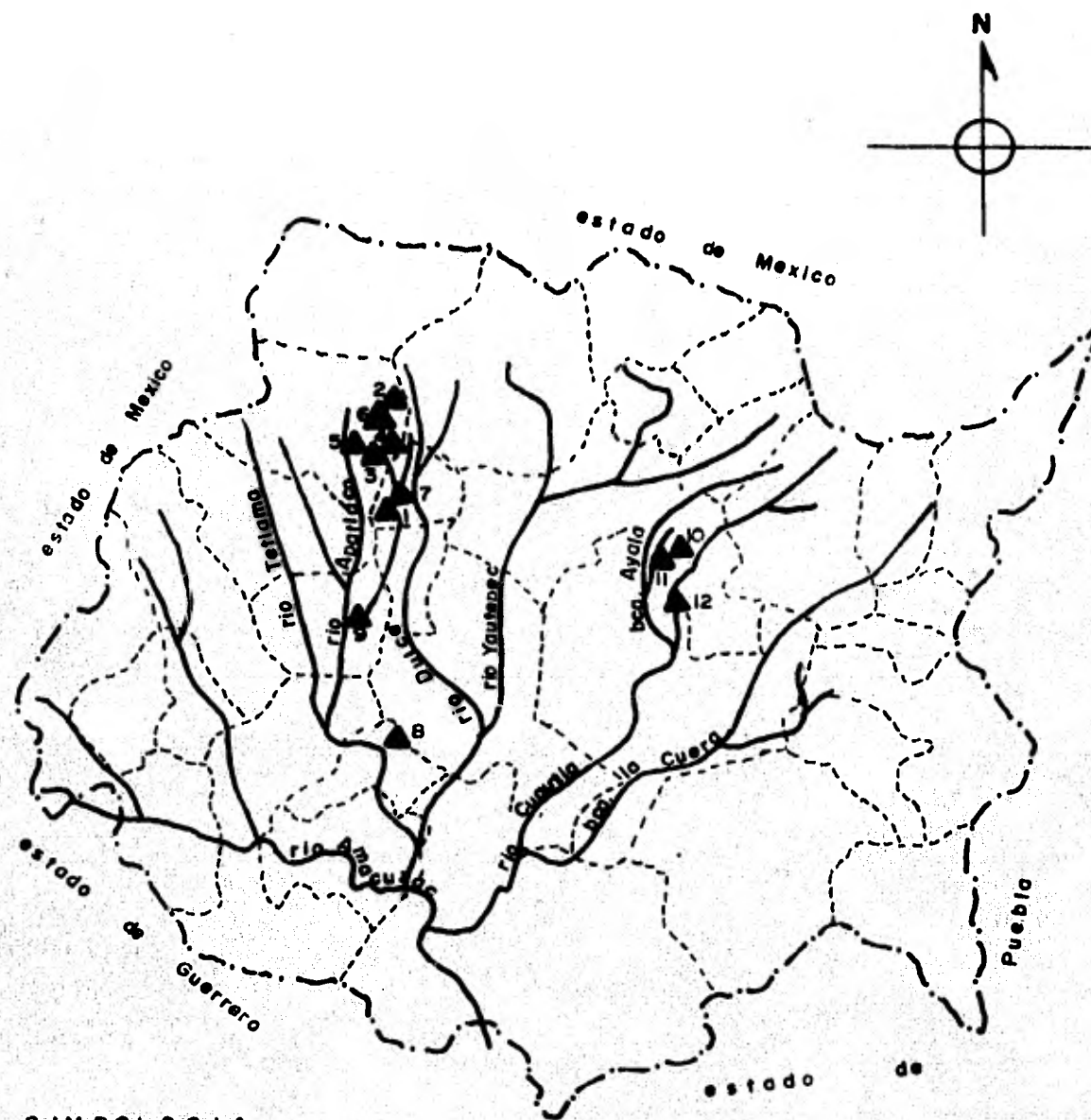


FIG. 7. LOCALIZACION DEL MANANTIAL LAS FUENTES Y LA ZONA DE CIVAC.



SIMBOLOGIA

- ▲ Plantas de Tratamiento
- 1.- ECCAC.I.V.
 - 2.- IND. TECNOS
 - 3.- TEXTILES MORELOS
 - 4.- FOVISSSTE LAS AGUILAS
 - 5.- PARQUE CHAPULTEPEC
 - 6.- COL. LOMAS DE CORTES
 - 7.- NOBILIS LEES (JUTEPEC)
 - 8.- IMS S (ZACATEPEC)
 - 9.- COLORANTES XOCHI (XOCHITEPEC)
 - 10.- IMS S (CUAUTLA)
 - 11.- BASE MEXICANA (CUAUTLA)
 - 12.- TENERIA MORELOS (CUAUTLA)

FIG. 8. LOCALIZACION DE LAS 12 PLANTAS DE TRATAMIENTO EXISTENTES EN EL ESTADO DE MORELOS Y SUS CUERPOS RECEPTORES

TABLA 8. RELACION DE INDUSTRIAS UBICADAS EN EL PRIMER DISTRITO DE CONTROL DE LA CONTAMINACION (ECCACIV, 1983).

Empresa	Lugar de descarga
Química Mexama, S.A.	ECCACIV
Laboratorios Julián, S.A.	ECCACIV
Pond's de México, S.A. de C.V.	ECCACIV
Esquim, S.A.	ECCACIV
Christianson, S.A. de C.V.	ECCACIV
Syntex, S.A.	ECCACIV
Laboratorios Le Petit	ECCACIV
Textiles San Andrés	Conectado a ECCACIV sin pagar
Nissan Mexicana, S.A.	ECCACIV
Noriega y Del Blanco Suc., S.A.	Conectado a ECCACIV sin pagar
Nobilis Lees, S.A.	ECCACIV
Laboratorios Up John	ECCACIV
Cementos Moctezuma, S.A.	ECCACIV
Textiles Morelos, S.A. (Jiutepec)	ECCACIV
Cables Automotrices, S.A.	ECCACIV
Raffia, S.A.	ECCACIV
NEC de México, S.A.	ECCACIV
Polygal Mexicana, S.A.	ECCACIV
MEX Control, S.A.	ECCACIV
Electrocap, S.A.	ECCACIV
Manufacturera Gráfica Mexicana, S.A.	ECCACIV
Tamacani	ECCACIV
Hidramac, S.A.	Conectado a ECCACIV sin pagar
Telegabinetes de México, S.A.	Sin funcionar
Grupo Industrial Colfocin	ECCACIV
VECO, S.A.	ECCACIV
Dermamex, S.A.	ECCACIV
Laboratorios Imperiales	ECCACIV
ORSABE, S.A.	ECCACIV
Omenisis, S.A.	ECCACIV
Refrigeración de Morelos, S.A.	Conectado a ECCACIV sin pagar
Selemex, S.A.	ECCACIV
KS de Morelos	ECCACIV
Avios para Telares	ECCACIV
Cerámica de Cuernavaca	ECCACIV
Erge	Conectado a ECCACIV sin pagar
Hilados de Morelos	ECCACIV
Herramientas EXELITE	ECCACIV
Industrias Paramec, S.A. de C.V.	ECCACIV
Colorantes URION, S.A.	ECCACIV
Plastovin, S.A.	ECCACIV
Dos Osos, S.A.	ECCACIV
Pennwall, S.A. de C.V.	ECCACIV

Tabla 8A. Continuación.

Empresa	Lugar de descarga
Válvulas Jet, S.A.	ECCACIV
Investigación Farmacéutica, S.A.	ECCACIV
Travenol, S.A. de C.V.	ECCACIV
Termo-Hidráulica, S.A. de C.V.	ECCACIV
Hayekama de México, S.A.	ECCACIV
BAUAMEX S.N.C.	ECCACIV
IUAQUIMEX, S.A.	ECCACIV
Alucaps Mexicana, S.A. de C.V.	ECCACIV
Asinec, S.A. de C.V.	ECCACIV
Nacional Algodonera, S.A. de C.V.	ECCACIV
Acabadora de Grasa, S.A. de C.V.	ECCACIV
PAKSA	Barranca Puente Blanco
PENEX	Barranca El Rastro
Rastro Municipal	Barranca El Rastro
Grupo Industrial Interamericano	Barranca Rivetex
RASF Vitaminas	ECCACIV
Gasolinera CIVAC	Barranca Puente Blanco
Centro Deportivo IMSS	Infiltración
Porcelana de Cuernavaca, S.A.	ECCACIV
Sistemas y Componentes, S.A.	ECCACIV

través de la Barranca Ayala o río Ayala, registrándose en general contaminación por el ingenio azucarero Casasano, dos industrias químicas, fabricación de pinturas con base en plomo y cromo hexavalente proveniente de las curtidorías, además de sulfuro e hidrosulfuro de sodio y sólidos suspendidos, a pesar de existir la planta de tratamiento de la tenería Morelos, como se observa en la figura 8.

Desechos domésticos. - En cuanto a la contaminación por desechos domésticos, se tiene que Morelos cuenta con 345 sistemas de agua potable y de éstos, solo el 53 % funcionan de manera adecuada para cubrir la demanda. La infraestructura de extracción (pozos profundos y captación de manantiales) es aprovechada solo en un 66 % (Sánchez y Espinoza, op. cit.).

La población morelense en general se abastece diariamente de agua subterránea y manantiales, lo cual representa un riesgo, ya que a pesar de que se cuenta con pocos datos para este tipo de fuentes, se ha detectado que en la zona de CIVAC en el municipio de Jiutepec, el manantial San Gaspar se encuentra contaminado con plomo, cromo y cobre; en el municipio de Jiutepec los pozos denominados Las Palmas y Tejamanil, cuyas aguas se utilizan para el servicio de agua potable del fraccionamiento "La Palma", han presentado índices de contaminación subterránea por infiltración de agua industrial, aunque no se tienen datos de sustancias tóxicas (Fig. 7) (SARH, 1985).

Por otro lado y con respecto al agua superficial, se ha registrado que el río Amacuzac presenta plomo, cobre y cromo en el transecto entre los municipios de Puente de Ixtla y Tlalquitenango; la barranca Puente Blanco a la altura del poblado Emiliano Zapata, presenta manganeso, así como el río Apatlaco con manganeso a la altura del municipio de Temixco y en Zacatepec se presenta manganeso y zinc.

Con relación a los usos turísticos, no se tienen registros de contaminación por sustancias tóxicas. En cuanto a la acuicultura, tampoco se han registrado problemas con metales pesados o plaguicidas.

Cabe señalar que el principal problema del agua superficial se debe al alto contenido de materia orgánica producida por los desechos domésticos provenientes sobre todo de la parte central de la cuenca, afectando los diversos cuerpos de agua de la región, que incluye a lagos, lagunas y ríos. García (1985), determinó que la contaminación por bacterias del grupo estreptococos es el principal factor que restringe cualquier uso del recurso (Fig. 9).

Desechos agrícolas. - La contaminación debida al agua de retorno agrícola no ha sido registrada en trabajos anteriores, se tienen datos de que en la parte central del estado se cultivan diversos

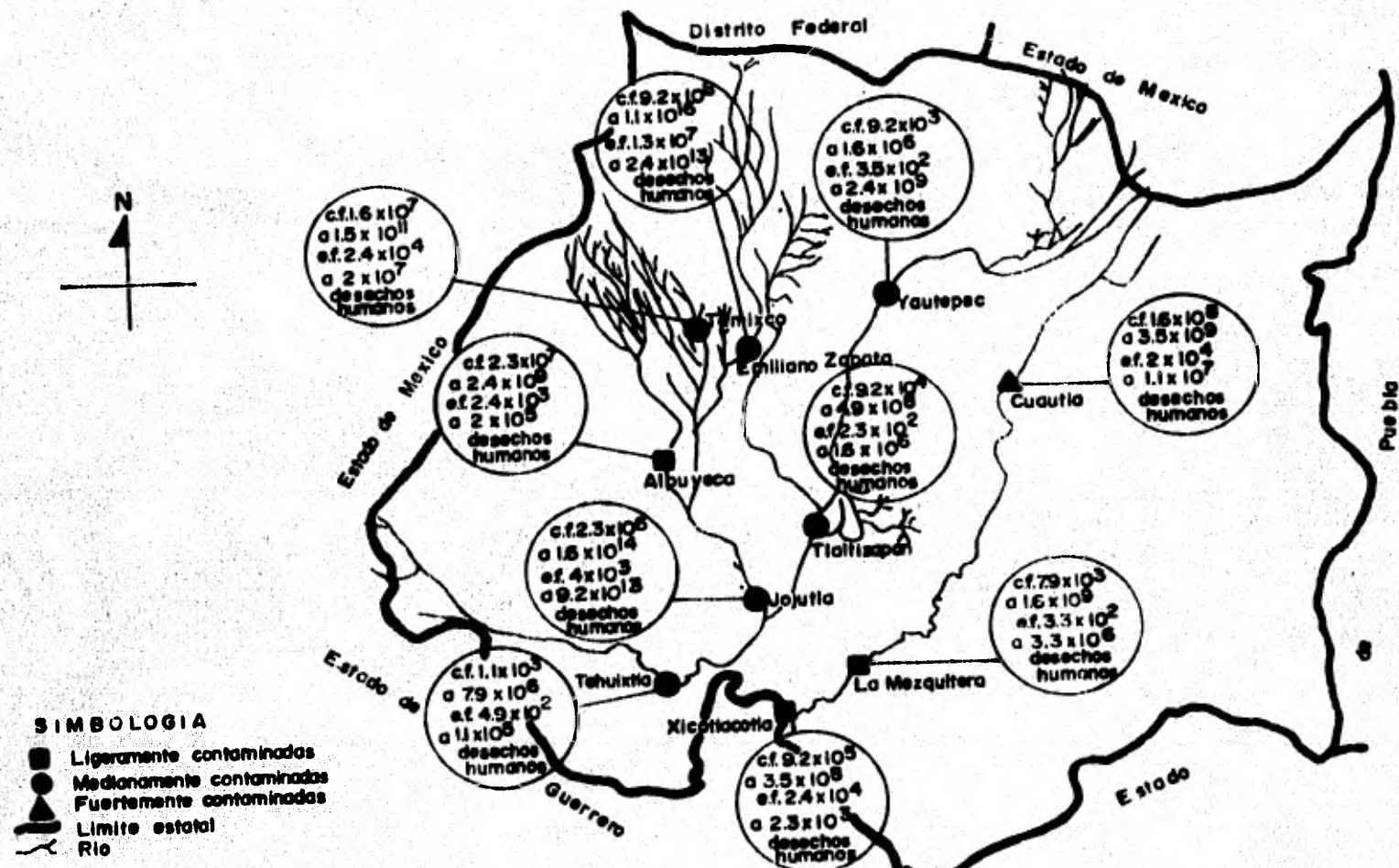


FIG. 9. ZONAS CARACTERIZADAS DE ACUERDO A SU NIVEL DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA

productos que utilizan diferentes tipos de plaguicidas afectando los municipios de Yautepec, Villa de Ayala, Cuautla, Jantetelco, Tepalcingo, Zacualpan, Axochiapan, Jojutla de Juárez, Miacatlán, Emiliano Zapata, Jonacatepec, Ocuituco, Tlaltizapán y Puente de Ixtla (Tabla 9), con un intervalo de 8 a 15 cultivos diferentes durante todo el año, presentando descargas dispersas sobre los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla, ya que en estos municipios el 66.6 % representa cultivos de riego, utilizando básicamente agua proveniente de 66 presas (6 de almacenamiento y 60 de derivación), 1 140 kilómetros de canales (de los que solamente 281 kilómetros están revestidos), 28 kilómetros de drenes y un total de 1 195 kilómetros de caminos; en el Distrito de Desarrollo Rural 016, que abarca los municipios de Amacuzac, Coatlán del Río, Cuautla, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Jojutla de Juárez, Mazatepec, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tepalcingo, Tetecala, Totolapan, Tlalquitenango, Tlaltizapán, Tlayacapan, Villa de Ayala, Xochitepec, Yautepec y Zacatepec (zona central del estado), existen 11 pozos electrificados y 3 plantas de bombeo. Las unidades de riego, que cubren una superficie de 11 622 ha, se surten de agua proveniente -sin ser obras exclusivas- de 97 pozos, 44 plantas de bombeo, 47 derivaciones directas, 6 manantiales y 11 de tipo mixto.

Los principales cultivos logrados en los ciclos otoño-invierno 87-88 y primavera-verano 88 se observan en la tabla 10, sumando un total de 138 261 ha y se sigue cultivando maíz, frijol, jitomate, cacahuate, arroz, cebolla, tomate, avena y otros.

Zonificación del estado de acuerdo al origen de la contaminación. - Con relación a los datos recopilados y a la atención prioritaria por grado de afectación, se tiene la siguiente zonificación del estado de Morelos:

Contaminación de origen industrial: La contaminación por industrias se debe principalmente a la descarga de agua tratada proveniente de la planta de tratamiento de ECCACIV y los desechos del ingenio Emiliano Zapata, afectando al río Apatlaco a lo largo de 15 kilómetros de su recorrido y a los municipios de Jiutepec, Emiliano Zapata y Zacatepec en un área aproximada de 142 750 Km², presentando plomo, cobre, zinc y cromo (Tabla 11).

Otra área afectada es el río Cuautla, a la altura de la colonia San Pedro Apatlaco debido a la descarga de la tenería Morelos, en cuyas aguas se detecta plomo, cobre, zinc y cromo, deteriorando un transecto aproximado de 0.5 a 1.5 kilómetros y afectando posiblemente parte del municipio de Cuautla y Villa de Ayala, lo cual se debe determinar posteriormente (Tabla 11; Fig. 10).

Contaminación de origen doméstico: Los desechos domésticos producen alteraciones en el recurso hidráulico, principalmente por el mal manejo del mismo, como es el caso del manantial San

TABLA 9. TIPO DE CULTIVOS Y PLAGUICIDAS APLICADOS EN EL ESTADO DE MORELOS (1988).

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Yautepec	Cebolla	Algodón	Malatión	Malatión	Se aplican 19 plaguicidas.
	Frijol	Cacahuate	Diazinón	Diazinón	
	ejotero				
	Jitomate	Frijol	Dimetoato	Paratión metílico	
	Maíz	Jitomate	Gusatión	Dimetoato	
	Arroz	Maíz	Azodrin	Gusatión	
	Tomate	Sorgo	Tamarón	Azodrin	
	Maíz punta de riego	Aguacate	Phosdrín	Tamarón	
	Caña de azúcar		Folimat	Folimat	
			Thiodán	Dimecrón	
		Clordano	Thiodán	8 de riego 7 de temporal	
		Akar	Clordano		
		Lannate	Akar		
		Sevin	Lannate		
		2-4 D (amina)	Sevin		
		Manzate	Temik		
		Captán	Manzate		
			Captán		
			Gelecrón		
Cusutla	Cebolla	Cacahuate	Malatión	Malatión	Se aplican 16 plaguicidas.
	Frijol	Frijol	Diazinón	Diazinón	
	ejotero				
	Jitomate	Jitomate	Paratión metílico	Paratión metílico	
	Maíz	Maíz	Dimetoato	Dimetoato	
	Tomate	Sorgo	Gusatión	Gusatión	
	Maíz punta de riego		Azodrin	Tamarón	
	Caña de azúcar		Tamarón	Phosdrín	
			Phosdrín	Folimat	7 de riego 5 de temporal
			Folimat	Thiodán	
		Thiodán	Clordano		
		Clordano	Akar		
		Akar	Lannate		
		Lannate	Sevin		
		Sevin	Manzate		
		Manzate	Captán		
		Captán			

Tabla 9A. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Villa de Ayala	Cebolla	Cacahuate	Malatión	Diazinón	Se aplican 17 plaguicidas.
	Frijol ejotero	Jitomate	Diazinón	Dimetoato	
	Jitomate	Maiz	Paratión metílico	Tamarón	
	Maiz	Sorgo	Dimetoato	Phosdrin	
	Arroz		Gusatión	Thiodán	
	Tomate		Azodrin	Clordano	
	Maiz punta de riego		Tamarón	Akar	
			Phosdrin	Lannate	
			Folimat	Sevin	
			Thiodán	Manzate	
			Clordano	Captán	
			Akar		
			Lannate		
			Sevin		
			2-4 D (amina)		
			Manzate		7 de riego
			Captán		4 de temporal
Jantetelco	Cebolla	Cacahuate	Malatión	Malatión	Se aplican 16 plaguicidas.
	Frijol ejotero	Frijol	Diazinón	Diazinón	
	Jitomate	Jitomate	Paratión metílico	Paratión metílico	
	Maiz	Maiz	Dimetoato	Dimetoato	
	Tomate		Gusatión	Gusatión	
	Arroz		Azodrin	Tamarón	
	Maiz punta de riego		Tamarón	Folimat	
			Folimat	Thiodán	
			Thiodán	Clordano	
			Clordano	Akar	
			Akar	Lannate	
			Lannate	Sevin	7 de riego
			Sevin	Manzate	4 de temporal
			2-4 D (amina)	Captán	
			Manzate		
			Captán		

Tabla 98. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. total de cultivos
Tepalcingo	Cebolla	Cacahuate	Malatión	Malatión	Se aplican 16 plaguicidas.
	Jitomate	Frijol	Diazinón	Diazinón	
	Maíz	Jitomate	Paratión	Paratión	
	Arroz	Maíz	metílico	metílico	
	Tomate	Sorgo	Dimetoato	Dimetoato	
	Maíz punta de riego		Gusatión	Gusatión	
			Azodrin	Tamarón	
			Tamarón	Phosdrin	
			Phosdrin	Folimat	
			Folimat	Thiodán	
			Thiodán	Clordano	
			Clordano	Akar	
			Akar	Lannate	
			Lannate	Sevin	
			Sevin	Manzate	
			2-4 D (amina)	Captán	
			Manzate		
			Captán		6 de riego 5 de temporal
Zacualpan	Cebolla	Cacahuate	Malatión	Malatión	Se aplican 16 plaguicidas.
	Frijol	Frijol	Diazinón	Diazinón	
	ejotero	Jitomate	Paratión	Paratión	
	Jitomate	Maíz	metílico	metílico	
	Maíz	Sorgo	Dimetoato	Dimetoato	
	Tomate		Gusatión	Gusatión	
	Maíz punta de riego		Azodrin	Tamarón	
			Tamarón	Phosdrin	
			Phosdrin	Folimat	
			Folimat	Thiodán	
			Thiodán	Clordano	
			Clordano	Akar	
			Akar	Lannate	
			Lannate	Sevin	
			Sevin	Manzate	
			Manzate	Captán	
			Captán		6 de riego 5 de temporal

Tabla 9C. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Axochiapan	Cebolla Jitomate Maíz Arroz Tomate Maíz punta de riego	Frijol Jitomate Maíz Sorgo	Malatión	Malatión	Se aplican 17 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Paratión	Paratión	
			metílico	metílico	
			Dimetoato	Dimetoato	
			Gusatión	Gusatión	
			Azodrin	Tamarón	
			Tamarón	Phosdrín	
			Phosdrín	Folimat	
			Folimat	Thiodán	
			Thiodán	Clordano	
			Clordano	Akar	
			Akar	Lannate	
			Lannate	Sevin	
			Sevin	Manzate	
			2-4 D (amina)	Captán	
			Manzate		
Captán					
	6 de riego				
	4 de temporal				
Jojutla de Juárez	Cebolla Jitomate Maíz Tomate Maíz punta de riego	Algodón Cacahuete Jitomate Maíz Sorgo	Malatión	Malatión	Se aplican 18 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Paratión	Paratión	
			metílico	metílico	
			Dimetoato	Dimetoato	
			Gusatión	Gusatión	
			Azodrin	Azodrin	
			Tamarón	Tamarón	
			Phosdrín	Phosdrín	
			Folimat	Folimat	
			Thiodán	Thiodán	
			Clordano	Clordano	
			Akar	Akar	
			Lannate	Lannate	
			Sevin	Sevin	
			Manzate	Temik	
			Captán	Manzate	
	Captán				
	Gelecrón				
	5 de riego				
	5 de temporal				

Tabla 9D. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Miacatlán	Cebolla Jitomate Maíz Arroz Tomate Maíz punta de riego	Jitomate Maíz Sorgo	Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Gusatión Azodrin Tamarón Phosdrin Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Clordano Akar	Diazinón Tamarón Phosdrin Thiodán Sevin Manzate Captán Dimetoato Clordano Akar	Se aplican 16 plaguicidas. 6 de riego 3 de temporal
Tlaltizapán	Jitomate Maíz Arroz Tomate Caña de azúcar	Algodón Cacahuete Maíz	Malatión Diazinón Paratión metílico Gusatión Azodrin Tamarón Phosdrin Folimat Thiodán Clordano Akar Lannate Sevin Manzate Captán 2-4 D (aminal)	Malatión Gusatión Azodrin Tamarón Thiodán Clordano Lannate Temik Gelecrón Folimat	Se aplican 18 plaguicidas. 6 de riego 3 de temporal

Tabla 9F. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Emiliano Zapata	Cebolla Jitomate Arroz Tomate Maíz punta de riego	Frijol Jitomate Maíz	Malatión	Malatión	Se aplican 17 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Paratión	Paratión	
			metílico	metílico	
			Dimetoato	Dimetoato	
			Gusatión	Gusatión	
			Manzate	Folimat	
			Captán	Sevín	
			Folimat	Clordano	
			Thiodán	Akar	
			Lannate		
			Sevín		
			2-4 D (amina)		
			Azodrin		
			Tamarón		
			Phosdrín		
			Clordano		
Akar					
		5 de riego			
		3 de temporal			
Jonacatepec	Cebolla Arroz Maíz	Frijol Cacahuete Jitomate Maíz Sorgo	Malatión	Malatión	Se aplican 14 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Paratión	Paratión	
			metílico	metílico	
			Dimetoato	Dimetoato	
			Gusatión	Gusatión	
			Manzate	Folimat	
			Captán	Thiodán	
			Clordano	Clordano	
			Akar	Sevín	
			Sevín	Manzate	
			2-4 D (amina)	Captán	
				Akar	
		5 de temporal			
Ocuttucó	Jitomate	Frijol Jitomate Maíz Aguacate Durazno Higo Peral	Malatión	Malatión	Se aplican 16 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Paratión	Paratión	
			metílico	metílico	
			Thiodán	Dimetoato	
			Lannate	Gusatión	
			Sevín	Folimat	
			Manzate	Sevín	
			Captán	Tamarón	
				Phosdrín	
				Thiodán	
				Manzate	
				Captán	
				Akar	
	Clordano				
	Dimecrón				
		1 de riego			
		7 de temporal			

Tabla 9F. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Totolapan	Jitomate	Frijol Jitomate Maíz Avena forrajera Papa Aguacate Higo	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Captán	Phosdrín Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Gusatión Folimat Sevin Tamarón Thiodán Manzate Captán Clordano Akar Dimecrón	Se aplican 17 plaguicidas.
					1 de riego 7 de temporal
Puente de Ixtla	Arroz Jitomate Maíz Tomate Maíz punta de riego Caña de azúcar	Algodón Maíz	Malatión Paratión metílico Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Captán Clordano Akar 2-4 D (amina) Gusatión Azodrin Tamarón Phosdrín	Malatión Paratión metílico Thiodán Clordano Gusatión Azodrin Tamarón Lannate Tenik Gelecrón Dimetoato Akar Sevin	Se aplican 19 plaguicidas.
					6 de riego 2 de temporal

Tabla 96. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Coatlán del Rio	Cebolla Jitomate Maíz Tomate Maíz punta de riego	Jitomate Maíz	Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Gusatión Manzate Azodrin Folimat Thiodán Lannate Sevín Captán Tamarón Phosdrin Clordano Akar	Diazinón Tamarón Phosdrin Thiodán Dimetoato Lannate Manzate Captán Clordano Akar Sevín	Se aplican 16 plaguicidas. 5 de riego 2 de temporal
Tetecala	Jitomate Arroz Tomate	Cacahuete Jitomate Maíz Sorgo	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevín Manzate Captán 2-4 D (amina) Azodrin Tamarón Phosdrin Clordano	Diazinón Dimetoato Tamarón Phosdrin Folimat Thiodán Clordano Akar Lannate Sevín Manzate Captán	Se aplican 14 plaguicidas. 3 de riego 4 de temporal
Tetela del Volcán	Jitomate	Frijol Maíz Aguacate Durazno Higo Peral	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevín Manzate Captán	Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Phosdrin Folimat Dimecrón Thiodán Akar Sevín Captán	Se aplican 16 plaguicidas. 1 de riego 7 de temporal

Tabla 2H Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Yucapintla	Frijol ejotero Jitomate	Jitomate Maiz Frijol Sorgo Aguacate	Malatión Diazinón Dimetoato Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán	Malatión Diazinón Dimetoato Gusatión Tamarón Phosdrín Folimat Dimecrón Thiodán Clordano Akar Lannate Sevin Manzate Captán	Se aplican 15 plaguicidas. 2 de riego 5 de temporal
Zacatepec	Jitomate Arroz Maiz punta de riego Caña de azúcar	Algodón Maiz	Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Folimat Thiodán Clordano Akar Lannate Sevin 2-4 D (lamina) Manzate Captán	Malatión Paratión metílico Dimetoato Gusatión Azodrin Tamarón Thiodán Clordano Akar Lannate Sevin Tenik Gelecrón	Se aplican 18 plaguicidas. 4 de riego 2 de temporal
Cuernavaca	Jitomate Arroz Maiz punta de riego	Frijol Maiz Aguacate	Malatión Diazinón Dimetoato Folimat Thiodán Clordano Akar Lannate Sevin 2-4 D (lamina) Manzate Captán	Malatión Diazinón Paratión metílico Dimetoato Gusatión Folimat Dimecrón Clordano Akar Sevin Captán	Se aplican 16 plaguicidas. 3 de riego 3 de temporal

Tabla 91. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Texico	Arroz Jitomate Tomate Maiz punta de riego	Frijol Maiz	Malatión	Malatión	Se aplican 15 plaguicidas.
			Diazinón	Paratión	
			Folimat	metílico	
			Thiodán	Diazinón	
			Lannate	Dimetoato	
			Manzate	Gusatión	
			Sevin	Folimat	
			Captán	Sevin	
			2-4 D (amina)	Clordano	
			Azodrin		
			Tamarón		
			Phosdrin		2 de riego
			Clordano		5 de temporal
			Akar		
Tlalnepantla	Jitomate	Avena forrajera Maiz Papa Aguacate Higo	Malatión	Phosdrin	Se aplican 14 plaguicidas.
			Diazinón	Dimetoato	
			Folimat	Clordano	
			Thiodán	Akar	
			Lannate	Sevin	
			Manzate	Folimat	
			Sevin	Thiodán	
			Captán	Manzate	
				Malatión	1 de riego
				Paratión	5 de temporal
				metílico	
				Gusatión	
				Dimecrón	
				Captán	
Atlallahucan	Jitomate	Frijol Maiz Jitomate Durazno	Malatión	Malatión	Se aplican 17 plaguicidas.
			Diazinón	Diazinón	
			Folimat	Paratión	
			Thiodán	metílico	
			Lannate	Dimetoato	
			Sevin	Gusatión	
			Manzate	Folimat	
			Captán	Sevin	
				Tamarón	
				Phosdrin	
				Thiodán	
				Lannate	
				Manzate	
				Dimetoato	1 de riego
				Clordano	4 de temporal
				Akar	
				Dimecrón	
				Captán	

Tabla 9J. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Huitzilac	Jitomate	Avena forrajera Maíz Papa Durazno	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán	Phosdrin Dimetoato Clordano Akar Sevin Folimat Thiodán Dimecrón Captán	Se aplican 13 plaguicidas. 1 de riego 4 de temporal
Hazatepec	Jitomate	Cacahuale Maíz Jitomate Sorgo	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán	Folimat Thiodán Clordano Diazinón Tamarón Phosdrin Lannate Sevin Manzate Captán Dimetoato Akar	Se aplican 13 plaguicidas. 1 de riego 4 de temporal
Tlayacapan	Jitomate	Frijol Maíz Jitomate Durazno	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Captán	Malatión Diazinón Paratión melílico Dimetoato Gusatión Folimat Sevin Tamarón Phosdrin Thiodán Lannate Manzate Dimetoato Clordano Akar Dimecrón Captán	Se aplican 17 plaguicidas. 1 de riego 4 de temporal

Tabla 9K. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Jiltepec	Jitomate	Frijol	Malatión	Malatión	Se aplican 14 plaguicidas.
	Arroz	Maíz	Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán 2-4 D (amina)	Diazinón Paratión metílico Dimetoato Gusatión Folimat Sevin Clordano Akar	
Tepoztlán	Jitomate	Avena forrajera	Malatión	Phosdrín	Se aplican 11 plaguicidas.
		Maíz Papa	Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán	Dimetoato Clordano Akar Sevin Folimat Thiodán Manzate	
Tlalquitenango	Jitomate	Maíz	Paratión metílico	Dimetoato	Se aplican 13 plaguicidas.
	Caña de azúcar Arroz		Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Captán 2-4 D (amina)	Clordano Akar Sevin	

Tabla 9L. Continuación.

Municipio	Cultivo de riego	Cultivo de temporal	Plaguicida en riego	Plaguicida en temporal	No. Total de cultivos
Amacuzac	Jitomate	Cacahuate Maiz	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán	Thiodán Clordano Dimetoato Akar Sevin	Se aplican 11 plaguicidas. 1 de riego 2 de temporal
Xochitepec	Jitomate Arroz	Frijol Maiz	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Manzate Sevin Captán 2-4 D (amina)	Clordano Dimetoato Akar Sevin	Se aplican 12 plaguicidas. 2 de riego 1 de temporal
Temoac	Jitomate	Maiz Frijol	Malatión Diazinón Folimat Thiodán Lannate Sevin Manzate Captán	Malatión Diazinón Paratión metilico Dimetoato Gusatión Folimat Sevin Clordano Akar	Se aplican 13 plaguicidas. 1 de riego 2 de temporal

TABLA 10. PRINCIPALES CULTIVOS DE LOS CICLOS OTONO-INVIERNO 87-88 Y PRIMAVERA-VERANO 88-89:

Cultivo	Distrito de riego (ha)	Unidades de riego incorporadas (ha)	Unidades de riego no incorporadas (ha)	Temporal en riego (ha)	Temporal (ha)	Total (ha)
Maiz	6598	3546	2002	305	41866	54317
Maiz/frijol	389	0	24	0	0	413
Sorgo	133	280	92	343	40336	41184
Jitomate	1667	720	189	2	3752	6338
Cacahuete (1)	151	1129	263	0	3275	4918
Arroz (1)	3774	408	97	0	0	4279
Cebolla	1477	2788	519	0	20	4804
Tomate	1434	612	352	0	1757	4155
Avena	0	0	0	0	3197	3197
Frijol	1081	881	232	15	709	2917
Pepino	677	880	175	0	50	1782
Frijol ejotero	1524	147	40	0	0	1711
Calabacita	882	484	343	0	0	1709
Trigo	0	0	0	0	1248	1248
Otros	2699	444	142	0	2004	5289
Total	22486	12427	4470	665	96213	139261

(1) = Solo en el ciclo primavera-verano.

* = Sánchez y Espinoza, 1988. Tomado de Plan de Siembras para los ciclos agrícolas 1987-1988.

TABLA 11. INVENTARIO DE LAS SUSTANCIAS TOXICAS PRESENTES EN EL ESTADO DE MORELOS (1983)

Origen de la contaminación	Tóxicos presentes	Ríos afectados	Municipios afectados	Area con riesgo potencial
INDUSTRIAL:				
Agua tratada proveniente de ECCACIV; descarga del ingenio Emiliano Zapata.	Pb, Cu, Zn, Cr	Apatlaco	Jiutepec, Emiliano Zapata, Zacatepec.	192.750 Km ²
Descarga Tenería Morelos	Pb, Cu, Zn, Cr	Cuautla	Cuautla	
DOMESTICO:				
Por mal manejo del recurso: Manantial San Gaspar	Cr, Pb, Zn, Cu Fe, Mn	Manantial San Gaspar	Jiutepec	42.236 Km ²
Río Amacuzac	Pb, Cu, Cr, Zn	Amacuzac	Jiutepec en el transecto de Pte. de Ixtla a Tlaltitenango	No determinado
Emiliano Zapata Zacatepec	Mn Mn, Zn	Bca. Pte. Blanco Apatlaco	Emiliano Zapata Zacatepec	64.983 Km ² 28.531 Km ²
AGRICOLA:				
No se han determinado análisis de plaguicidas	Malatión* Paratión** Gusatión*	Diazinón* Dimetoato* Azodrin	Apatlaco Yautepec Cuautla	Yautepec, Cuautla, Villa de Ayala, Jantetelco, Tepalcingo, Zacualpan, Aoxochiapan, Jojutla, Hiacatlán, Tlaltizapán, Emiliano Zapata, Jonacatepec, Ocuituco, Totolapan, Puente de Ixtla y parte de Zacatepec
Los que se aplican en Morelos y que son potencialmente tóxicos para la salud de los seres vivos son	Tamarón Folimat** Thiodán* Akar Sevín 2,4-D* Captán*	Phosdrín Dimecrón Clordano Lannate Temik Manzate Gelecrón	Amacuzac	No determinado

* = Plaguicidas autorizados por las Leyes Mexicanas (1968)

** = Plaguicidas autorizados por las Leyes Mexicanas (1982)

Malatión y Paratión metílico se aplican en más del 50 % en volumen en el estado de Morelos
Tomado de: Comisión Nacional de Ecología (1987) Catálogo Oficial de Plaguicidas.

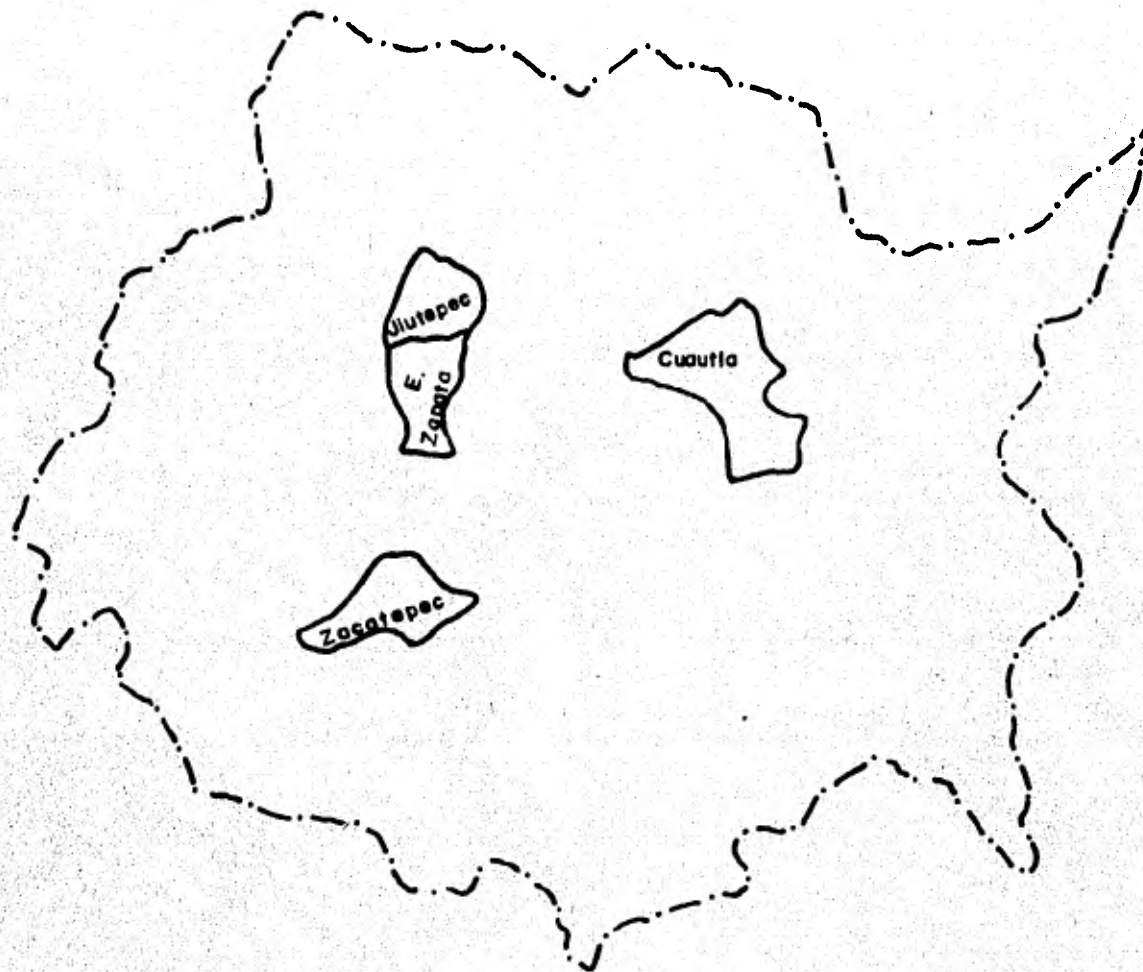


FIG. 10. MUNICIPIOS AFECTADOS POR LA CONTAMINACION DE ORIGEN INDUSTRIAL

Gaspar, que se encuentra contaminado con cromo, plomo, zinc, cobre, fierro y manganeso, en el municipio de Jiutepec, debido a que se tienen contactos directos con el agua residual de origen industrial y la disposición de desechos sólidos cerca de su área de afloramiento, como se observa en la figura 7 y que por infiltración en el sustrato alcanza el manto freático.

Considerando que esta zona es de recarga de acuíferos de gran permeabilidad, el riesgo potencial de contaminación es alto, ya que se encuentra instalada la red de drenaje de los tres colectores industriales de CIVAC y las barrancas que conducen agua con desechos domésticos de la ciudad de Cuernavaca. El municipio afectado es el de Jiutepec, con 42.236 Km² (Tabla 11).

Por otro lado, el río Amacuzac presenta en su agua plomo, cobre, cromo y zinc, producto de actividades urbanas, en un transecto desde Puente de Ixtla hasta Tlalquitenango, aunque no se ha establecido con exactitud la distancia afectada, por lo que se hace necesario hacer determinaciones precisas de la concentración de los metales pesados mencionados a la altura del balneario Tehuissste en Puente de Ixtla y seguir en una escala logarítmica hacia Tlalquitenango, hasta donde ya no se detecten.

El municipio de Emiliano Zapata se encuentra afectado a la altura del poblado del mismo nombre por los desechos municipales de la barranca de Puente Blanco que se origina por agua de retorno agrícola, agua tratada proveniente de ECCACIV y agua de desecho doméstico de los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Emiliano Zapata. Por último, el municipio de Zacatepec presenta manganeso y zinc en el agua del río Apatlaco, afectando un área de 20 531 Km² (Tabla 11).

Resumiendo, es importante priorizar la atención en los municipios que son irrigados por aguas del río Apatlaco y del Amacuzac, como se muestra en la figura 11.

Contaminación de origen agrícola: Con relación al agua de retorno agrícola y el tipo de sustancias tóxicas (plaguicidas) aplicadas en el estado, no se cuenta con registros de la concentración presente de éstos en las diversas áreas. En las zonas agrícolas se emplean aproximadamente 48 plaguicidas diferentes para los diversos cultivos del estado (Tabla 12), tanto para la agricultura de riego que cuenta con 51 000 ha, como para la de temporal con 171 900 ha (Fig. 12), cultivándose principalmente para la primera maíz, caña de azúcar, sorgo, jitomate, cebolla y para la segunda maíz, trigo, sorgo, avena, jitomate y tomate de cáscara.

Los cultivos que consumen la mayor cantidad de plaguicidas en orden de importancia nacional y que se encuentran en el estado de Morelos son maíz, sorgo y jitomate.

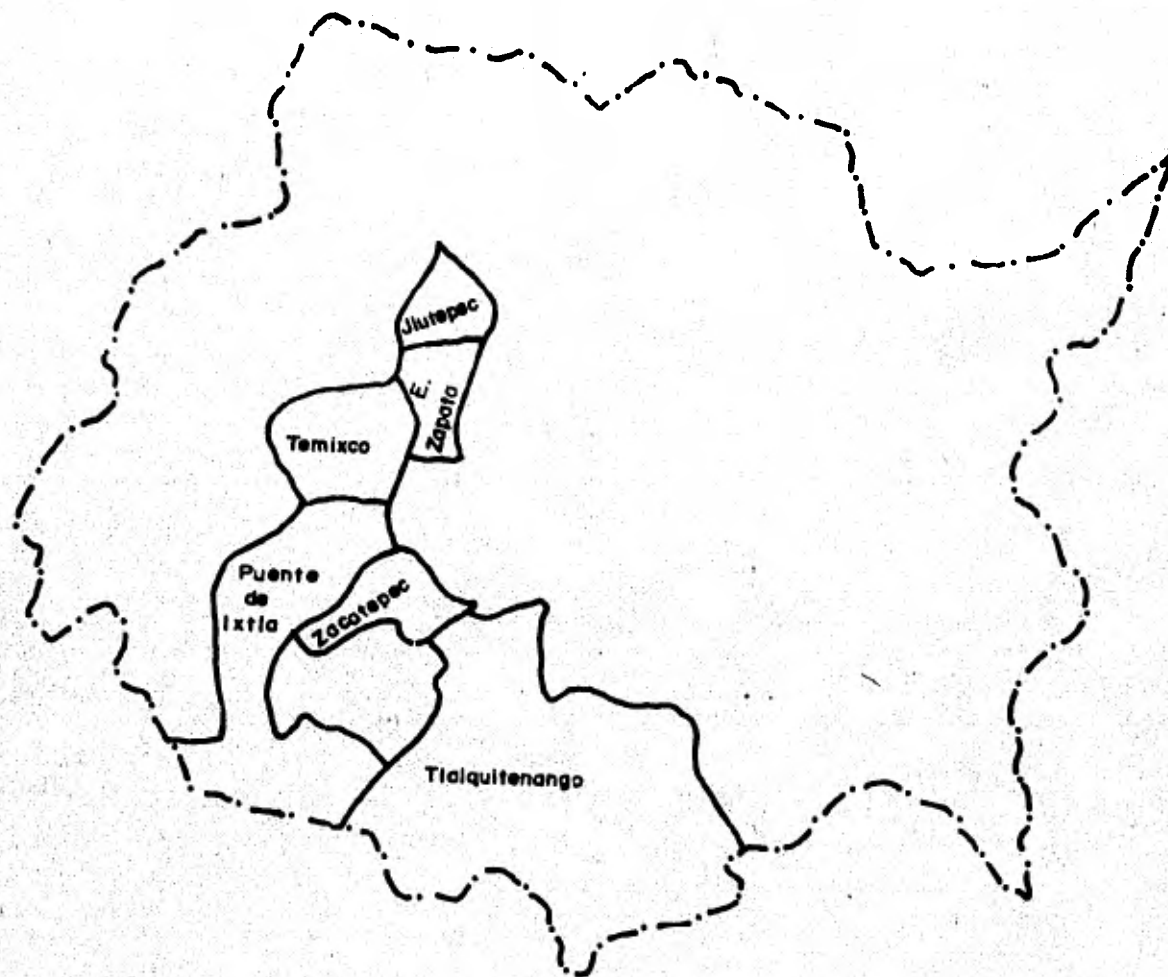


FIG. II. MUNICIPIOS AFECTADOS POR LA CONTAMINACION DE ORIGEN DOMESTICO

TABLA 12. LISTADO TOTAL DE PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL ESTADO DE MORELOS (1969)

Plaguicidas	Cantidad aplicada por ha	Usos autorizados (Catálogo de plaguicidas, 1968)	Cultivo en Morelos	Plaguicidas más peligrosas	Plaguicidas recomendados para no nitoreo (Water Quality, 1972)	Persistencia 150 % de la dosis desapa rezca)
Malatión	1-1.5 litros	Algodonero, maíz, sorgo, jitomate, col, peral, aguacate, caña de azúcar, manzana, piña.	Cebolla, frijol, jitomate, arroz, tomate, algodón, aguacate, higuera, peral	Si	Si	20 días LMR 8 ppm
Paratión metílico	1 litro	Frijol, jitomate, maíz, papa, cacahuate.	Cebolla, frijol, algodón, aguacate, higuera, peral, caña de azúcar, maíz	Si	Si	20 días LMR 1 ppm
Diazinón	1 litro	Algodón, cacahuate, cebolla, frijol, jitomate, maíz, sorgo.	Cebolla, frijol, jitomate, tomate, sorgo, aguacate, peral.	Si	Si	32 días LMR 0.75 ppm
Dimetoato	1 litro	Maíz, sorgo, trigo, chile, jitomate, peral.	Aguacate, higuera.	Si	No	LMR 2 ppm
Busatión	1.5-2 litros	Algodón, chile, jitomate, papa, soya.	Cebolla, tomate, chile.	Si	No	
Manzate	2-3 kg	No	Cebolla, jitomate, papa.	Si	No	
Captán	2-3 Kg	Ajo, cebolla, jitomate, papa, soya, durazno, peral.	Durazno, peral.	Si	Si	LMR 25 ppm
Fungisól	2-3 Kg	No	Cebolla.	No	No	
Sevín	1 Kg	No	Frijol, jitomate, maíz, arroz, tomate, sorgo, aguacate, durazno, higuera, chile.	Si	No	2 meses

TABLA 12A. Continuación.

Plaguicidas	Cantidad aplicada por ha	Usos autorizados (Catálogo de plaguicidas, 1936)	Cultivo en Morelos	Plaguicidas más peligrosas	Plaguicidas recomendadas para monitoreo (Water Quality, 1972)	Persistencia (50 % de la dosis desaparece)
Thiodán	1.5-2 litros	Algodón, caña de azúcar, maíz, jitomate, trigo, papa.	Frijol, jitomate, tomate, algodón, cacahuate, papa, durazno, higuera, chile.	Si	Si	
Foliat	0.4-0.5 litros	No	Frijol, jitomate, tomate, cacahuate, papa, aguacate, durazno, higuera.	Si	No	
Volalón	25 Kg	No	Jitomate, tomate, maíz.	Si	No	
Lannate	0.3-0.4 Kg	No	Jitomate, tomate, algodón.	Si	No	
Nuvacrón	1-1.5 litros	No	Jitomate, frijol.	No	No	
Manet	1-1.5 litros	No	Jitomate.	No	Si	
Daconil	1-1.5 litros	No	Jitomate.	No	No	
Dyrene	1.5-2 Kg	No	Jitomate.	No	No	
Difalátán	2.5-3 Kg	No	Jitomate.	No	No	
Clordano	25 kg	No	Maíz, tomate, algodón, sorgo.	Si	Si	

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

TABLA 12B. Continuación.

Plaguicidas	Cantidad aplicada por ha	Usos autorizados (Catálogo de plaguicidas, 1988)	Cultivo en Morelos	Plaguicidas más peligrosos	Plaguicidas recomendados para monitoreo (Water Quality, 1972)	Persistencia (50 % de la dosis desaparece)
Akar	1.5-2 litros	No	Maíz, sorgo, aguacate, durazno, higuera.	Si	No	
Tritión	1 litro	No	Maíz.	No	No	
Acrícid	1 litro	No	Maíz.	No	No	
Dipterex	8-10 Kg	Alfalfa, algodón, maíz, cebada, trigo.	Maíz.	No	No	
Siam LV-10	4-8 litros	No	Arroz.	No	No	
2-4 D amina	1-1.5 litros	Trigo, cebada, arroz, maíz, sorgo.	Arroz.	Si	Si	15 días LMR 0.5 ppm
Azodrin	0.5-1 litros	No	Tomate, algodón.	Si	No	
Tamarón	0.8-1 litros	No	Tomate, algodón, jitomate.	Si	No	
Phosdrin	1 litro	No	Tomate, jitomate, durazno, higuera.	Si	No	
Thiodán	1.5 litros	No	Algodón.	No	No	

TABLA 12C Continuación.

Plaguicidas	Cantidad aplicada por ha	Usos autorizados (Catálogo de plaguicidas, 1988)	Cultivo en Morelos	Plaguicidas más peligrosas	Plaguicidas recomendados para monitoreo (Water Quality, 1972)	Persistencia (50 X de la dosis desaparece)
Gelecrón	1.5 Kg	No	Algodón	Si	No	
Fundal	1 litro	No	Algodón	No	No	
Tevik	10-12 Kg	No	Algodón	Si	No	
Melasystrox	0.5 litros	No	Algodón	No	No	
Mirex	30-50 g	No	Cacahuale	No	Si	
Supracid	1 litro	No	Frijol, sorgo.	No	No	
Basudin	200 cc	No	Aguacate	No	No	
Gardona	200-300 g	No	Aguacate	No	No	
Ethión	150-200 cc/100 l	No	Durazno	No	No	LHR 2 ppa
Karatham	150-200 g	No	Durazno	No	No	
Zinif	300-400 g	No	Durazno	No	No	
Benlate	30-100 g	No	Peral	No	No	
Marestán	30-100 g	No	Peral	No	No	

TABLA 12D. Continuación.

Plaguicidas	Cantidad aplicada por ha	Usos autorizados (Catálogo de plaguicidas, 1988)	Cultivo en Morelos	Plaguicidas más peligrosos	Plaguicidas recomendados para monitoreo (Waier Quality, 1972)	Persistencia (50 X de la dosis desaparece)
Belmark	0.5 litros	No	Algodón	No	No	
Curacrón	1.5 litros	No	Algodón	No	No	
Pirimor	0.3 Kg	No	Algodón	No	No	
Lorsban	0.5 litros	No	Maiz, sorgo.	No	No	
Bux	12 Kg	No	Maiz, sorgo.	No	No	
Dimecrón	150-200 cc/100 l	No	Aguzcate, higuera, durazno	Si	No	

Total: 48 plaguicidas diferentes aplicados en Morelos.

LMA = Límite máximo de residuos.

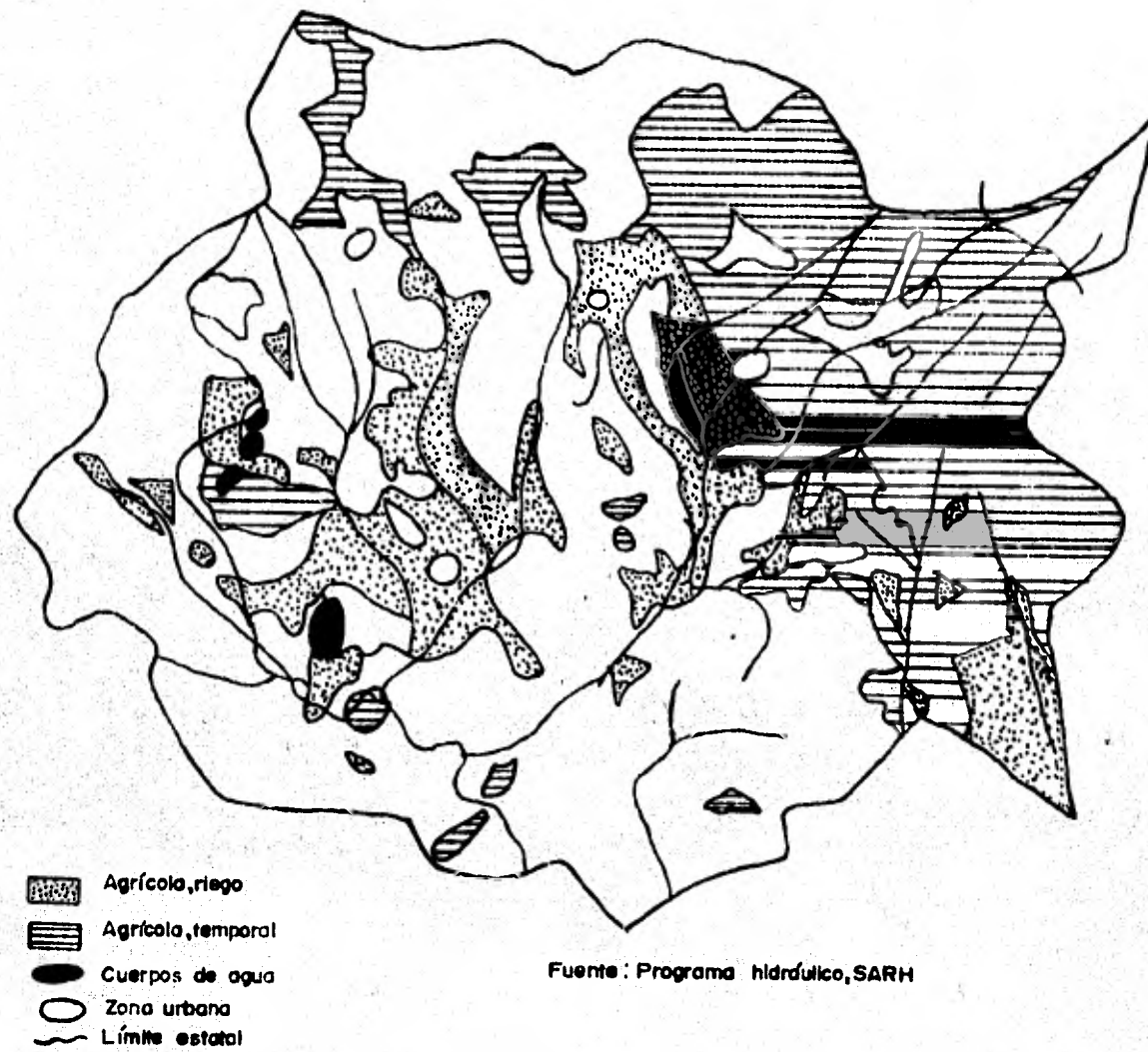


FIG.12. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS TEMPORALERAS Y DE RIEGO DEL EDO. DE MORELOS

Se sabe que los plaguicidas se aplican en doble o triple cantidad a la estipulada oficialmente o por recomendaciones del mismo fabricante, causando problemas en el manejo del recurso agua. De los 48 plaguicidas aplicados en el estado, 20 son considerados como muy peligrosos para la salud de los seres vivos y de éstos, sólo 9 son de uso autorizado con una vigilancia estricta (Tabla 12), por lo que es recomendable fijar lineamientos para detectar su persistencia real en el ambiente a través de análisis de laboratorio sugiriendo iniciar con Paratión metílico y Malatión, insecticidas organofosforados que se usan en más del 50 % en volumen en todo el estado y el porcentaje restante está conformado por los demás plaguicidas.

El área afectada no está determinada con precisión, lo único que se puede concluir es que afecta a 16 municipios, como se muestra en la figura 13 y la tabla 11.

En general, las áreas afectadas por sustancias tóxicas comprenden los municipios de Jiutepec, Zacatepec (río Apatlaco) y Cuautla (río Cuautla) en donde existen plomo, cobre, zinc y cromo y los plaguicidas Paratión metílico y Malatión, los cuales necesitan ser monitoreados siguiendo el modelo del destino de las sustancias tóxicas, ya que el problema incluye 2 escalas espaciales: el río Apatlaco es escala regional (0-50 kilómetros) y el Cuautla es escala local (0.1 a 1.5 kilómetros), dependiendo de los resultados del análisis de los plaguicidas mencionados, ya que se podría convertir a una escala a nivel de cuenca.

La técnica más recomendable, según se especifica en el manual de CEPIS, sería la de características físicoquímicas de los productos y subproductos que incluyen pruebas de toxicidad biológica, prueba de sondeo para persistencia, productos de transformación, etc. Se recomienda este tipo de técnica, ya que según Jenkins (1981), el plomo se considera dentro de los 5 metales más tóxicos a humanos, el cobre es tóxico para ciertas especies por lo que se ha usado como biocida; el cromo es carcinogénico y el zinc aparentemente no presentan ningún problema, aunque Alabaster y Lloyd (1980), citados por Gutiérrez (1983), establecen que la toxicidad del zinc se modifica por la calidad del agua, siendo reducida cuando se incrementa la dureza, temperatura y sólidos suspendidos e incrementada por una disminución de oxígeno disuelto. Con el cobre, presenta un efecto sinérgico. El zinc puede afectar a los peces destruyendo el epitelio branquial, así como efectos crónicos sobre varios órganos y sistemas enzimáticos.

Con relación a los plaguicidas, el Paratión metílico y Malatión son los organofosforados de mayor uso en el estado y según Almeida (1986), este grupo de insecticidas causan intoxicaciones agudas en periodos cortos de exposición y producen lesiones en los nervios con disminución de los movimientos, hipersensibilidad en lapsos continuos durante largos periodos de exposición.

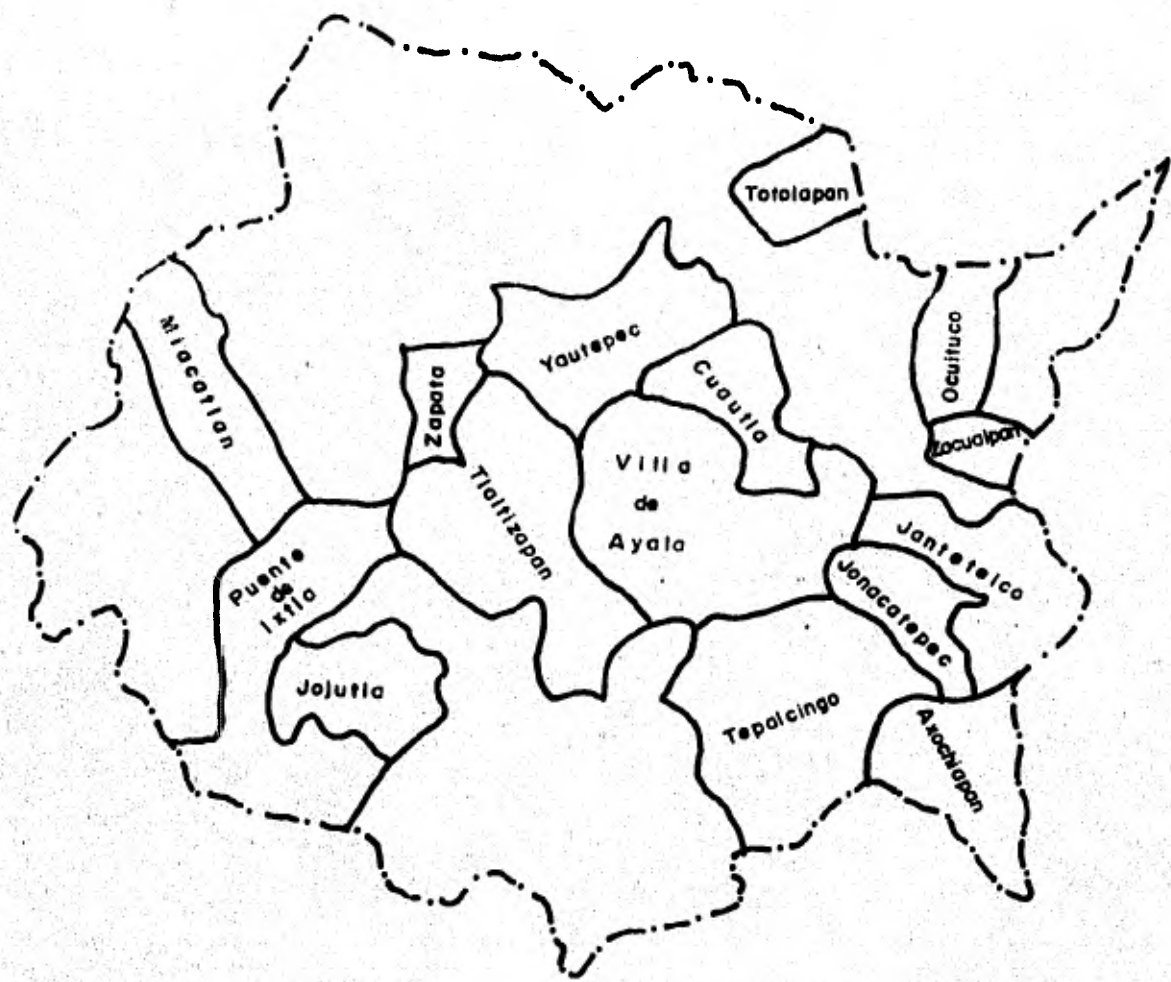


FIG.13. POSIBLES MUNICIPIOS AFECTADOS POR LA CONTAMINACION AGRICOLA

5.3 Tercera etapa: Evaluación de riesgo.

La calidad del agua en las 14 estaciones monitoreadas en esta etapa, se evaluó a través de los cambios estructurales de la comunidad planctónica con objeto de detectar influencias adversas sobre la biota, sirviendo como información complementaria al análisis toxicológico del área, ya que como se instrumentaron las técnicas de análisis en el laboratorio, no era recomendable establecer más estaciones para análisis de tóxicos como una primera aproximación al problema, ya que cualquier diagnóstico de la situación actual o de un modo general, cualquier evaluación de calidad del agua, como evaluación de riesgo relacionado con la presencia de productos químicos, desarrollo y aplicación de modelos matemáticos, programas de muestreo para determinar el grado de cumplimiento de la legislación, control y vigilancia, entre otros, depende de la confiabilidad y comparabilidad de los datos de los análisis proporcionados por los laboratorios (CEPIS, 1988).

Así pues, se toman los indicadores biológicos de contaminación como un aspecto de apoyo en la detección de fuentes dispersas o puntuales que no se pueden establecer con el barrido general que se realizó en este año. Para el logro de lo anterior, se analizarán y discutirán los resultados biológicos de plancton; posteriormente se presenta el aspecto fisicoquímico y el balance de masa del Pb presente en los ríos Cuautla y Apatlaco.

5.3.1 Plancton

Se identificaron en total 49 géneros planctónicos, de los cuales aproximadamente el 67 % corresponde al fitoplancton y el 33 % al zooplancton, presentando 6 Taxa principales con el siguiente porcentaje:

FITOPLANCTON:

Chlorophyta	34 %
Chromophyta	22 %
Cyanophyta	8 %
Euglenophyta	2 %

ZOOPLANCTON:

Rotifera	18 %
Protozoa	16 %

La clasificación taxonómica por cada cuerpo de agua se presenta en las tablas 13, 16 y 19.

RIO APATLACO:

Se determinaron 28 géneros fitoplanctónicos y 13 zooplanctónicos, sumando un total de 41 géneros planctónicos (Tabla 13). De acuerdo al listado taxonómico presentado en la tabla 14, se observa que los géneros Arabaena, Melosira, Synedra, Navicula, Nitzschia, Surirella en fitoplancton y Arcella, Epistylis y Brachionus en zooplancton, presentan una tendencia a permanecer durante los 6 meses de muestreo, indicando con esto condiciones de contaminación en el río, ya que son organismos que por sus propiedades biológicas, se desarrollan perfectamente en presencia de materia orgánica que presenta una descomposición activa generando una cantidad de nutrientes (P y N básicamente) por arriba de los límites normales; es decir, que existe un desequilibrio en el ciclo de los nutrientes, lo cual afecta la calidad del agua en color, sabor y en ocasiones en olor, debido a la cantidad excesiva de algas presentes (florecimientos o blooms).

Al aplicar el análisis cuantitativo (No. de organismos/ml) (Tabla 15), se observa que se presentan florecimientos algales en las estaciones Xochitepec (con 545 210 org/ml) y Zacatepec con 517 379 org/ml en el mes de mayo, manteniendo un número representativo de plancton en todos los meses del año, si se considera que 1000 org/ml es una cantidad promedio en este tipo de agua, de acuerdo a determinaciones hechas desde 1981 en este río.

Con relación a los resultados de la aplicación del índice de diversidad (ISC) y como se observa en la tabla 15, todas las estaciones y durante los 6 meses de monitoreo, se presenta un estado de contaminación, lo cual se refleja en la desaparición de organismos intolerantes a las condiciones ambientales presentes en el río, como es el caso de Spirulina, Chroococcus, Fragilaria, y Staurastrum, lo que indica que existen aportes importantes de descargas contaminantes que no son detectadas con los análisis fisicoquímicos, por lo que hay que intensificar el muestreo a principios de la época de lluvias (julio), de acuerdo al cálculo de su aparición y desaparición (Tabla 14).

Al observar la figura 14, se puede notar que es precisamente en los meses de mayo a julio cuando presentan un mayor estrés contaminante, ya que en los meses de lluvias (julio-septiembre), tienden a recuperarse, a excepción del kilómetro 36 (Tlatenchi), donde presenta un decaimiento total, debido a los aportes de aguas residuales del poblado de Tlatenchi y de Jojutla de Juárez.

En la figura 15, se observa que a lo largo del recorrido del río Apatlaco y durante los 6 meses de muestreo, el transecto más afectado, integrando los resultados de géneros, número de

TABLA 13. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS GENEROS PLANCTONICOS DETERMINADOS EN EL RIO APATLACO, MORELOS. (1989).

FITOPLANCTON			ZOOPLANCTON				
DIVISION	ORDEN	GENERO	PHYLUM	ORDEN	GENERO		
CYANOPHYTA	Nostocales	<u>Anabaena</u>	PROTOZOA	Arceleinidae	<u>Arcella</u>		
		<u>Oscillatoria</u>			<u>Centrocyxis</u>		
		<u>Spirulina</u>					
CHROMOPHYTA	Chroococcales	<u>Chroococcus</u>	PROTOZOA	Gymnostomatidae	<u>Didinium</u>		
	Achnanthes	<u>Cocconeis</u>			<u>Prorodon</u>		
	Coscinodiscales	<u>Cyclotella</u>			Hymenostomatidae	<u>Paramecium</u>	
		<u>Melosira</u>				Peritrichida	<u>Epistylis</u>
		<u>Synedra</u>					<u>Vorticella</u>
	Diatomales	<u>Fragilaria</u>			ROTIFERA	Ploima	Flocculariaceae
Naviculales	<u>Cymbella</u>	<u>Filina</u>					
	<u>Scaphonea</u>	<u>Testudinella</u>					
	<u>Gyrosigma</u>						
	<u>Navicula</u>						
	<u>Nitzschia</u>						
	<u>Surirella</u>		<u>Brachionus</u>				
CHLOROPHYTA	Chlorococcales	<u>Ankistrodesmus</u>		<u>Keratella</u>			
		<u>Coelastrum</u>		<u>Lecine</u>			
		<u>Cricogenia</u>					
		<u>Pediastrum</u>					
		<u>Scenedesmus</u>					
	Desmidiales	<u>Closterium</u>					
		<u>Cosmarium</u>					
		<u>Staurastrum</u>					
	Oedogoniales	<u>Cladophora</u>					
		<u>Oedogonium</u>					
Ulotrichales	<u>Ulothrix</u>						
Zygnematales	<u>Spirogyra</u>						
EUGLENOPHYTA	Euglenales	<u>Euglena</u>					

Total: 28 géneros identificados

Total: 13 géneros identificados

TABLA 14. LISTADO TAXONÓMICO Y PRESENCIA O AUSENCIA DE ORGANISMOS POR MES EN EL RÍO APATLACO, MORELOS. (1989).

DIVISION	GENERO	ALTA PALMIRA	TEPIXCO	KOCHITEPEC	ZACATEPEC	TLATENCHI	TENAYUCAH
		MYJNJLAGSPOC	MYJNJLAGSPOC	MYJNJLAGSPOC	MYJNJLAGSPOC	MYJNJLAGSPOC	MYJNJLAGSPOC
CYANOPHYTA	<u>Anabaena</u>	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
	<u>Oscillatoria</u>	X X X X X	X X X	X X X X X	X X X	X X X X X	X X X - - -
	<u>Spiridina</u>		X	X			- -
	<u>Chroococcus</u>			X			- -
	<u>Cocconeis</u>	X		X	X X X	X X X X	X X - -
	<u>Cyclotella</u>				X X	X X	X - -
	<u>Melosira</u>	X X X	X X X	X X X X	X X	X X	- -
CHROMOPHYTA	<u>Synedra</u>	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	X X X - - X
	<u>Fragilaria</u>					X	- -
	<u>Cymbella</u>	X					- -
	<u>Gomphonema</u>		X		X X	X X	X - -
	<u>Gyrosigma</u>		X X X	X X X X X	X X	X X X X X	X X - -
	<u>Navicula</u>	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 X	X X X - - X
	<u>Nitzschia</u>	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
	<u>Surirella</u>	X X X X	X	X X X X	X X X	X X	X X - -
	<u>Ankistrodesmus</u>			X			- -
	<u>Coelastrum</u>	X		X X	X X		X - -
CHLOROPHYTA	<u>Crucigenia</u>		X				- -
	<u>Pediastrum</u>	X	X	X	X X X X		- -
	<u>Scenedesmus</u>		X X	X X	X X X X	X X	X X - -
	<u>Closterium</u>	X	X X X	X X	X	X X X X	X X X - -
	<u>Cosmarium</u>	X			X		- -
	<u>Staurastrum</u>			X			- -
	<u>Cladophora</u>	X X X X X	X	X X	X X X X X X	X X	X - -
	<u>Oedogonium</u>		X		X		- -
	<u>Ulothrix</u>	X X X X	X	X X	X X X X	X X X X	X - -
	<u>Spirogyra</u>	X	X		X		- -
EUGLENOPHYTA	<u>Euglena</u>	X			X	X	X - -
PROTOZOA	<u>Arcella</u>	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 X	X X X - - X
	<u>Centropyxis</u>	X X		X	X	X	X - -
	<u>Didinium</u>	X X	X	X	X	X	- -
	<u>Prorodon</u>	X X X X X	X X X X	X X	X	X X	X X - - X
	<u>Paramecium</u>	X X X X	X X X	X	X X X X	X	X - - X
	<u>Epiplatys</u>	X X X X X	X X X X X	X X X X X X	X X	X X X	X X X - -
	<u>Vorticella</u>	X X X X	X X X	X X X	X X	X	X - -
ROTIFERA	<u>Conochilus</u>	X		X	X	X	- -
	<u>Filinia</u>		X		X	X	- -
	<u>Testudinella</u>						X - -
	<u>Brachionus</u>	X X X X X	X X X X X	X X X X	X X X X	X	X X - -
	<u>Keratella</u>	X			X	X	- -
	<u>Lecane</u>	X	X X	X	X X	X X	X - -
Artrópodos		X X X	X X		X		- -
Nemátodos		X X X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X	- -

MY=mayo JN=junio JL=julio AG=agosto SP=septiembre OC=octubre
- = No muestreado

TABLA 15. VALORES DE INOICE DE DIVERSIDAD Y NUMERO DE ORGANISMOS POR MILILITRO CALCULADOS EN 6 ESTACIONES DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

ESTACION		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
ALTA PALMIRA Km 2	I.D.	8.47	6.38	9.94	9.79	0.02	1.33
	No. org/ml	7,348	4,183	34,624	2,384	33,748	30,583
TEMIXCO Km 4	I.D.	10.5	0.04	2.9	8.71	0.02	0.48
	No. org/ml	5,700	2,146	10,871	1,366	1,799	5,072
XOCHITEPEC Km 11	I.D.	0.15	1.84	3.2	5.22	1.3	0.45
	No. org/ml	545,210	9,580	27,071	7,609	10,946	15,553
ZACATEPEC Km 30	I.D.	0.02	3.36	6.6	8.23	5.06	4.23
	No. org/ml	517,379	11,878	13,460	1,452	6,307	14,934
TLALTENCHI Km 35.5	I.D.	3.22	5.31	5.58	10.79	0.02	2.52
	No. org/ml	20,483	9,949	7,022	2,731	95,443	8,171
TENAYUCAN Km 40	I.D.	3.96	2.73	9.45	--	--	0.54
	No. org/ml	3,035	10,902	2,666	--	--	33,227

-- = No determinados

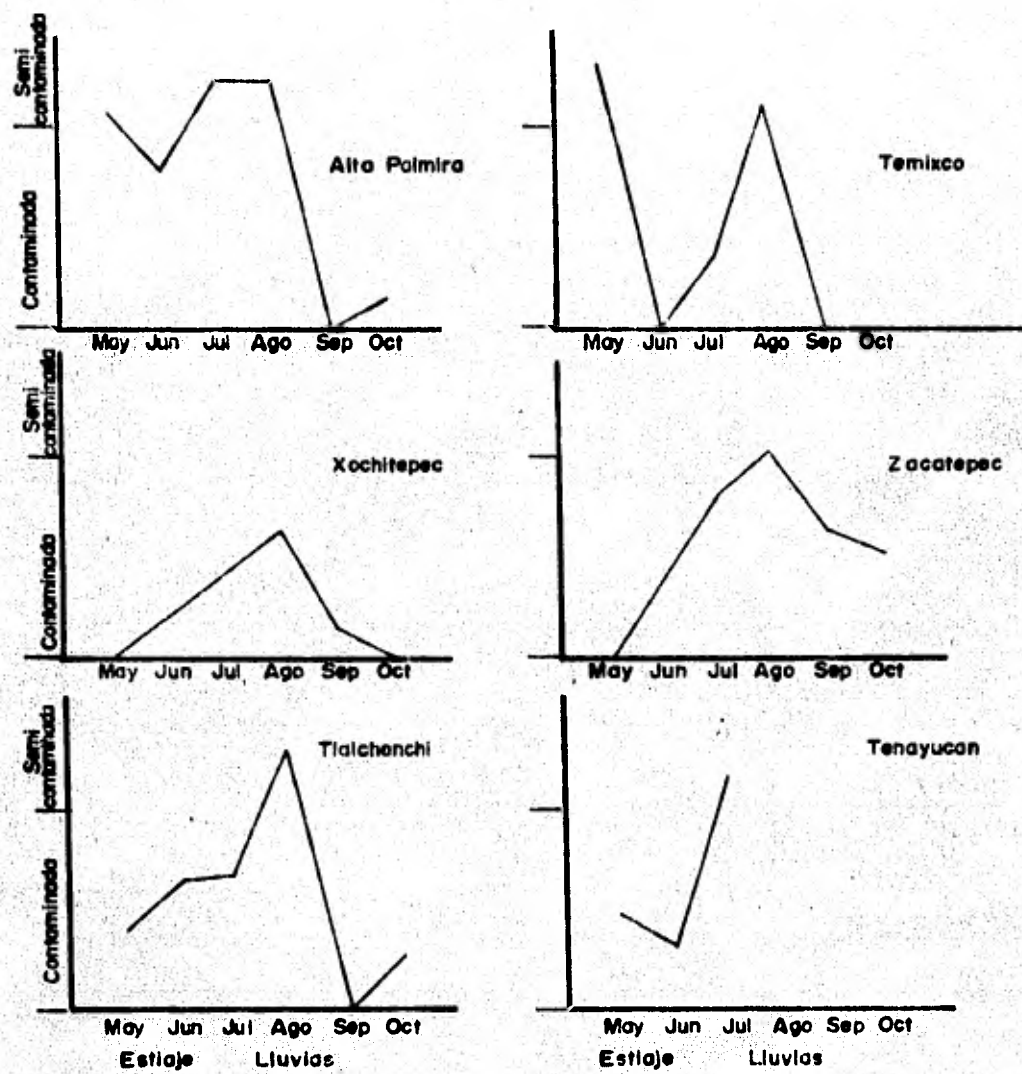


FIG. 14. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA EN LAS 6 ESTACIONES DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

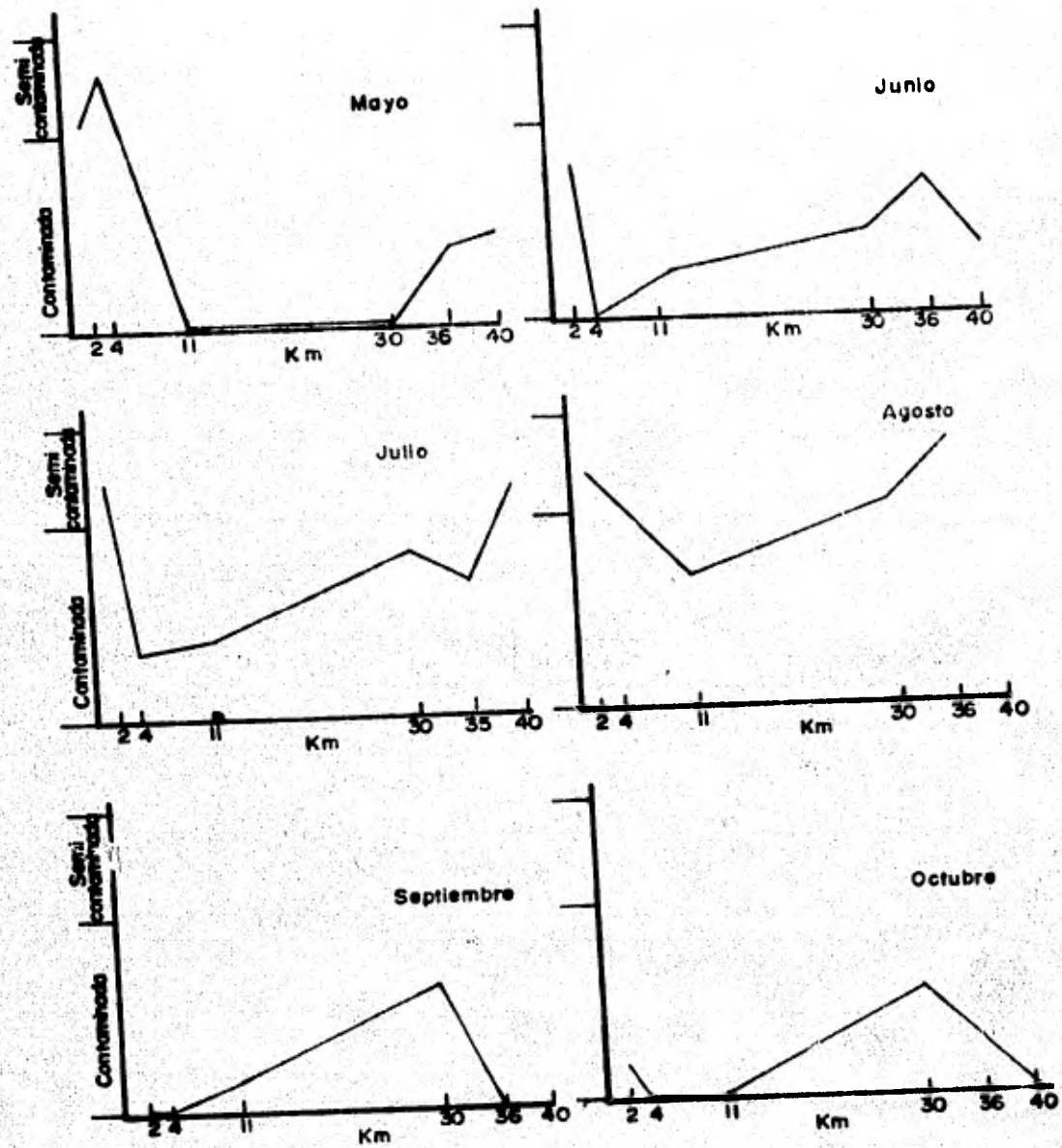


FIG.15. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA A LO LARGO DE 40 KM DEL CAUCE DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

organismos por mililitro y diversidad, va del kilómetro 11 al 30, lo cual reduce la distancia que se consideró en esta etapa. Como propone CEPIS (1988), aquí es necesario establecer estaciones que cubran estos 19 kilómetros, pues es donde se recibe la mayoría de descargas dispersas haciéndose necesario un análisis más detallado, dados los usos del agua.

Con relación a la presencia de metales pesados, existen determinados organismos muy resistentes que se encuentran en aguas contaminadas por metales, como establece Margalef (1983) y que se pueden utilizar como indicadores de la presencia de estos tóxicos, como es en el caso del río Apatlaco de los géneros Coelastrum, Ankistrodesmus, Cosmarium, Cymbella, Melosira, Navicula, Nitzschia, Pediastrum, Spirogyra, Closterium y Euglena, que indican presencia de Cromo y Zinc entre otros metales. Si se observa su presencia y distribución en la tabla 14, tienden a hacerse patentes en el segmento del río indicado anteriormente, confirmando que se debe analizar más detalladamente.

Aunque se establecen organismos indicadores específicos de metales (por ejemplo Cosmarium laeve, Cymbella naviculiformis, C. ventricosa, Melosira varians, Navicula viridula, Nitzschia palea, Pediastrum borvanus, P. duplex y Spirogyra varians), en este trabajo no se pudieron determinar especies, ya que es un análisis más detallado que requiere de mayor tiempo, es válido considerarlo a nivel genérico, ya que al ser los metales micronutrientes, son asimilados por estos organismos, denotando su presencia, pero no su concentración.

RIO CUAUTLA:

Se determinaron 22 géneros fitoplanctónicos y 7 zooplanctónicos, sumando un total de 29 géneros planctónicos (Tabla 16). De acuerdo al listado taxonómico presentado en la tabla 17, se observa que los géneros Synedra y Navicula en fitoplancton y Arcella en zooplancton, presentan una tendencia a permanecer durante todo el monitoreo, indicando condiciones contaminantes en el río, ya que son organismos que por sus propiedades biológicas, se desarrollan perfectamente en presencia de materia orgánica que es utilizada como medio de subsistencia. Esta materia sufre una descomposición activa, generando una cantidad excesiva de nutrientes (básicamente P y N). Esto conduce a un desequilibrio en el ciclo de los mismos, ya que su incorporación al sistema es interrumpida al no permitir que los organismos asimilen estos nutrientes metabólicamente y los liberen para hacerlos accesibles a otros individuos, presentándose así solo organismos tolerantes a estas condiciones y que sean capaces de asimilarla.

Con relación al análisis cuantitativo (org/ml) (Tabla 18), se puede notar que los organismos no presentan florecimientos algales, pero el número en la mayoría de los meses de muestreo es

TABLA 16. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS GENEROS PLANCTONICOS DETERMINADOS EN EL RIO CUAUTLA, MORELOS. (1989).

FITOPLANCTON			ZOOPLANCTON		
DIVISION	ORDEN	GENERO	PHYLUM	ORDEN	GENERO
CYANOPHYTA	Nostocales	<u>Anabaena</u> <u>Oscillatoria</u>		Arcellinidae	<u>Arcella</u>
	Chroococcales	<u>Chroococcus</u>	PROTOZOA	Gyanostomatidae	<u>Prorodon</u>
CHROMOPHYTA	Achnanthes	<u>Cocconeis</u>		Peritrichida	<u>Epistylis</u>
	Coccinodiscales	<u>Melosira</u> <u>Synedra</u>		Spirotrichida	<u>Euploes</u>
	Diatomales	<u>Fragilaria</u>	ROTIFERA	Ploima	<u>Asplanchna</u> <u>Keratella</u> <u>Lepadella</u>
	Naviculales	<u>Cymbella</u> <u>Gomphonema</u> <u>Gyrosigma</u> <u>Navicula</u> <u>Nitzschia</u> <u>Surirella</u>			
	Chlorococcales	<u>Coelastrum</u> <u>Crucigenia</u> <u>Pediastrum</u> <u>Scenedesmus</u>			
CHLOROPHYTA	Desmidiiales	<u>Closterium</u>			Además larvas de artrópodos y nemátodos.
	Oedogoniales	<u>Cladophora</u>			
	Ulotrichales	<u>Microspora</u> <u>Ulothrix</u>			
	Zygnematales	<u>Spirogyra</u>			

Total 22 géneros identificados.

Total 7 géneros identificados

TABLA 17. LISTADO TAXONOMICO Y PRESENCIA O AUSENCIA DE ORGANISMOS POR MES EN EL RIO CUAUTLA, MORELOS (1937).

DIVISION	GENERO	MANATALES	B. AYALA	A. RODRIGUEZ	SAN RAFAEL	MEZQUITERA
		MYJNLAGSPDC	MYJNLAGSPDC	MYJNLAGSPDC	MYJNLAGSPDC	MYJNLAGSPDC
CYANOPHYTA	<i>Anabaena</i>	- X		-		X X X
	<i>Oscillatoria</i>	-	X X X	X - X X	X X X X	X X X
	<i>Chroococcus</i>	-		-	X X	X
CHROMOPHYTA	<i>Cocconeis</i>	-	X	- X	X	X X
	<i>Melosira</i>	X - X X	X X X	-	X X X X X	X X X X
	<i>Synedra</i>	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
	<i>Fragilaria</i>	-	X	X - X X		X
	<i>Cymbella</i>	-	X X	- X		X
	<i>Gomphonema</i>	- X		X - X X	X X X	X
	<i>Gyrosigma</i>	-	X X X	- X X	X X X	X X X X
	<i>Navicula</i>	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
	<i>Nitzschia</i>	- X	X X	-		X X
	<i>Surirella</i>	- X	X X X X	- X	X X X X	X X X X
CHLOROPHYTA	<i>Coelastrum</i>	- X		-		
	<i>Crucioenia</i>	- X		-		
	<i>Pediastrum</i>	-	X X		X X	X X X
	<i>Scenedesmus</i>	-	X	X -	X	X X
	<i>Closterium</i>	- X	X X X X	- X X	X X X	X X X
	<i>Cladophora</i>	- X X	X	X - X X	X X X	X X
	<i>Microspora</i>	-		- X		
	<i>Ulothrix</i>	- X X X		-		X
PROTOZOA	<i>Spirogyra</i>	-		-	X	
	<i>Arcella</i>	- X X X	X X X X X X	- X X	X X X X X	X X X X
	<i>Prorodon</i>	- X		-	X	
	<i>Epistylis</i>	- X		-		
	<i>Euplodes</i>	- X		-		
ROTIFERA	<i>Asplanchna</i>	- X		-		
	<i>Keratella</i>	- X	X X X	- X X X	X X X	X
Artrópodos	<i>Lepadella</i>	- X X	X X	-	X	
		- X X	X X	- X X	X X X X	X X X

MY=mayo JN=junio JL=julio AG=agosto SP=septiembre OC=octubre
- = No muestreado

TABLA 18. VALORES DE INDICE DE DIVERSIDAD Y NUMERO DE ORGANISMOS POR MILILITRO
CALCULADOS EN 5 ESTACIONES DEL RIO CUAUTLA, MORELOS (1989).

ESTACION		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
MANANTIALES Km 0	I.D.	0.3	--	0.84	3.16	0.2	3.4
	No. org/ml	53,644	--	40,142	1,028	10,852	121,620
BARRANCA AYALA Km10	I.D.	0.72	1.54	3.04	3.92	6.89	8.21
	No. org/ml	17,212	10,560	5,434	5,849	3,908	9,400
A. RODRIGUEZ Km12	I.D.	3.36	--	0.24	1.45	6.6	8.58
	No. org/ml	7,369	--	33,945	1,693	104,970	13,850
SAN RAFAEL Km20	I.D.	6.9	9.23	0.08	1.05	5.7	7.68
	No. org/ml	296	39,575	58,736	857	39,030	24,450
MEZQUITERA Km 43	I.D.	0.4	1.89	0.96	1.72	5.5	5.5
	No. org/ml	50,267	2,125	9,359	4,479	1,200	51,120

-- = No determinados

considerable, manteniendo una cantidad representativa de biomasa, registrándose un valor mínimo en agosto en la estación San Rafael (857 org/ml) y un máximo en octubre en la estación Manantiales (121 620 org/ml), lo que indica un estado de contaminación orgánica constante.

Al observar la misma tabla 18, en cuanto a valores del índice de diversidad aplicado, se advierte que las 5 estaciones presentan un estado de contaminación, variando entre valores de semi-contaminada a contaminada, apareciendo y desapareciendo organismos intolerantes a este tipo de calidad de agua como es el caso de los géneros Chroococcus, Cymbella y Crucigenia, denotando la entrada de descargas intermitentes que no se detectan con un análisis puntual (físicoquímico).

En la figura 16, se ha graficado por cada estación su índice de diversidad, demostrando que el río tiende a recuperar su calidad, excepto en los meses de julio y agosto en la estación San Rafael, que coincide con la aplicación de plaguicidas y fertilizantes de los campos aledaños al cauce del río, pues esta estación, como se mencionó en la descripción de estaciones de muestreo, se encuentra ubicada aproximadamente a la mitad de los campos agrícolas del DDR-095.

Con respecto a las gráficas de la figura 17, se hace notar que existe un abatimiento en la calidad del agua a partir del kilómetro 10, sobre todo en los meses de julio a octubre, lo que hace necesario intensificar el análisis y segmentar más este tramo del río, pues el aporte de la barranca Ayala abate durante 4 meses la calidad del agua, llegando hasta el kilómetro 45. Se debe de considerar que esta barranca arrastra metales y que del kilómetro 12 al 45 existen los campos agrícolas que son numerosas descargas dispersas que tienen como destino último el cauce del río Cuautla.

En cuanto a metales pesados, se encuentran los géneros Melosira, Cymbella, Navicula, Nitzschia, Coelastrum, Pediastrum, Closterium, Microspora y Spirogyra, que indican la presencia de Cr y Zn, presentándose la mayoría en el tramo mencionado (del kilómetro 12 al 45), aunque también existen en la estación Manantiales, lo cual hay que considerar en el plan general de acciones, ya que el agua de este sitio es distribuida a gran parte de la población de Cuautla para consumo humano, lo que ya implica un riesgo. Para plaguicidas, es obvio que existe gran cantidad de nutrientes que son asimilados por autótrofos y que probablemente provengan de los fertilizantes y plaguicidas aplicados en esta área. Se espera realizar análisis de laboratorio posteriores para confirmar este hecho.

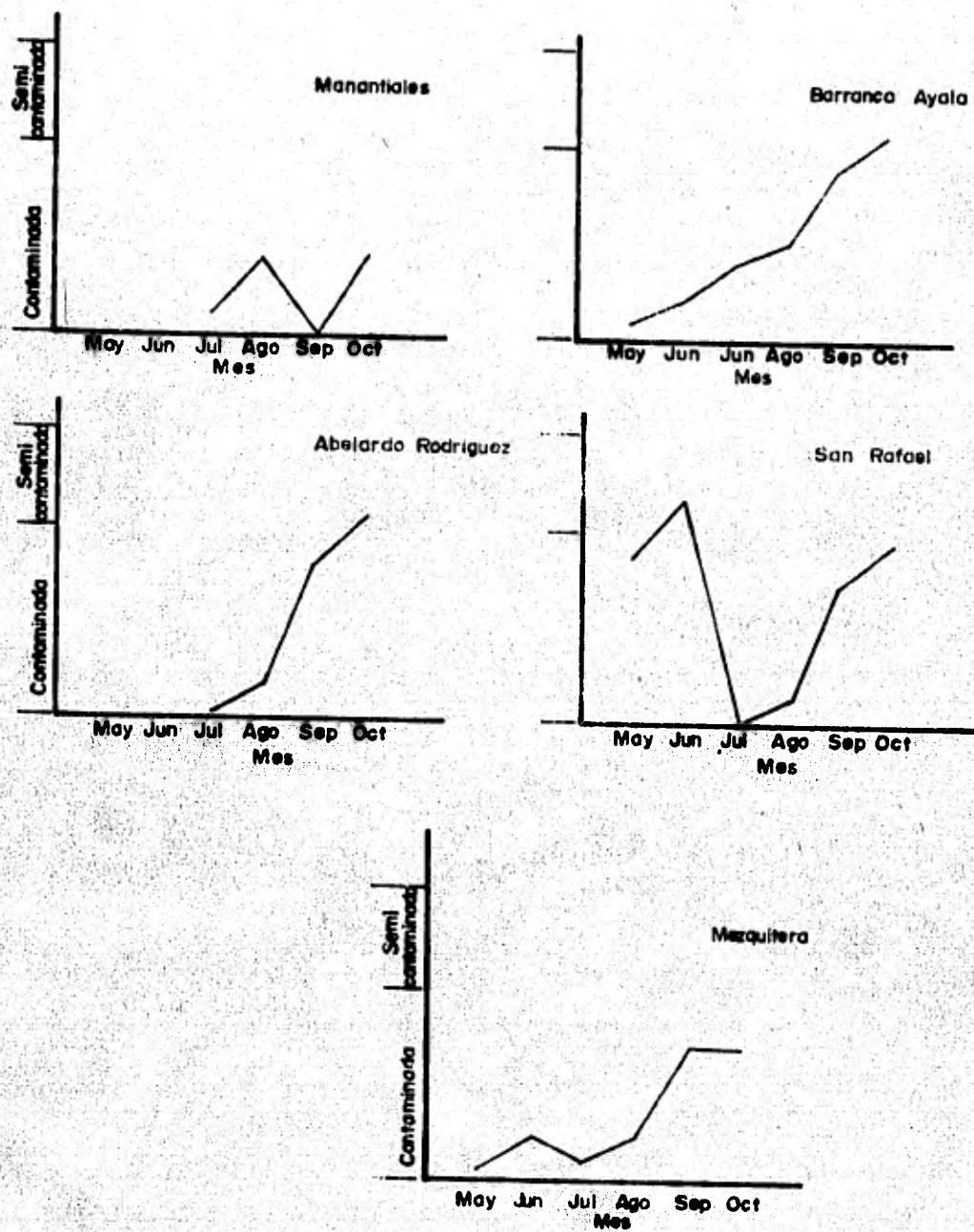


FIG.16. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA EN LAS 5 ESTACIONES DEL RIO CUAUTLA, MORELOS (1989)

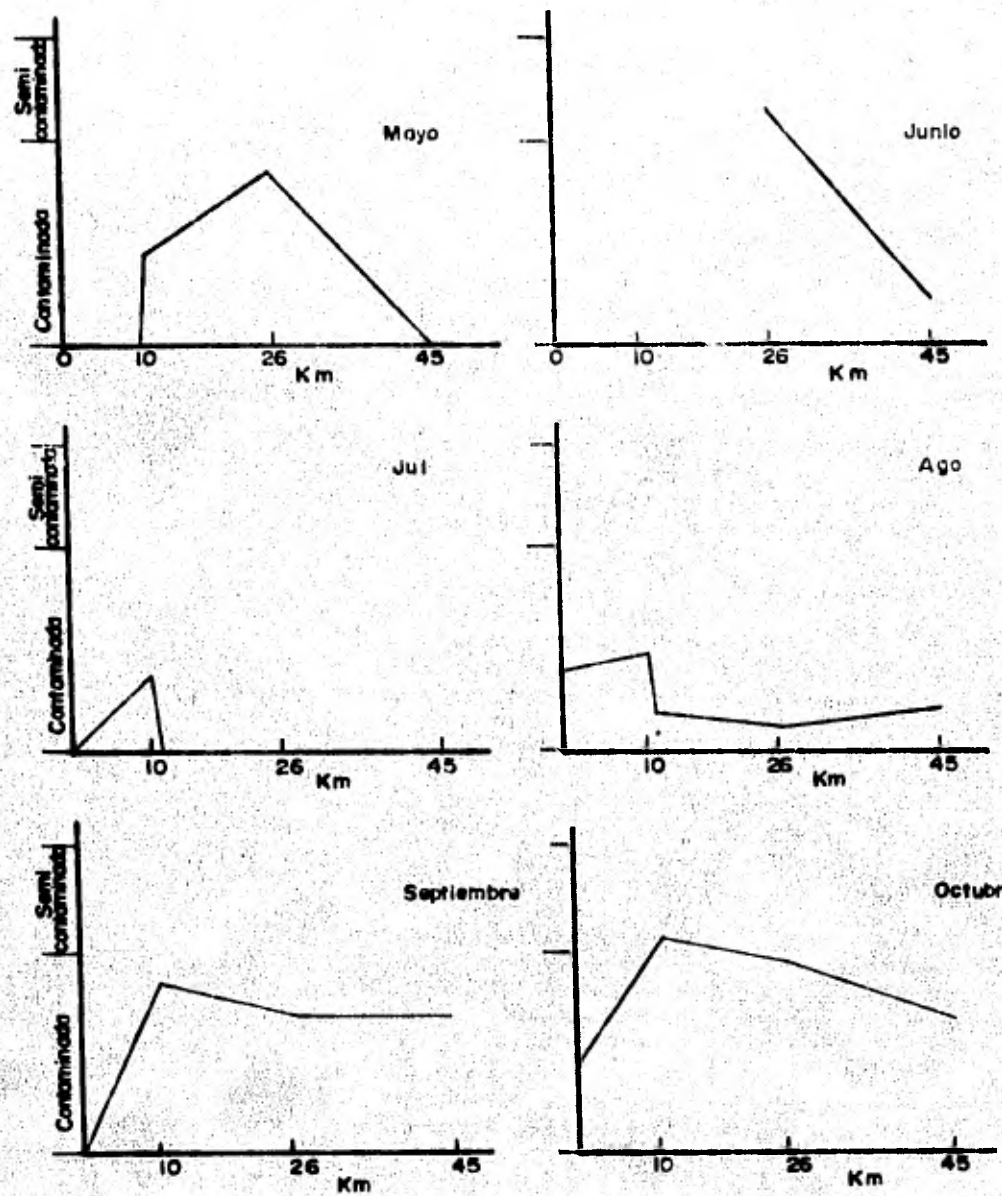


FIG. 17. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA A LO LARGO DE 45 KM DEL CAUCE DEL RIO CAUTLA, MORELOS (1989).

RIO YAUTEPEC:

Se determinaron 24 géneros fitoplanctónicos y 10 géneros zooplanctónicos sumando en total 34 géneros planctónicos identificados (Tabla 19). De acuerdo al listado taxonómico presentado en la tabla 20, se observa que los géneros Oscillatoria, Synedra, Navicula y Nitzschia en fitoplancton y Arcella en zooplancton, se presentan a través de los seis meses de monitoreo y en las tres estaciones muestreadas, indicando nuevamente contaminación orgánica en el cauce del río Yautepec.

El análisis cuantitativo (Tabla 21) denota la presencia de una biomasa planctónica considerable, alcanzando un valor mínimo de 2 796 org/ml en el mes de agosto en la estación Yautepec y un máximo de 176 616 org/ml en el mes de julio en la misma estación, lo que indica, si consideramos que este punto de muestreo se eligió como libre de influencias contaminantes, que a esta altura del río ya existe un aporte considerable de materia orgánica, lo que obliga a buscar un punto aguas arriba, donde los escurrimientos originan este río. Cabe hacer notar que aunque se consideró como kilómetro cero, existe un transecto anterior que no es muy accesible, pero que hay que considerar en el plan general de acciones.

Por otro lado, al aplicar el índice secuencial de comparación (ISC) en las muestras obtenidas (Tabla 21), se observa que también este cuerpo de agua se encuentra sometido a un estrés contaminante, desapareciendo organismos sensibles a la contaminación como es el caso de Dyctiosphaerium e Hydrodictyon, denotando aportes importantes de descargas intermitentes a lo largo del cauce.

En las figuras 18 y 19 se tiene el comportamiento de la diversidad de organismos. Si se examina esta serie de gráficas, se podrá notar que a partir del inicio de la época de lluvias (julio), existe una tendencia al decaimiento de la diversidad de organismos. Aquí se puede considerar en general que el tramo del río más afectado va del kilómetro 16 al 38, lo cual es lógico al encontrarse rodeado de campos agrícolas. Las aguas son desviadas con objeto de regar parcelas y son retornadas al mismo cauce, después de haber lavado los campos agrícolas. En época de lluvias, recibe más descargas pues lleva aguas de desechos domésticos y aguas de desecho agrícola que contienen gran cantidad de plaguicidas.

En resumen, se deben establecer puntos de muestreo antes de la estación Yautepec y profundizar en el monitoreo y análisis del tramo comprendido entre Bonifacio García y Puente Yautepec-Mezquitera.

TABLA 19. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS GENEROS PLANCTONICOS DETERMINADOS EN EL RIO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

FITOPLANKTON			ZOOPLANKTON			
DIVISION	ORDEN	GENERO	PHYLUM	ORDEN	GENERO	
CYANOPHYTA	Nostocales	<u>Anabaena</u> <u>Oscillatoria</u>		Arcellinidae	<u>Arcella</u>	
	Chroococcales	<u>Chroococcus</u>	PROTOZOA	Gymnostomidae	<u>Prorodon</u>	
CHROMOPHYTA	Achnanthes	<u>Cocconeis</u>		Hymenostomatidae	<u>Paramecium</u>	
	Coscinodiscales	<u>Melosira</u>		Peritrichida	<u>Epistylis</u> <u>Vorticella</u>	
	Diatomales	<u>Synedra</u>		Flosculariaceae	<u>Filina</u>	
	Naviculales	<u>Gomphonema</u> <u>Gyrosigma</u> <u>Navicula</u> <u>Nitzschia</u> <u>Surirelia</u>	ROTIFERA	Ploima	<u>Brachionus</u> <u>Euchlanis</u> <u>Keratella</u> <u>Lecane</u>	
CHLOROPHYTA	Chlorococcales	<u>Chlorella</u> <u>Chlorococcum</u> <u>Coelastrum</u> <u>Dictyosphaerium</u> <u>Hydrodictyon</u> <u>Pediastrum</u> <u>Scenedesmus</u>		Además: larvas de artrópodos y nemátodos.		
	Desmidiiales	<u>Closterium</u> <u>Staurastrum</u>				
	Oedogoniales	<u>Cladophora</u>				
	Ulotrichales	<u>Ulothrix</u>				
	Zygnematales	<u>Spirogyra</u>				
	EUGLENDOPHYTA	Euglenales	<u>Euglena</u>			
	Total: 24 géneros identificados			Total: 10 géneros identificados		

TABLA 20. LISTADO TAXONÓMICO Y PRESENCIA O AUSENCIA DE ORGANISMOS POR MES EN EL RÍO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

DIVISION	GENERO	YAUTEPEC					B. GARCÍA					PTE. YAUTEPEC				
		MY	JN	JL	AG	SP	OC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CYANOPHYTA	<i>Anabaena</i>	X		X	X				X					X		
	<i>Oscillatoria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Chroococcus</i>					X										
CHROMOPHYTA	<i>Cocconeis</i>	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Helosira</i>	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X	
	<i>Synedra</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Gomphonema</i>	X		X				X								
	<i>Gyrosigma</i>		X	X				X	X	X			X	X	X	
	<i>Navicula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Nitzschia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Surirella</i>	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	
CHLOROPHYTA	<i>Chlorella</i>													X		
	<i>Chlorococcum</i>			X	X				X							
	<i>Coelastrum</i>		X					X								
	<i>Dictyosphaerium</i>		X													
	<i>Hydrodictyon</i>												X			
	<i>Pediastrum</i>												X			
	<i>Scenedesmus</i>		X	X				X					X			
	<i>Closterium</i>		X	X									X	X	X	
	<i>Staurastrum</i>												X			
	<i>Cladophora</i>		X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	
EUGLENOPHYTA	<i>Ulothrix</i>	X	X	X	X			X	X	X		X	X			
	<i>Spirogyra</i>												X			
PROTOZOA	<i>Euglena</i>		X													
	<i>Arcella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Prorodon</i>												X			
	<i>Paramecium</i>	X														
ROTIFERA	<i>Epiglysis</i>	X	X	X	X			X	X	X			X			
	<i>Vorticella</i>	X		X				X								
	<i>Filinia</i>					X										
Artrópodos	<i>Brachionus</i>			X				X	X							
	<i>Euchlamis</i>			X												
	<i>Keratella</i>			X									X			
	<i>Lecane</i>	X	X				X	X	X				X			
Artrópodos	X		X	X	X	X	X	X				X				
Nematodos	X	X	X	X			X	X				X				

MY=mayo JN=junio JL=julio AG=agosto S=septiembre OC=octubre
 - = No muestreado

TABLA 21. VALORES DE INDICE DE DIVERSIDAD Y NUMERO DE ORGANISMOS POR MILILITRO
CALCULADOS EN 3 ESTACIONES DEL RIO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

ESTACION		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
YAUTEPEC Km 0	I.D.	9.24	6.0	0.2	4.62	1.9	5.6
	No. org/ml	7,304	9,212	173,616	2,796	133,604	7,803
D. GARCIA Km 16	I.D.	1.14	3.3	4.6	3.36	5.18	0.2
	No. org/ml	10,924	6,307	2,904	13,894	2,861	4,530
PTE. YAUTEPEC Km 38	I.D.	2.4	4.72	7.3	1.47	3.48	0.08
	No. org/ml	67,994	7,196	3,099	5,289	2,818	10,924

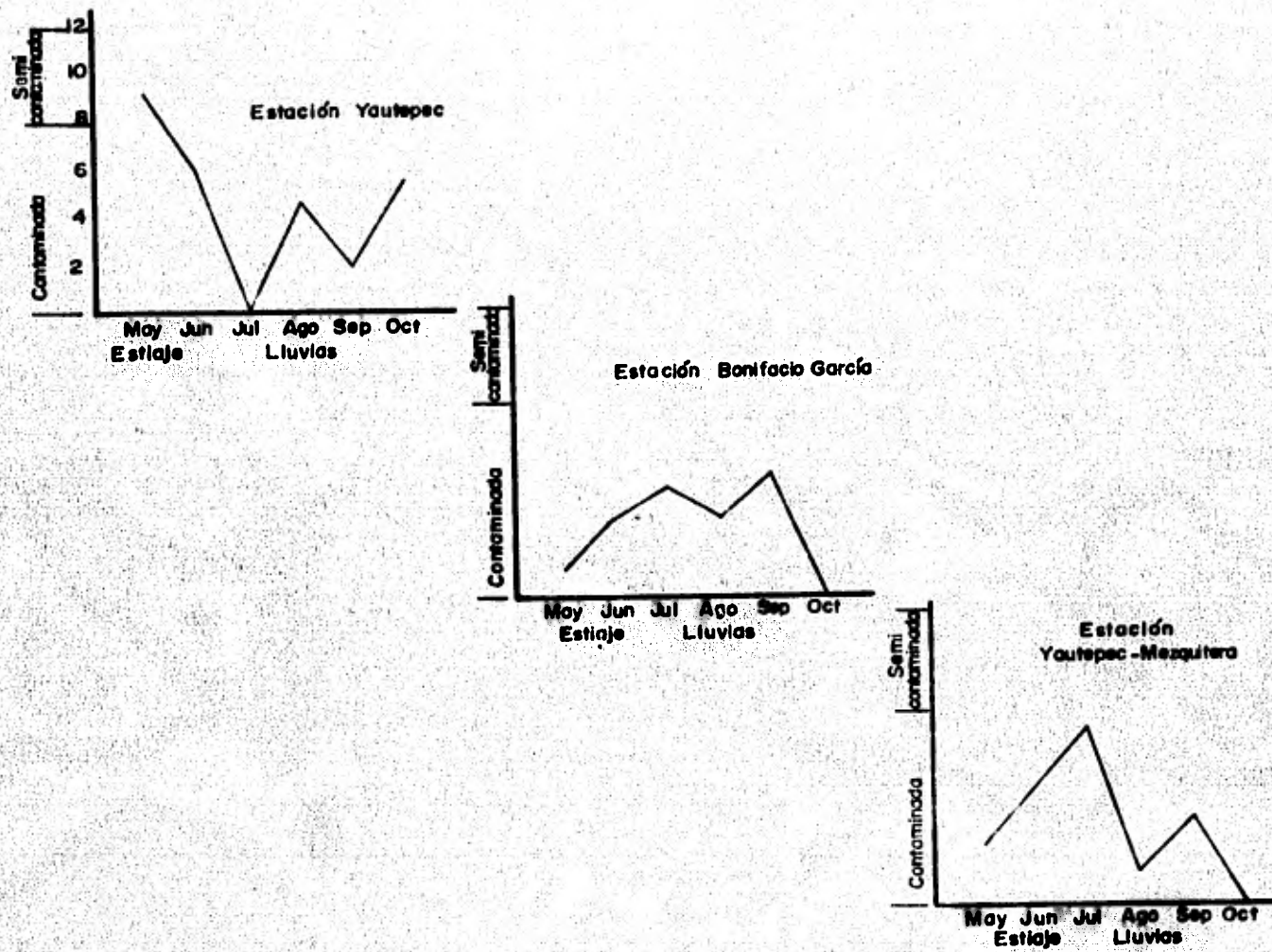


FIG. 18. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA EN LAS 3 ESTACIONES DEL RIO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

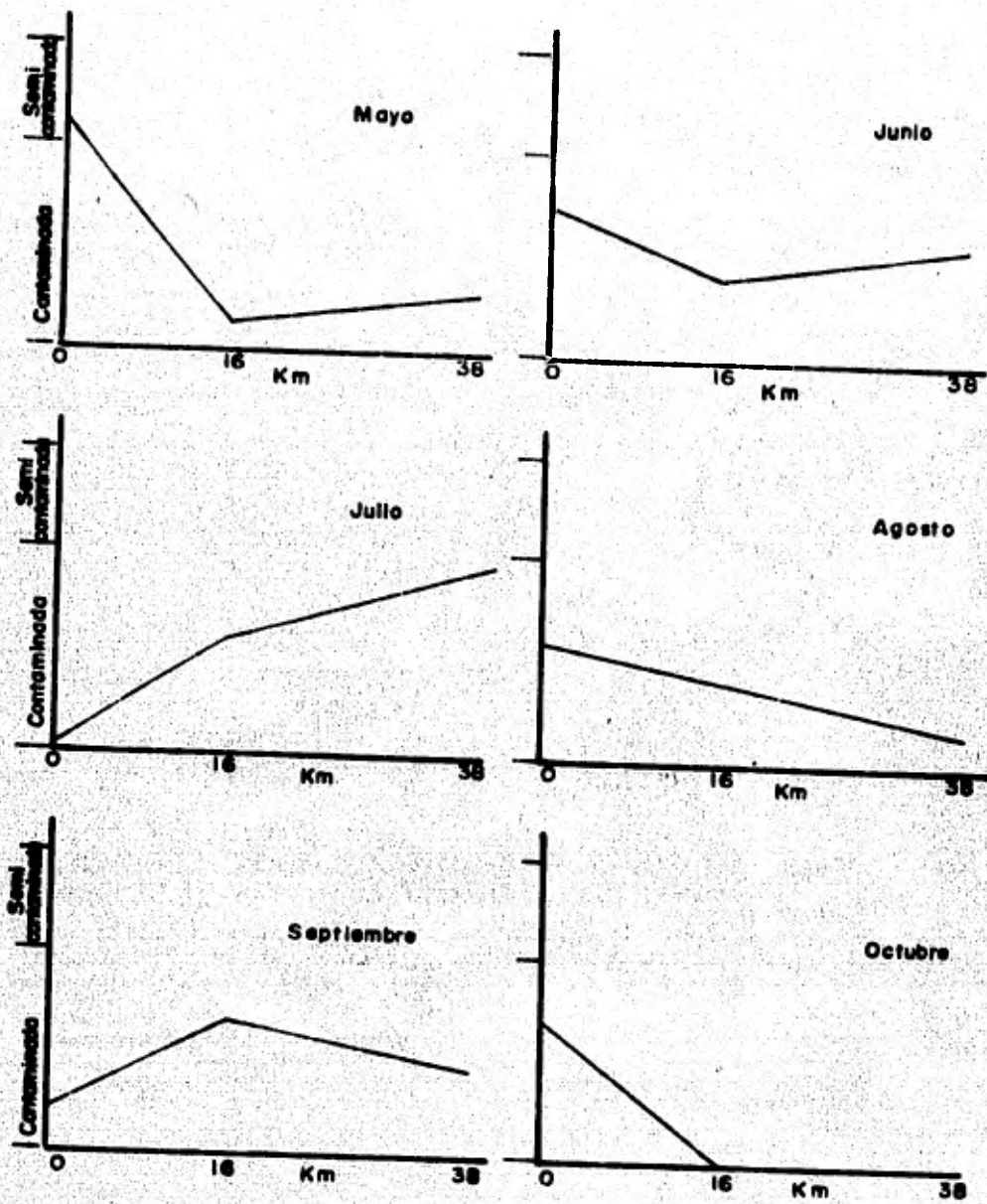


FIG. 19. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA DIVERSIDAD PLANCTONICA A LO LARGO DE 38 KM DEL CAUCE DEL RIO YAUTEPEC MOR. (1982)

Con relación a los metales pesados, aunque este río no fue establecido como un cuerpo de agua propenso a contaminación por este tipo de tóxicos, existen géneros indicadores de la presencia de metales como son Melosira, Navicula, Nitzschia, Chlorococcum, Pediastrum, Closterium y Euglena que aunque no son frecuentes en sus apariciones (a excepción de Melosira, Navicula y Nitzschia), denotan la presencia de Cromo y Zinc, para lo cual se hace necesario un análisis de concentración de éstos en agua en los meses de lluvias. Para plaguicidas, se manifiesta que el enriquecimiento orgánico está presente en el cauce, lo que se debe hacer ahora, es tener las determinaciones analíticas del laboratorio y confrontar los resultados con la presencia y abundancia de los organismos, sobre todo en el transecto comprendido en los kilómetros 16 al 36.

Resumiendo, se observa en la tabla 22 que de los 49 géneros determinados, 22 son comunes a los 3 ríos estudiados, siendo Melosira, Navicula, Nitzschia, Pediastrum y Closterium, indicadores de la presencia de metales pesados en el área, por lo que hay que contemplar los segmentos de los ríos en que se encontraron como ya se discutió. La mayoría de los otros géneros son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico, lo que resta es determinar el porcentaje que corresponde a los fertilizantes y plaguicidas.

5.3.2 Parámetros fisicoquímicos

RIO APATLACO:

Los resultados fisicoquímicos que se obtuvieron en las estaciones Alta Palmira (Km 2), Tlatenchi (Km 35.5) y Tenayucan (Km 40), del río Apatlaco y que se muestran en la tabla 23 y la figura 20, son las siguientes:

En cuanto a la temperatura del agua, esta osciló entre los 21 y 25°C, con un promedio de 26.6°C \pm 2.2, manteniéndose con pocas variaciones a lo largo del monitoreo y presentando un incremento de temperatura aguas abajo.

El pH presentó valores que variaron entre 6 y 7 unidades con un promedio de 7.1 \pm 0.1, denotando poca alcalinidad, lo cual es favorable para el desarrollo óptimo de los organismos planctónicos (García, 1985); este parámetro es importante debido a que muchas sustancias químicas pueden llegar a incrementar su toxicidad cuando los valores de pH son bajos, como es el caso de los metales pesados, los cuales al ser descargados a un río, una fracción considerable de ellos queda en los sedimentos y pueden ser resuspendidos en la columna de agua cuando el pH desciende a 5 y 6 (Margalef, 1983).

La conductividad presentó valores entre 391 y 1 112.5 μ hos/cm con un promedio de 860 \pm 405.9, observando un valor máximo en todos los muestreos en la estación Tlatenchi, debido

TABLA 22. LISTA TAXONOMICA TOTAL DE ORGANISMOS IDENTIFICADOS EN LOS RIOS APATLACO, CUAUTLA Y YAUTEPEC, MORELOS. (1989).

FITOPLANCTON				ZOOPLANCTON	
D. CYANOPHYTA	D. CHROMOPHYTA	D. CHLOROPHYTA	D. EUGLENOPHYTA	P. PROTOZOA	P. ROTIFERA
<u>Anabaena</u> †	<u>Cocconeis</u> †	<u>Ankistrodesmus</u>	<u>Euglena</u>	<u>Arcella</u> †	<u>Asplanchna</u>
<u>Chroococcus</u> †	<u>Cyclotella</u>	<u>Cladophora</u> †		<u>Centropyxis</u>	<u>Brachionus</u>
<u>Oscillatoria</u> †	<u>Cymbella</u>	<u>Closterium</u> †		<u>Didinium</u>	<u>Conochilus</u>
<u>Spirulina</u>	<u>Fragilaria</u>	<u>Chlorella</u>		<u>Epistylis</u> †	<u>Euchlanis</u>
	<u>Gomphonema</u> †	<u>Chlorococcum</u>		<u>Evolutes</u>	<u>Filinia</u>
	<u>Gyrodinium</u> †	<u>Coelastrum</u> †		<u>Paramecium</u>	<u>Keratella</u> †
	<u>Melosira</u> †	<u>Cosmarium</u>		<u>Prorodon</u> †	<u>Lecane</u>
	<u>Navicula</u> †	<u>Crucigenia</u> †		<u>Vorticella</u>	<u>Lepadella</u>
	<u>Nitzschia</u> †	<u>Dictyosphaerium</u>			<u>Testudinella</u>
	<u>Surirella</u> †	<u>Hydrodictyon</u>			
	<u>Synedra</u> †	<u>Microspora</u>			
		<u>Oedogonium</u>			
		<u>Pediastrum</u> †			
		<u>Scenedesmus</u> †			
		<u>Spirogyra</u> †			
		<u>Staurastrum</u>			
		<u>Ulothrix</u>			

† Géneros encontrados en los 3 rios

Total: 32 géneros fitoplanctónicos
 17 géneros zooplanctónicos
 49 géneros en total
 22 géneros comunes a los 3 rios

TABLA 23. RESULTADOS PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y METALES PESADOS DETERMINADOS EN LAS ESTACIONES DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

	Alla Palmera	Temixco	Xochitepec	Zacatepec	Descarga Ingenio	Tlaltenchi	Tenayucan	PROMEDIOS
T °C Amb.	26	25.1	29	28	28	26	30	27.5 ± 2.1
T° C Agua	21	21	25.2	26.6	30	25	25	23 ± 2.2
pH	7	6.8	7.1	7.3	6.6	7.1	7.2	7.1 ± 0.1
Conduct. µmhos/cm	392	311.2	563	1115	1342	1112	1076	860 ± 406
Oxigeno disuelto mg/l	8.3	7.9	8.6	8.1	0	5.5	5	6.2 ± 1.7
Cloruros mg/l	26				29.3	106	45	59.1 ± 41.7
NH3 mg/l	1.64				0.23	0.56	0.10	0.76 ± 0.79
N-org mg/l	0.81				6.53	2.15	0.44	1.1 ± 0.89
NO3 mg/l	1.53				0.74	0.89	0.87	1.0 ± 0.37
NO2 mg/l	0.32				0.013	0.007	0.078	0.16 ± 0.13
SST mg/l	182.6				305.6	348	42	191 ± 153
Cr mg/l	<0.10				<0.1	<0.10	<0.10	
Zn mg/l	<0.02				0.047	0.036	0.033	
Pb mg/l	0.002				0.004	0.002	0.002	0.002 ± 0.001
SEDIMENTO								
Cr mg/kg	16.7					27	27.6	23.7 ± 6.1
Zn mg/Kg	21.9					71	59	50.7 ± 25.6
Pb mg/Kg	1.14					26	20.5	15.7 ± 12.9

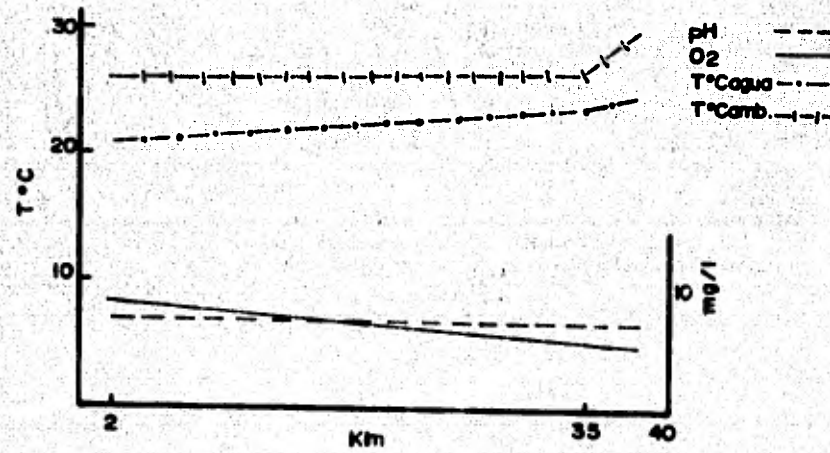
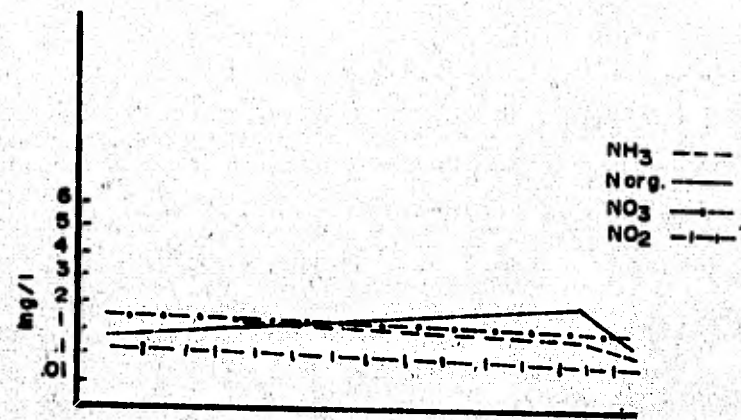
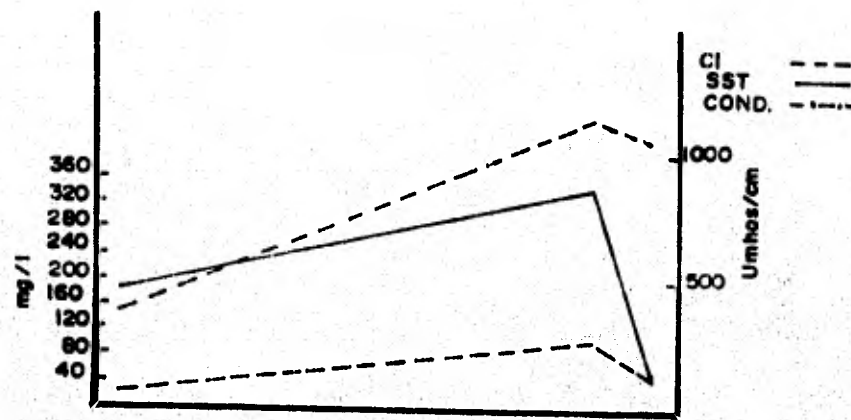


FIG. 20. VARIACION DEL PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS A LO LARGO DE 40 KM DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

probablemente a que existe una descarga tanto de aguas domésticas del mismo poblado y de Jojutla de Juárez, como la entrada de aguas de un manantial al río en el punto de muestreo.

Los sólidos suspendidos oscilaron entre 42 y 348 mg/l con un promedio de 190.8 ± 153.1 , cantidades elevadas de material suspendido o sedimentable pueden ser el resultado de descargas municipales industriales y agrícolas, observándose que la estación Tlatenchi presenta la máxima concentración de sólidos suspendidos totales causado por la descarga municipal del poblado y por los campos agrícolas aledaños a la zona. Este parámetro es importante en la determinación de sustancias tóxicas ya que como en el caso de los metales pesados, la interacción entre estos con las partículas, juegan un papel importante en la regulación de las concentraciones de metales pesados (bioutilizables).

Las determinaciones de nitrógeno en todas sus formas oscilaron entre: NH_3 0.10-1.64 mg/l, con un promedio de 0.76 ± 0.79 , N orgánica 0.44-2.15 mg/l, con un promedio de 1.1 ± 0.89 , NO_2 0.87-1.53 mg/l, con un promedio de 1.0 ± 0.37 y NO_3 0.078-0.32 mg/l, con un promedio de 0.16 ± 0.13 , denotando que existe un aporte orgánico reciente, en donde los desechos son asimilados rápidamente sin perturbar el proceso normal del ciclo del nitrógeno. En general, las mayores concentraciones de nitrógeno se presentaron en la estación Tlatenchi.

El oxígeno disuelto presentó características de buena calidad para el desarrollo de la vida acuática de acuerdo a los límites de la tabla 1, ya que las concentraciones oscilaron entre 5.0-8.3 mg/l con un promedio de 6.2 ± 1.7 .

Con relación a cloruros, se encuentran valores que van de 26 a 106 mg/l con un promedio de 59.1 ± 41.7 , observándose un valor máximo en todos los muestreos en la estación Tlatenchi.

Todos los parámetros analizados en general no rebasan los límites permisibles para protección de la vida acuática y para riego agrícola que están legislados por SEDUE (1986, 1989). De lo anterior, se puede deducir que la estación Tlatenchi es la que presenta los valores máximos encontrados en los parámetros determinados, debido posiblemente a la descarga del poblado del mismo nombre y a la de Jojutla de Juárez, además de encontrarse rodeada de campos agrícolas cercanos a la estación y que por procesos de erosión, aportan grandes cantidades de materiales orgánicos, fertilizantes y plaguicidas. Es importante considerar este hecho, ya que en los análisis de metales pesados las mayores concentraciones se detectaron en los sedimentos de esta estación, por lo que se recomienda realizar análisis de organismos bentónicos, con objeto de evaluar el riesgo real a la salud del ecosistema.

RIO CUAUTLA:

Los resultados fisicoquímicos que se obtuvieron en las estaciones Manantiales (Km 0), Barranca Ayala (Km 10), Abelardo Rodríguez (Km 12) y Mezquitera (Km 43) y que corresponden a la tabla 24 y la figura 21, fueron los siguientes:

La temperatura del agua presentó valores que oscilaron entre 18.4 y 26.9°C con un promedio de 24.1 ± 3.4 . El pH fluctuó entre 6.9 y 7.9 unidades con un promedio de 7.3 ± 0.4 ; estos valores denotan un ambiente favorable para el desarrollo de los organismos, ya que se presenta poca variación en el sistema.

La conductividad osciló entre 237 y 943 $\mu\text{mhos/cm}$, con un promedio de 647.7 ± 378.3 ; este parámetro permite evaluar aproximadamente la mineralización global del agua la cual resulta ser media de acuerdo con Rodier (1981).

Se puede observar en estos tres parámetros, que los valores mínimos se encuentran en la estación Manantiales, la cual alimenta al río Cuautla al resurgir en esta estación y los máximos valores se presentan en la estación Mezquitera, que tiene un cauce ancho (15 m) con poca profundidad ($x = 0.241$ m) y gran arrastre de sólidos, además de encontrarse casi al final del recorrido del río.

El contenido de oxígeno disuelto se presentó en un intervalo que va de 7.7 a 10.8 mg/l con un promedio de 9.7 ± 1.4 , valores que indican buenas condiciones para el desarrollo de la biota (Tabla 1).

Las determinaciones de nitrógeno en todas sus formas se presentaron en concentraciones que van de: NH_3 < 0.05-0.31 mg/l, con un promedio de 0.12 ± 0.12 ; N orgánica de 0.93 a 1.2 mg/l con un promedio de 1.0 ± 0.13 ; NO_2 de 1.14 a 1.73 mg/l, con un promedio de 1.36 ± 0.25 y NO_3 de 0.145 a 0.4 mg/l, con un promedio de 0.09 ± 0.05 .

Estos valores señalan que existe una aportación reciente de materia orgánica. Al detectar todos los tipos de nitrógeno, indica que el sistema está expuesto a descargas que son incorporadas de forma activa sin desequilibrar el ciclo normal del nutriente, deduciendo con este hecho que existe una gran biomasa que juega un papel fundamental en la depuración del medio, por medios biológicos.

Los cloruros oscilaron entre 12.7 a 24.7 mg/l con un promedio de 18.5 ± 4.9 ; este parámetro es variable en aguas naturales y se debe principalmente a la naturaleza de los terrenos que atraviesa; concentraciones altas pueden limitar el uso agrícola del agua (Rodier, op. cit.); en tierras elevadas y en las

TABLA 24. RESULTADOS PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y METALES PESADOS DETERMINADOS EN LAS ESTACIONES DEL RIO CUAUTLA, MORELOS (1989).

	Manantiales	Barranca	Abelardo	San Rafael	Mezquitera	PROMEDIOS
	Ayala		Rodriguez			
T °C Amb.	21.1	26.7	28.4	27.6	29.2	26.6 ± 3.2
T° C Agua	18.4	23.8	26.2	25.5	26.9	24.1 ± 3.4
pH	6.7	7.3	7.5	7.24	7.9	7.3 ± 0.4
Conduct. µmhos/cm	237	500	742	815	943	647 ± 260.6
Oxigeno disuelto mg/l	8.9	7.7	10.8	11.3	10.2	9.7 ± 1.4
Cloruros mg/l	12.7	19.3	17.6		24.7	18.5 ± 4.9
NH3 mg/l	0.31	<0.05	<0.05		0.09	0.12 ± 0.12
N-org mg/l	0.99	0.93	1.2		0.91	1.0 ± 0.13
NO3 mg/l	1.29	1.14	1.29		1.73	1.36 ± 0.25
NO2 mg/l	0.145	0.04	0.06		0.127	0.09 ± 0.05
SST mg/l	47.7	38.3	26.3		138.2	61.6 ± 51.5
Cr mg/l	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	
Zn mg/l	<0.02	<0.02	<0.02		0.03	
Pb mg/l	0.005	0.0022	0.0026		0.0079	0.004 ± 0.002
SEDIMENTO						
Cr mg/kg	21.3	30.5	44.3		64.5	40.1 ± 18.8
Zn mg/Kg	19.8	72.0	23.9		24.3	42.4 ± 27
Pb mg/Kg	<0.20	48.8	9.33		3.1	15.3 ± 22.6

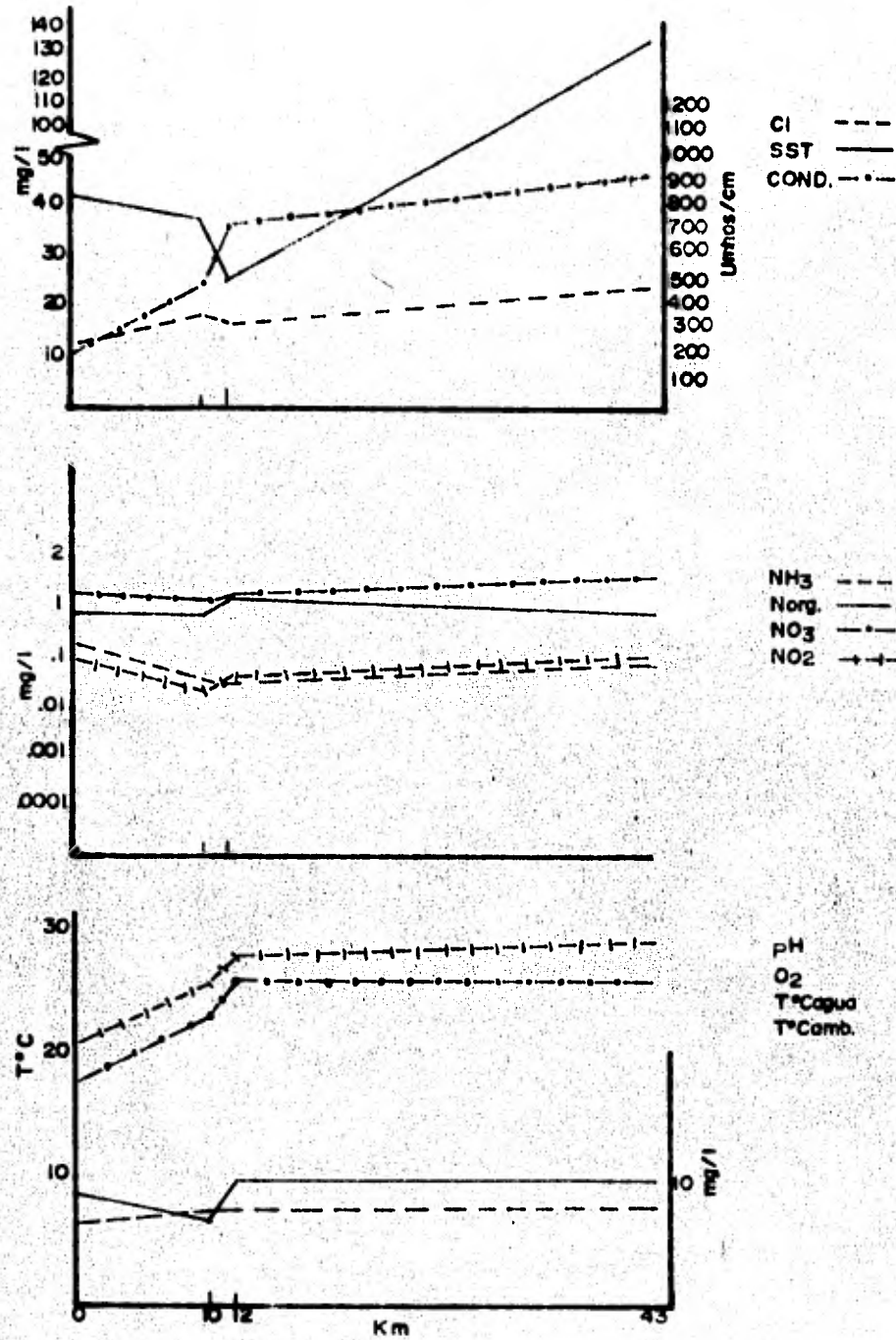


FIG.21. VARIACIONES DEL PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS A LO LARGO DE 43KM DEL RIO CAUTLA, MORELOS (1989).

montañas los abastecimientos de agua tienen poca concentración de cloruros, mientras que en los ríos y abastecimientos subterráneos generalmente tienen una concentración mayor (SRH, 1973); sin embargo, dado que el reglamento de SEDUE (1986), sugiere un límite máximo de 250 mg/l, las concentraciones determinadas no afectan el sistema.

Los sólidos suspendidos se encontraron en un intervalo de 26.3 a 138.2 mg/l con un promedio de 61.6 ± 51.5 , observándose el mayor arrastre de sólidos en la estación Mezquitera, la cual presenta un fuerte proceso de erosión por la aridez de la zona circundante a la estación y a las condiciones propias del cauce rocoso.

En general, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos presentan su mayor concentración en la estación Mezquitera, lo que indica que hay que desarrollar un plan de acción en este tramo hasta su confluencia con el río Amacuzac, aproximadamente a 10 Km al sur del punto de muestreo ya que el río en este punto recibe todos los contaminantes originados aguas arriba, siendo impactado en su confluencia, presentando mortandad de peces.

RIO YAUTEPEC:

Los resultados fisicoquímicos analizados en las estaciones Yautepec (Km 0), Bonifacio García (Km 16) y Puente Yautepec-Mezquitera (Km 38), fueron los siguientes:

A lo largo de los 38 kilómetros totales del recorrido no se observó diferencia significativa en las temperaturas promedio ambiental y del agua, estas oscilaron entre 25.5 y 27.4°C y 23.3 a 24.8°C, con un promedio de 26.3 ± 0.96 y 23.6 ± 0.83 respectivamente (Tabla 25, Fig. 22).

Se determinó un intervalo de oxígeno disuelto de 8.4 a 9.1 mg/l con un promedio de 8.75 ± 0.35 , lo que indica una calidad aceptable para el desarrollo de la biota acuática comparado con el límite permisible establecido (Tabla 1).

El pH se encuentra en un intervalo de 6.9 a 7.2 unidades con un promedio de 7.08 ± 0.17 ; es importante determinar este parámetro cuando se analizan plaguicidas organofosforados, debido a que a pH ácido son más estables, por lo tanto pueden permanecer más tiempo en el cuerpo de agua.

La conductividad osciló entre 856.2 y 1 193.7 $\mu\text{mhos/cm}$, con un promedio de 997.7 ± 175.2 . En la figura 22 se observa que en el kilómetro cero se tiene una conductividad alta, posteriormente disminuye y al final tiende a aumentar, este comportamiento también se observa en los sólidos suspendidos totales, los cuales se mantuvieron en un intervalo de 63.5 a 202.2 mg/l con un

TABLA 25. RESULTADOS PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DETERMINADOS EN LAS ESTACIONES DEL RIO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

	Yautepec	Bonifacio García	Puente Yautepec- Mezquitera	PROMEDIOS
T °C Amb.	25.5	26.2	27.4	26.3 ± 0.96
T° C Agua	23.4	23.0	25.0	23.8 ± 0.83
pH	7.2	7.1	6.9	7.0 ± 0.17
Conduct. µmhos/cm	1194	856	943	997.6 ± 175.3
Oxígeno disuelto mg/l	9.1	8.4	8.7	8.7 ± 0.35
Cloruros mg/l	38.5	58.0	22.5	39.6 ± 17.7
SST mg/l	202	63.5	81.0	115.6 ± 75.5

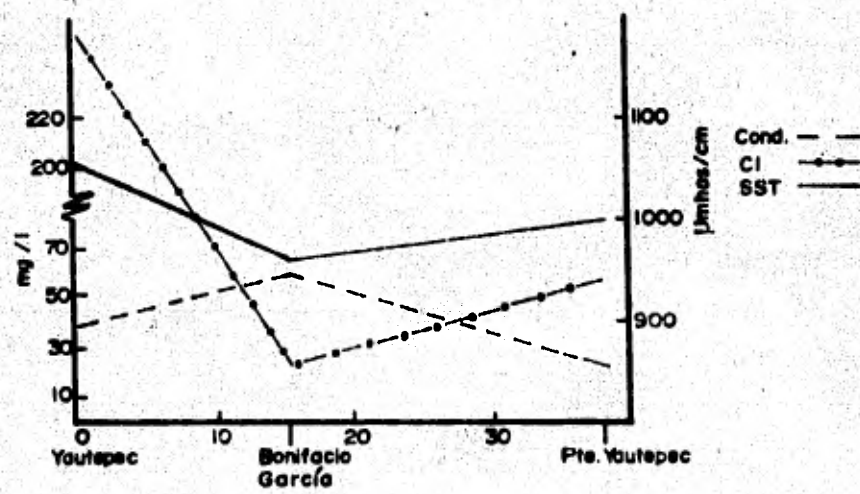
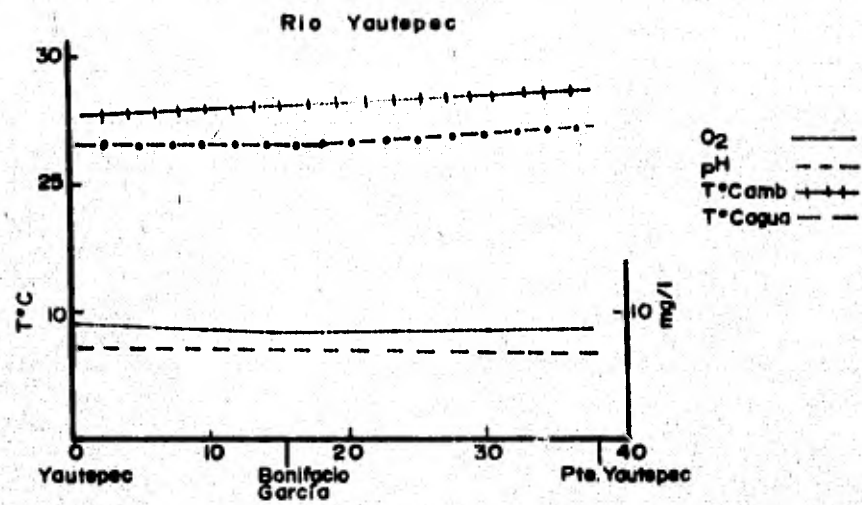


FIG. 22. VARIACION DEL PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS A LO LARGO DE 38KM DEL RIO YAUTEPEC, MORELOS (1989).

promedio de 115.6 ± 75.5 . Dicho comportamiento puede deberse a que en la primera estación existen asentamientos humanos en las margenes del río, mientras que antes de la estación Bonifacio García se encuentra construida una represa que puede funcionar como sedimentador y de esta forma retener los sólidos y disminuir la concentración en conductividad. Los cloruros se encontraron en un intervalo de 22.5 a 59 mg/l con un promedio de 39.6 ± 17.7 .

De acuerdo al análisis global de los resultados, se puede establecer que ningún parámetro sobrepasa los límites permisibles, aunque la conductividad y los sólidos suspendidos tienden a sobrepasar este límite, indicando aportes considerables de descargas de origen agrícola y algunas domésticas o municipales, lo que lleva a analizar con mayor detalle este segmento.

5.3.3 Balance de masa de metales pesados

El flujo de metales tóxicos a través del ambiente resulta de la movilización de origen natural e inducido por el hombre. La persistencia de éstos en el ambiente presenta problemas específicos ya que no pueden ser degradados biológica ni químicamente en la naturaleza. Durante el transporte por un río, los factores ambientales cambian de manera drástica, ya que ciertos metales cambian su manera de traslado. Esto quiere decir que ciertos metales pesados se movilizan a partir de partículas y se transforman en soluciones o se unen a complejos solubles en agua (Margalef, 1983), resultando en que una gran proporción de un metal se deponga, sedimente o se incorpore a la columna de agua por fenómenos de sorción, coprecipitación, desorción y sedimentación (Salomons y Förstner, 1984).

Se tiene que para el caso de los metales Cromo, Zinc y Plomo, determinados en los ríos Apatlaco y Cuautla, los resultados obtenidos a lo largo de los muestreos son los siguientes: en el río Apatlaco los intervalos en que se presentaron dichos metales en la columna de agua son: < 0.10 mg Cr/l, $< 0.01 - 0.06$ mg Zn/l y $< 0.0005 - 0.003$ mg Pb/l.

La mayor concentración de Zn se determinó en la estación Tlatenchi (abril), mientras que la mayor concentración de Pb se detectó en las siguientes estaciones pero en diferentes meses: Alta Palmira (abril y julio), Tlatenchi y Tenayucan (junio); sin embargo, estas concentraciones no rebasan el límite permisible para protección de la vida acuática y para riego agrícola.

Con lo que respecta a metales en los sedimentos, el intervalo de concentración para el Cr, Zn y Pb es de: 16.0 - 33.2, 13.8 - 114.0 y $< 0.2 - 44.1$ mg/Kg respectivamente (Tabla 23, Fig. 23).

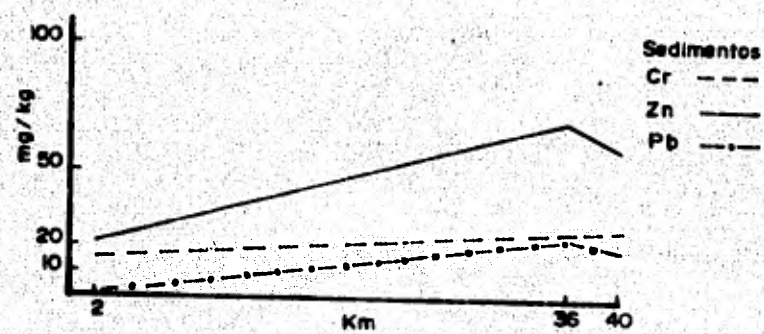
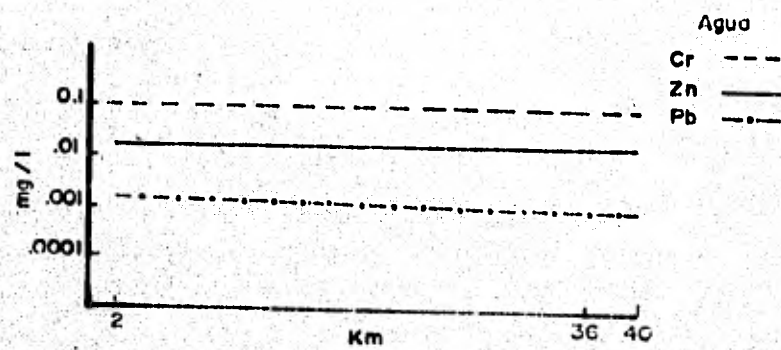


FIG. 23. VARIACIONES DEL PROMEDIO DE LOS METALES PESADOS EN AGUA Y SEDIMENTO A LO LARGO DE 40 KM DEL RIO APATLACO, MORELOS (1989).

La mayor concentración de Pb se presentó en la estación Tenayucan (julio) y la mínima en Alta Palmira (abril); para el caso del Zn la máxima concentración se obtiene en las estaciones Tlatenchi y Tenayucan (abril) y la mínima en Alta Palmira (abril); la máxima concentración de Pb se encuentra en la estación Tlatenchi (julio) y el valor mínimo se determinó en Alta Palmira (junio y julio) (Fig. 23).

Para el caso del río Cuautla, los intervalos en que se presentaron los metales Cr, Zn y Pb en la columna de agua son: < 0.1 , $< 0.01 - 0.07$ y $< 0.0005 - 0.01$ mg/l respectivamente, encontrándose el máximo valor de Zn en la estación Mezquitera (junio) y el mínimo en la estación Manantiales (abril y julio), Barranca Ayala y Abelardo Rodríguez (abril, junio y julio) y Mezquitera (julio). El Pb presentó la máxima concentración en la estación Mezquitera (junio) y la mínima en la estación Manantiales y Barranca Ayala (julio); sin embargo, estas concentraciones no rebasan el límite permisible tanto para riego agrícola como para protección de la vida acuática (Tabla 23, Fig. 24).

En cuanto a la concentración de metales pesados en los sedimentos, los intervalos para Cr, Zn y Pb son los siguientes: 16.58 - 148.5, 15.3 - 93.6 y $< 0.2 - 86.5$ mg/Kg respectivamente, encontrándose la máxima concentración de Cr en la estación Mezquitera (abril) y la mínima en la estación Manantiales (julio). Para el caso del Zn, el valor máximo se determinó en la estación Barranca Ayala (abril) y el valor mínimo en la estación Abelardo Rodríguez (julio). La máxima concentración de Pb se presentó en la estación Barranca Ayala (abril) y la mínima concentración en las estaciones Manantiales, Mezquitera (junio y julio) y Abelardo Rodríguez (julio) (Fig. 24).

El comportamiento que siguieron los metales pesados en el río Apatlaco con respecto al sedimento es que en todos los meses las concentraciones de Cromo, Plomo y Zinc aumentaron de Alta Palmira hasta Tlatenchi, lo cual puede deberse a la presencia de un pH relativamente neutro (7 - 8.2) y a un contenido de oxígeno disuelto alto (6 - 8 mg/l). Estos factores contribuyen a promover la formación de metales carbonatados (Salomons y Föstner, 1984), lo cual se afirma por el aumento en la conductividad eléctrica que se presenta de una estación a otra, además que la cantidad de materia orgánica y el porcentaje de arcillas es mayor en la estación Tlatenchi. Esta es una característica fundamental, ya que al aumentar la materia orgánica como el porcentaje de arcillas, absorben más los metales y los atrapan en los sedimentos.

En cuanto al comportamiento que se observó de Tlatenchi a Tenayucan, los resultados mostraron variaciones marcadas de éstos tóxicos.

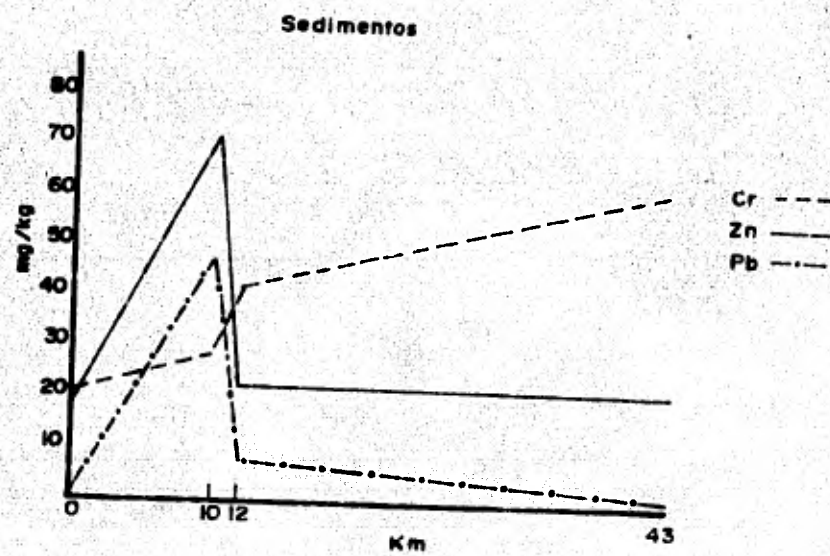
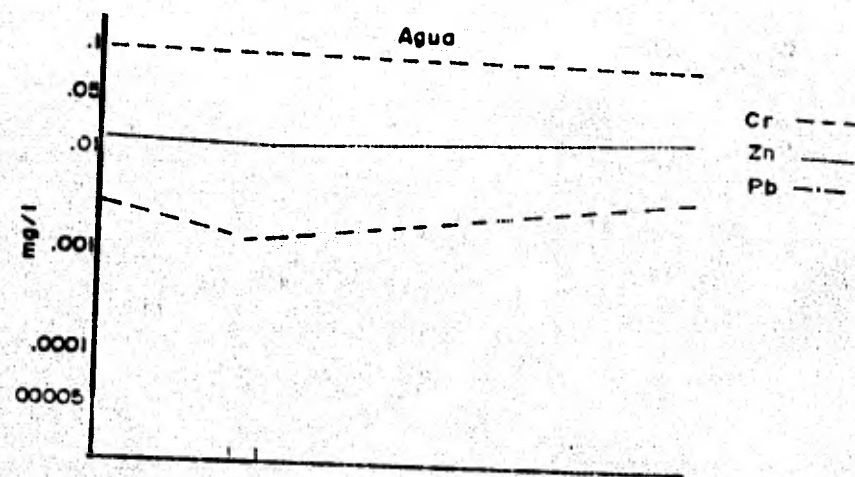


FIG. 24. VARIACION DEL PROMEDIO DE LOS METALES PESADOS EN AGUA Y SEDIMENTOS A LO LARGO DE 43 Km DEL RIO CUAUTLA, MORELOS. (1989).

Para el caso del Pb, este parece relacionarse con la cantidad de materia orgánica y el contenido de arcillas, ya que cuando estos aumentan, la concentración de Pb en sedimentos aumenta y en el caso contrario, el Plomo disminuye proporcionalmente. Sin embargo, para el caso de Cromo y Zinc, siguieron un comportamiento completamente opuesto al del Plomo, lo cual puede deberse a los procesos de óxido-reducción y condiciones anóxicas que se presentan en los sedimentos de la estación Tenayucan, por la formación de burbujas y malos olores que se presentan en esta y a los "blooms" algales detectados.

Con relación al comportamiento de los metales presentes en los sedimentos del río Cuautla, en la estación Barranca Ayala presenta la mayor concentración de metales pesados (Cromo, Zinc y Plomo), que puede atribuirse al tipo de textura de su cauce, conformado por una mayor cantidad de materia orgánica y contenido de arcillas que son capaces de incorporar a los metales en su estructura debido a sus propiedades naturales. Las demás estaciones presentan una textura de tipo arenoso y con poca cantidad de materia orgánica, lo que disminuye su capacidad de incorporación de metales, originando un arrastre de éstos por el cauce.

Para el caso de metales pesados en la columna de agua, aunque no rebasan el límite permisible para el riego agrícola y protección de la vida acuática, se realizó el cálculo aplicando el modelo MRI (Midwest Research Institute), para metales pesados provenientes de vuelcos no identificados a un curso receptor (CEPIS, 1988).

Con respecto a Cromo y Zinc en la mayoría de las determinaciones analíticas, existen valores menores al límite detectable por el aparato; debido a esto, se evaluó únicamente el Plomo en los ríos Apatlaco y Cuautla.

De los cálculos realizados, se determinó que el aporte total de Plomo al curso receptor del río Cuautla es de 15.16 Kg/día, con una concentración promedio a lo largo del muestreo de 0.0133 mg/l, presentándose fundamentalmente en forma disuelta en la columna de agua (0.0107 mg/l), más que en forma particulada (0.00267 mg/l), lo que indica que es más importante la concentración de Plomo en el agua que la que existe en sedimento por depositación de sólidos.

En el río Apatlaco, se determinó que el aporte total de Plomo al curso receptor es de 1.509 Kg/día, con una concentración promedio de 0.0056 mg/l de Pb, presentándose principalmente en forma disuelta en la columna de agua (0.00448 mg/l) más que en la forma particulada (0.00112 mg/l), lo que significa, al igual que en el río Cuautla, que la mayor concentración de Plomo se presenta en forma disuelta y dado que esta forma es la más bioutilizable por los organismos acuáticos (Salomons y Föstner,

1984), se puede inferir que la biomasa está bioacumulando este tóxico, para lo cual se sugiere realizar determinaciones analíticas en plancton, bentos y necton.

Se presenta el cálculo del balance de masas para conocer el aporte de Plomo en los ríos Apatlaco y Cuautla, ya que se considera de suma importancia el desglosar esta parte de la metodología como un resultado de la selección del modelo MRI de acuerdo a lo presentado en los antecedentes.

CALCULO DEL BALANCE DE MASA PARA Pb:

RIO CUAUTLA:

$$\begin{aligned} Y_{\text{sed}} \text{ (HM)} &= Q \left[C_A \text{ (HM)} - C_B \text{ (HM)} \right] 8.64 \times 10^{-5} \\ &= 4570 \text{ l/s} \left[53.5 \text{ } \mu\text{g/l} - 15.1 \text{ } \mu\text{g/l} \right] 8.64 \times 10^{-5} \\ &= 15.16 \text{ Kg/día.} \end{aligned}$$

RIO APATLACO:

$$\begin{aligned} Y_{\text{sed}} \text{ (HM)} &= 1730 \text{ l/s} \left[17.0 \text{ } \mu\text{g/l} - 6.9 \text{ } \mu\text{g/l} \right] 8.64 \times 10^{-5} \\ &= 1.509 \text{ Kg/día.} \end{aligned}$$

CALCULO PARA LA DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE LAS FRACCIONES DISUELTA Y PARTICULADA EN COLUMNA DE AGUA:

RIO CUAUTLA:

$$C_d = f_d CT$$

donde:

C_d = concentración disuelta

f_d = fracción disuelta

CT = concentración total del tóxico

$$C_d = 0.8 (0.01337 \text{ mg/l})$$

$$= 0.0107 \text{ mg/l}$$

$$C_p = f_p CT$$

donde:

C_p = concentración particulada

f_p = fracción particulada

CT = concentración total del tóxico

$$C_p = 0.2 (0.01337 \text{ mg/l})$$

$$= 0.00267 \text{ mg/l}$$

$$CT = C_d + C_p$$

donde:

CT = concentración total del tóxico

C_d = concentración disuelta

C_p = concentración particulada

$$CT = 0.0107 \text{ mg/l} + 0.00267 \text{ mg/l}$$

$$= 0.01337 \text{ mg/l}$$

RIO APATLACO:

$$C_d = 0.8 (0.0056 \text{ mg/l})$$

$$= 0.00448 \text{ mg/l}$$

$$C_p = 0.2 (0.0056 \text{ mg/l})$$

$$= 0.00112 \text{ mg/l}$$

$$CT = 0.00448 \text{ mg/l} + 0.00112 \text{ mg/l}$$

$$= 0.0056 \text{ mg/l}$$

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RIOS CUAUTLA Y APATLACO:

- La contaminación orgánica es la que predomina en el agua del río Cuautla, según los resultados obtenidos en 1986, originada principalmente por los habitantes de la ciudad de Cuautla y la Teniería Morelos.
- Las características fisicoquímicas presentes en el agua del río, conforman un medio restrictivo para los organismos presentes, desarrollándose solamente individuos tolerantes a la contaminación de tipo orgánico.
- La asociación autótrofos (diatomeas de los géneros Navicula y Nitzschia) - heterótrofos (protozoarios con los géneros Centropyxis y Prorodon) indicaron los cambios ambientales en el río.
- La calidad bacteriológica del agua, resulta ser peligrosa para la salud de los habitantes que la utilizan con diferentes propósitos, debido al alto índice de bacterias indicadoras determinadas.
- La autodepuración de la corriente no ha sido abatida, ya que los resultados del índice secuencial de comparación, aunados a los fisicoquímicos y planctónicos, así lo demuestran.
- La zona de la ciudad de Cuautla, a la altura de San Pedro Apatlaco, se encuentra deteriorada por las descargas de la teniería Morelos, que desecha plomo, cobre, zinc y cromo hexavalente, afectando la biota presente en el río Cuautla en un transecto de 0.1 a 1.5 kilómetros, cuando ésta planta no funciona correctamente.
- Se recomienda probar con un tratamiento adecuado para la remoción de bacterias, ya que es uno de los principales problemas que abaten la calidad del recurso en esta zona.
- Se propone una constante vigilancia del correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de la teniería Morelos, ya que se comprobó que abate la calidad del agua del río en un transecto aproximado de 1.5 kilómetros.
- El río Cuautla presenta una fuente puntual muy clara (Barranca Ayala) de origen municipal y con aporte de tóxicos (Pb, Zn).
- El río Apatlaco se encuentra expuesto continuamente a una descarga de origen principalmente municipal y parcialmente por la descarga de aguas tratadas de ECCACIV, arrastrando tóxicos en su cauce, principalmente entre las estaciones Xochitepec-Tlatenchi.

- El cálculo del balance de masa para plomo, indica que existe un aporte de 15.16 Kg/día en el río Cuautla y 1.509 Kg/día en el río Apatlaco.
- Los ríos Apatlaco y Cuautla presentan un aporte considerable de plomo en forma disuelta en la columna de agua, lo cual puede causar severos problemas a la biota existente en el sistema dada su susceptibilidad de ser bioacumulado.
- La evaluación preliminar de riesgo por contaminación de tóxicos (metales pesados) indica que es el plomo el principal factor de riesgo a la salud del ecosistema en los ríos Cuautla y Apatlaco, sin embargo, se deben analizar más detalladamente los puntos críticos determinados por biomonitores y parámetros fisicoquímicos, para llegar a una evaluación real a través de la aplicación del modelo matemático WASTOX.

CONCLUSIONES GENERALES:

- Se recomienda incluir el aspecto biológico dentro del monitoreo rutinario que se lleva a cabo en el estado.
- La evaluación preliminar de riesgo obtenida para el estado de Morelos durante 1988, permite diferenciar dos zonas afectadas por contaminantes industriales: Jiutepec-Emiliano 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 concentración 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 subterránea y los manantiales son las principales fuentes de agua potable de Morelos, sin embargo, en la zona de CIVAC (Jiutepec), el manantial San Gaspar se encuentra contaminado con plomo, cobre, cromo, zinc, fierro y manganeso. Los pozos (Las Palmas y Tejamanil), presentan índices de contaminación por infiltración de agua con residuos industriales en los mantos freáticos, de acuerdo a la investigación bibliográfica realizada.
- El área afectada por desechos domésticos en el caso de Jiutepec, cubre aproximadamente 42.236 Km², debido a que en esta área se disponen los desechos sólidos que afectan al manantial San Gaspar. Para Zacatepec, el área afectada es de 28.531 Km².

- El río Amacuzac presenta plomo, cobre, cromo y zinc desde Puente de Ixtla hasta Tlalquitenango en un transecto no determinado.
- El municipio de Emiliano Zapata se encuentra alterado por los desechos municipales de la barranca Puente Blanco, agua proveniente de ECCACIV y desechos domésticos de Cuernavaca, Jiutepec y Emiliano Zapata.
- El agua de retorno agrícola que lleva los residuos de plaguicidas en descargas dispersas e intermitentes sobre los ríos Apatlaco, Yautepec 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 Nación de marzo de 1988.
- Se sugiere utilizar en un estudio futuro una escala de tiempo intermedio que va de 1 a 2 años, ya que incluyen efectos crónicos en el ecosistema acuático, la hidrología es variable durante el año, se depositan sedimentos durante periodos de bajo flujo, resuspensión durante flujos mayores y fluctuaciones estacionales de descargas tales como la aplicación de plaguicidas, ya que existen zonas de temporal y de riego.
- Considerar las descargas puntuales (Jiutepec y Cuautla) y las dispersas de acuerdo al uso de la tierra (DDR-095, que incluye al DDR-016), durante periodos de sequía y lluvias, para considerar el vuelco-respuesta-descarga del ciclo hidrológico de la región, considerando el suelo, topografía, vegetación y red de drenaje.
- Realizar tablas de descargas típicas de plaguicidas como sugiere el manual de CEPIS a nivel de pequeñas parcelas, para evaluar la zona crítica de contaminación por estos elementos, comenzando con Paratión metílico y Malatión en algún o algunos de los 16 municipios afectados, sugiriéndose los de Yautepec, Cuautla y Villa de Ayala, para lograr una evaluación rápida de agroquímicos.
- Aplicar uno de los modelos matemáticos recomendados por el CEPIS para evaluar las descargas dispersas no urbanas.
- Las conclusiones para el trabajo realizado durante 1989 son que el utilizar indicadores biológicos de contaminación (plancton) sirvió para determinar segmentos en los ríos

estudiados en los cuales se debe de realizar un análisis más detallado, dado el uso potencial actual 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 Coelastrum, Ankistrodesmus, Cosmarium, Cymbella, Melosira, Navicula, Mitracchia, 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, representan un problema en los puntos críticos como Barranca Ayala y Mezquitera, aspectos que no se habían detectado con anterioridad.

Con base a las conclusiones antecedentes, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Realizar determinaciones de bioconcentración en organismos bentónicos que se encuentran en contacto directo con sedimentos y en plancton que está directamente relacionado con la columna de agua, para establecer el grado de perturbación por tóxicos.
- Efectuar determinaciones de bioacumulación en peces, como representantes del eslabón superior de la cadena trófica en estos sistemas, con objeto de evaluar el riesgo real ya que es un producto de consumo directo por los pobladores.
- Aplicar el modelo del destino de tóxicos propuesto por CEPIS (WASTOX), para determinar el destino de estos contaminantes sobre el ecosistema, sugiriendo la integración de la información generada en este trabajo.
- 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.
- Tipificar las comunidades presentes en los cuerpos de agua, con objeto de seleccionar organismos apropiados que sirvan como indicadores biológicos de contaminación.
- En México, los plaguicidas se encuentran regulados por una serie de ordenamientos jurídicos (Ley de Sanidad Fitopecuaria, Ley General de Salud, Ley del Equilibrio Ecológico, entre otras); no obstante, estos instrumentos están referidos al uso

de herbicidas en el medio terrestre, motivo por el cual el uso de estos en el ambiente acuático carece de una base legal que impida su uso indiscriminado.

- Las investigaciones futuras tendrán que encaminarse hacia los efectos tóxicos agudos y crónicos producidos por estas sustancias, además de su persistencia y destino final en el agua, sedimento, organismos acuáticos y cultivos irrigados con el agua tratada. Paralelamente, es conveniente tener un estricto control analítico de los productos a emplear, con lo cual se tendrá una rigurosa vigilancia de los fabricantes y un minucioso seguimiento de las investigaciones a realizar.
- Se requiere de una investigación posterior para determinar las especies planctónicas sujetas a este tipo de contaminantes con objeto de obtener nuestros propios listados de indicadores específicos de contaminación.

7 LITERATURA CITADA

- Alabaster, J. S., Lloyd, R. (1980). Water quality criteria for freshwater fish. Butterworth & Co. Publishers LTD. London, England. 297 p.
- Albert, L.; Martínez, M.; González, M. (1976). Plaguicidas organofosforados I. Residuos de insecticidas organofosforados en algunos alimentos mexicanos. Rev. Soc. Quím. Mex. 23 (4): 189-196 p.
- Almeida, W. F. (1986). Fundamento toxicológico de los plaguicidas. En Plaguicidas, salud y ambiente. Memorias de los talleres de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 1982. Jalapa, Veracruz, México, 1983. (pp 61-78). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. INIREB. México.
- American Public Health Association. (1980). Standard methods for the examination of water and waste water (16th ed.). Washington, D.C.: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1134 p.
- Angeli, N. (1979). Influencia de la polución del agua sobre los elementos del plancton. En Pesson, P. (Ed). La contaminación de las aguas continentales (Incidencias sobre las biocenosis acuáticas) (pp. 115-157). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Arrignon, J. (1979). Ecología y piscicultura de aguas dulces. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 365 p.
- Barnes, R. D. (1977). Zoología de los invertebrados. (3a. ed.). Ed. Interamericana. México. 326 p.
- Bartsch, A. F. (1967). Biological aspects of stream pollution. En U. S. Department of the Interior (Ed.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment. (pp. 13-20). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- Bartsch, A. F.; Ingram, W. M. (1967). Stream life and the pollution environment. En U. S. Department of the Interior (Ed.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment. (pp. 119-127). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- Bold, H. C., Wynne, H. J. (1978). Introduction to the algae structure and reproduction. New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall Inc. 706 p.

- Bott, T. L. (1973). Bacteria and the assessment of water quality. En Cairns y Dickson (Eds.). Biological methods for the assessment of water quality. (pp. 61-75). Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Boyle, T. P.; Smillie, G. M.; Anderson, J. C.; Beeson, D. R. (1990). A sensitive analysis of nine diversity and seven similiary indices. Jour. W. P. C. 62 (6): 749-762.
- Brower, J. E.; Zar, J. H. (1977). Species diversity. En Brower y Zar (Eds.). Field and laboratory methods for general ecology (pp. 136-142). Iowa, U.S.A.: 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. (1973). Rapid biological system for determining aquatic community structure in receiving systems. En Cairns y Dickson (Eds.). Biological methods for the assessment of water quality (pp. 149-163). Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente (CEPIS). (1988). Manual de evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. Programa de Salud Ambiental. Sección: 1-6. Lima, Perú.
- Comisión Nacional de Ecología. (1987). Catálogo oficial de plaguicidas I. Comisión Nacional de Ecología. Subcomisión de Control de Agroquímicos. SARH/SSa. SECOFI/SEDUE. México. 224 p.
- Cortina, O. A. F. (1973). Algunos aspectos de la contaminación de suelos y agua en el Valle de Cuernavaca, Mor. México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. UAEM. México. 88 p.
- Eddy, S.; Hodson, A. C. (1961). Taxonomic keys to the common animals of the North Central States. U.S.A.: Burgess Pub. Co. pp: 1-72.
- Edmonson, W. T. (Ed.). (1959). Freshwater biology. New York, U.S.A.: John Willey and Sons Pub. 1245 p.

- Ellis, M. N. (1967). Detection and measurement of stream pollution. En U. S. Department of the Interior (Ed.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment. (pp. 129-185). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- García, C. J. (1985). 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.
- García, C. J., Hernández, P. G. (1982). Catálogo de los géneros más comunes de plancton de agua dulce de la República Mexicana. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 185 p.
- García, C. J., Cubillas, C. B., Gutiérrez, L. E. (1988). Identificación de la problemática de la calidad del agua en el estado de Morelos. En Sánchez, S. R. y Espinoza, R. J. (Eds.) Usos del agua en Morelos (pp 171-183) Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Prospectiva. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. SARH. Cuernavaca, Morelos.
- 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, J. (1986). Diagnóstico de la eficiencia de tratamiento de la planta de ECCACIV y estrategia para mejorarla. En Memorias del V congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (pp. 95-97). Puebla, México.
- Gaufin, A. R. (1973). Use of the aquatic invertebrates in the assessment of the water quality. En Cairns y Dickson (Eds.). Biological methods for the assessment of water quality (pp. 96-116). Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Gutiérrez, L. E. D. (1983). Caracterización tóxica de algunos afluentes industriales mediante bioensayos estáticos con renovación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 64 p.
- Hawkes, H. A. (1979). Invertebrates as indicators of river water quality. En James, A. y Evison, L. (Eds.). Biological indicators of water quality (pp. 1-45) New York, U.S.A. John Willey 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. México. 48 p.
- International Register of Potentially Toxic Chemicals (IRPTC). (1989). IRPTC data profile on: malathion, parathion-methyl, zinc, chromium, lead. IRPTC/RISCPT. Geneva, Suisse. (información solicitada directamente por el sustentante).
- Jahn, L. T. (1949). How to know the protozoa. Iowa, U.S.A.: Wm C. Brown Co. Pub. 234 p.
- James, A. (1979). The value of biological indicators in relation to others parameters of water quality. En James, A. y Evison, L. (Eds.). Biological indicators of water quality (pp. 1-6) New York, U.S.A. John Willey and Sons Pub.
- Jenkins, D. W. (1981). Biological monitoring of toxic trace elements. Environmental Protection Agency. Project Summary. EPA-600/53-80-090. USA. 10 p.
- Kolkwitz, R., Marsson, M. (1967) (a). Ecology of animal saprobia. En U. S. Department of the Interior (Ed.). An U. S. Joint Publications Research Service (Traduc.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment (pp. 85-95). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- Kolkwitz, R., Marsson, M. (1967) (b). Ecology of plant saprobia. En U. S. Department of the Interior (Ed.). An U. S. Joint Publications Research Service (Traduc.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment (pp. 47-52). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- Kudo, R. R. (1966). Protozoología. Ed. CECSA. México. 905 p.
- Manilla, M. D. (1978). Algunos aspectos generales sobre las algas continentales y la contaminación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 150 p.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España. 1009 p.
- Mc Neely, V. P., Neimanis, U. P., Dwyer, L. (1979). Water quality source book. A guide to water quality parameters. Ottawa, Canadá: Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. 89 p.

- Needham, J. G.; Needham, P. R. (1978). Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Barcelona, España. Ed. Reverté. 131 p.
- Ortega, M. M. (1984). Catálogo de algas continentales recientes de México. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Biología. UNAM. México. 566 p.
- Palmer, C. M.; Ingram, W. M. (1967). Suggested classification of algae and protozoa in sanitary science. En U.S. Department of the Interior (Ed.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment (pp. 79-83). Ohio, USA: Federal Water Pollution Control Administration.
- Palmer, C. M. (1975). Keys to the water quality indicative organisms of the Southeastern U.S.. Washington, U.S.A. Environmental Protection Agency. 29 p.
- Patrick, R. (1973). Use of algae, specially diatoms, in the assessment of water quality. En Cairns, J. y Dickson, K. L. (Eds.). Biological methods for the assessment of water quality (pp. 76-95). Philadelphia, U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Patrick, R. (1976). Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. Botanical Monographs, 13 (pp. 76-95).
- Persone, G.; De Pauw, N. (1978). Systems of biological indicators for water quality assessment. En Ravera, O. (Ed.). Biological aspects of freshwater pollution (pp. 39-75). New York, U.S.A. Pergamon Press.
- Prescott, G. W. (1970). How to know the freshwater algae. Iowa, U.S.A.: Wm C. Brown Co. Pub. 294 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1985). Productos químicos peligrosos. PNUMA. Dossier Ambiental. (4): 8.
- Quigley, M. (1970). Invertebrates of stream and rivers. A key to identification. London, England: Edward Arnold Ed. 84 p.
- Ramírez, G. P. (1975). Estudios biológicos dirigidos a la evaluación de la contaminación del lago de Chapala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 80 p.
- Riva Palacio, L. A. (1989). Primer informe de Gobierno. 1989-1994. Gobierno del estado de Morelos. 35 p. (Anexo estadístico).

- Rodier, J. (1981). Análisis del las aguas. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. 1059 p.
- Round, F. E. (1981). The ecology of algae. London, Great Britain: Cambridge Univ. Press. 960 p.
- Salas, G. E. (1963). Contribución al estudio de las euglenas del Valle de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México. 60 p.
- Salomons, W., Föstner, U. (1984). Metals in the hydrocycle. Springer Verlag. Berlín Heilderberg Ed. New York, USA. 349 p.
- Sánchez, S. R., 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.
- Schwöberbel, J. (1975). Métodos de hidrobiología. Madrid, España. Ed. h. Blume. 262 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1970). Boletín hidrológico No. 47. Región hidrológica No. 18 (parcial). Cuenca del río Amacuzac. Tomo I, II. México. 607 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. (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. I, II. México. 250 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1973). Estudio de la calidad del agua en la cuenca del alto Amacuzac. 2a. etapa. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. I, II. México. 170 p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1974). Estudio de la calidad del agua en algunos rios de la República Mexicana. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. México. pp. 9-11.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1975)(a). Legislación relativa al agua y su contaminación. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. México. 144 p.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1975)(b). Manual del curso: Técnicas de muestreo y análisis de campo. (3a ed.). Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México. 75 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1978). Manual del curso: Análisis de aguas y aguas de desecho. Curso B. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. Subdirección de Área de Investigación y Entrenamiento. México. V. I, II, III. 469 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1980). Clasificación de la cuenca del río Amacuzac. Río Amatlaco, Yautepac y Cuautla. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. Subdirección de Normas y Vigilancia. México. 106 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1981)(a). Manual del curso: Análisis de plancton y perifiton. (Aplicados a problemas de contaminación del agua). (2a. ed.). Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. México. 351 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1981)(b). Manual del curso sobre impacto ambiental. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subsecretaría de Planeación. México. V. I, II. 360 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1982)(a). Memorias del curso: Microbiología y aplicaciones en los procesos biológicos de tratamientos de aguas. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México. 625 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1982) (b). Manual 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. 75 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1982)(c). Manual de técnicas de muestreo y análisis de plancton y perifiton. (3a. ed.). Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México. 223 p.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1982)(d). Técnicas de análisis físicoquímicos para aguas. (5a. ed.). Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México. 319 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (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. 500 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1985). Programa estatal del agua en Morelos. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Jefatura del Programa Hidráulico. México. 51 p.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (1986). Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Subsecretaría de Ecología. Serie: Normatividad Ecológica. No. 4. México. 40 p.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (1988). Control de la contaminación del agua en México. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. México. 191 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. (1981)(a). Síntesis geográfica de Morelos. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estudios Geográficos e Informática. México. 110 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. (1981)(b). Censo industrial nacional. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estudios Geográficos e Informática. México. pp: 104-109, 431-441, 1249-1254, 1445-1450, 1545.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. (1989). Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. Poder Ejecutivo Federal. México. 143 p.
- Serna, S. J. C. (1975). Bioensayos estáticos para determinar el grado de toxicidad (Tm) en los peces Cyprinus carpio, Tilapia melanopleura, Micropterus salmoides, provocada por los desechos líquidos del ingenio Emiliano Zapata, tenería Morelos y las de la barranca de Amanalco vertidos a la cuenca del alto Amacuzac. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. UAEM. 54 p.
- Sládeček, V. (1979). Continental systems for the assessment of river water quality. En James, A. y Evison, L. (Eds.). Biological indicators of water quality (pp. 1-32) New York, U.S.A. John Willey and Sons Pub.

- Tarzwel, C. M., Gauffin, A. R. (1967). Some important biological effects of pollution often disregarded in stream surveys. En U. S. Department of the Interior (Ed.). Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution. Waste water and water treatment. (pp. 21-31). Ohio, U.S.A.: Federal Water Pollution Control Administration.
- Tevlin, M. P., Burgis, M. J. (1976). Zooplankton ecology and pollution studies. En Ravera, O. (Ed.). Biological aspects of freshwater pollution (pp. 19-36). New York, U.S.A. Pergamon Press.
- Villegas, I., De Giner, G. (1972). Phytoplankton as a biological indicator of water quality. Water Research, 7, 477-487.
- Vizcaino, M. F. (1975). La contaminación en México. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 514 p.
- Weber, C. T. (1971). A guide to the common diatoms of water pollution surveillance systems stations. Washington, U.S.A.: U. S. Environmental Protection Agency. 110 p.
- Whitton, B. A. (1979). Plants as indicators of river water quality. En Division of Public Health Engineering (Ed.). Biological aspects of water quality (pp.1-34). New York, U.S.A.: John Willey and Sons Pub.
- Yacubson, S. (1969). Algas de ambientes acuáticos continentales nuevos para Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Facultad de Humanidades y Educación. No. 3. Maracaibo, Venezuela. 87 p.
- Yacubson, S. (1974). Catálogo e iconografía de las Chlorophyta de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Facultad de Humanidades y Educación. No. 11. Maracaibo, Venezuela. 142 p.