

122
Rej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"COMPARACION HIDROLOGICA DE LOS CANALES
DE DOS ZONAS CHINAMPERAS DE LA REGION
XOCHIMILCO-TLAHUAC A TRAVES DE SUS
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS."

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A:
MARIA TERESA PEDRAZA GARCIA



MEXICO, D. F.

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAJA

1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
"COMPARACION HIDROLOGICA DE LOS CANALES DE DOS ZONAS CHINAMPERAS DE LA
REGION XOCHIMILCO-TLAHUAC A TRAVES DE SUS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS"

realizado por : MARIA TERESA PEDRAZA GARCIA

con número de cuenta 8026693-8 , pasante de la carrera de *BIOLOGIA*

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario DRA. GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO

Propietario M.C. JOSE LUIS GARCIA CALDERON

Propietario DR. CARLOS FABIAN VARGAS MENDOZA

Suplente M.C. REBECA GONZALEZ VILLELA

Suplente BIOL. ABEL IBÁÑEZ HUERTA

FACULTAD DE CIENCIAS



COORDINACION GENERAL
DE BIOLOGIA

[Handwritten signatures and scribbles]

TITULO

**"COMPARACION HIDROLOGICA DE LOS CANALES DE DOS ZONAS CHINAMPERAS DE
LA REGION XOCHIMILCO-TLAHUAC A TRAVES DE SUS PARAMETROS FISICO-
QUIMICOS"**

DEDICO ESTA TESIS A:

MIS PADRES, CON CARINO Y RESPETO.

MIS HERMANDOS.

ARTURO, MI ESPOSO, QUIEN ME ANIMO EN TODO MOMENTO.

AGRADECIMIENTOS

Doy las más sinceras gracias a la Doctora Guadalupe de la Lanza Espino, por la ayuda y paciencia mostradas para la realización de esta tesis.

Al Ing. Pedro Neyra Medel, Jefe del Departamento de Calidad, Reuso del Agua e Impacto Ambiental, por las facilidades otorgadas durante el desarrollo de este trabajo.

Asimismo al Ing. Mauricio Chaoul, Jefe del Laboratorio de la Gerencia de Aguas del Valle de México, por su valiosa colaboración.

A todos mis compañeros, maestros y personas que de alguna manera contribuyeron con su apoyo para la culminación de la misma.

-RESUMEN-

El aprovechamiento de la zona chinampera Xochimilco-Tlahuac se ha llevado a cabo desde antes de la llegada de los Aztecas al Valle de México hasta nuestros días; esta zona se ha caracterizado por su actividad agrícola con una extensa variedad de productos.

A principios de esta centuria, se inició el bombeo de agua de manantiales y pozos para abastecer a la Cd. de México, trayendo como consecuencia la descompensación del régimen hidrológico de la zona. Ante esto, se decidió enviar aguas negras tratadas para conservar el nivel del agua en la zona chinampera. Con la introducción de aguas semitratadas, a este sistema agrícola, se afectó a la calidad ambiental, a la flora y fauna.

Este estudio proporciona información sobre la alteración que se ha generado en las características del agua en los canales de la zona Xochimilco, afectada por las aguas semitratadas de la planta de tratamiento Cerro de la Estrella, así como de los de Tlahuac que reciben las descargas de aguas residuales directas sin tratamiento, esto mediante los parámetros físico-químicos del agua, con un muestreo mensual, realizado de julio de 1991 a julio de 1992. Se midieron la temperatura, el potencial hidrógeno, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, conductividad, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, fosfatos, nitratos, amonio y coliformes fecales.

A los parámetros obtenidos en cada canal se les aplicó la prueba estadística de correlación para determinar su interdependencia. La

temperatura, pH y dureza, en general caracterizaron a las aguas como templadas, alcalinas y muy duras.

La DQO (máximo 368 mg/l) y DBO (máximo 100 mg/l), dieron como resultado una gran contaminación de tipo orgánico que se reflejó en las concentraciones de macronutrientes, fosfatos (máximo 60 mg/l), nitratos (máximo 4 mg/l) y amonio (máximo 4 mg/l), llevándolas a un estado de eutrofización.

Las descargas realizadas directamente a los canales de la zona Tlahuac, por parte de los pobladores, incrementó el nivel de los coliformes fecales, clasificándolas como aguas semicondicionadas para ciertos cultivos, así también la Laguna del Toro y Cruztitla, de la zona Xochimilco. El agua de los Canales Seco (Tlahuac) y del Rancho en Xochimilco, son aguas condicionadas; las aguas clasificadas como libres para el riego de cualquier tipo de cultivo, con excepción de las hortalizas, fue para el Canal Apampilco y Texhuilo.

I. INTRODUCCION

En la ciudad de México se ha incrementado el deterioro de la calidad del agua, debido a la creciente urbanización e industrialización, elevándose la descarga de desechos orgánicos e industriales en los sistemas acuáticos, que trae como consecuencia un decremento en el contenido de oxígeno disuelto, cambios en el pH, incremento de sólidos suspendidos, alta concentración de nutrientes (fosfatos, nitratos y amonio), así como la presencia de organismos que deterioran la calidad del agua (Mylinski y Ginsburg, 1977).

Dentro del Valle de México, las delegaciones Xochimilco y Tlahuac, pertenecientes al Distrito Federal, han mostrado alteraciones en las propiedades físico-químicas ya mencionadas en su sistema de canales, debido entre otros factores, a la explotación que se ha hecho de su manto acuifero para abastecer a la ciudad de México, desde principios de este siglo (Infovet, 1992).

El bombeo de agua de manantiales y pozos de Xochimilco y Tlahuac hacia la ciudad, trajo como consecuencia la descompensación del régimen hidrológico de la zona, observándose un abatimiento considerable en los niveles del lago (Balanzario, 1982).

Ante tal situación el Departamento del Distrito Federal decidió enviar aguas negras tratadas para restituir parte del agua limpia extraída, por lo que actualmente existen cinco plantas de tratamiento que se muestran en la Tabla 1. No toda el agua tratada se envía a los canales, una parte se reutiliza en riego de áreas verdes. (Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, 1993).

Con la introducción de aguas tratadas a los canales, el sistema agrícola de chinampas sufrió un fuerte impacto ecológico afectando la

2

TABLA No. 1		
PLANTAS DE TRATAMIENTO		
NOMBRE	GASTO DE OPERACION l/s	
	LLUVIA	ESTIAJE
COYOACAN	293	258
CERRO DE LA ESTRELLA	1,263	1,034
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO	54	46
RECLUSORIO SUR	19	15
H. COLEGIO MILITAR	18	13

FUENTE: DGCOH (1993)

fauna y flora natural y el equilibrio del sistema en general (López, 1988). Esto causó que algunos cultivos de vegetales ya no se puedan producir debido al ensalitramiento del suelo de las chinampas, como por ejemplo: pepino, zanahoria y lenteja; asimismo la fauna acuática mostró la extinción de algunos organismos como la carpa, almejas, ranas, truchas, acociles, (Balanzario, 1982).

Otro factor importante en la actual problemática de la zona Xochimilco-Tlahuac es el crecimiento demográfico; las dos delegaciones mostraron en el periodo 1970-1980 los mayores índices de crecimiento poblacional; el crecimiento fue de 116,496 hab. a 217,500 hab. en Xochimilco y de 62,419 hab. a 146,900 hab. en Tlahuac (Plan Hidráulico, 1988 a y b).

Para el año de 1990, la población estimada en Xochimilco y Tlahuac, fue de 271,151 y 206,700 habitantes, respectivamente (I.N.E.G.I., 1992 a y b).

Este acelerado crecimiento poblacional, ha originado que las tierras agrícolas disminuyeran a una cuarta parte y las tierras urbanizadas crecieran tres veces, según cifras de la Comisión Coordinadora de Desarrollo Agropecuario del Distrito Federal (Infovet, 1992).

En la periferia de los núcleos urbanos, se encuentra una serie de asentamientos irregulares de tipo semiurbano, sin ninguna infraestructura de saneamiento, que colindan e invaden áreas de la zona chinampera, la zona Tlahuac presenta este tipo de problemática. Ciénega Chica, Xochimilco, Santa Cruz, San Luis y Tulyehualco, presentan los mayores asentamientos. Estas áreas conforman el mayor foco de contaminación orgánica de la zona chinampera. Se estima que la población de estos asentamientos llega actualmente a 25,000 hab.,

y según reporte del laboratorio ABC, producen 0.86 Kg/persona/día de desechos líquidos y sólidos. (Plan Hidráulico, 1988 a y b). Contrariamente, en los canales de estudio en Xochimilco, no existen asentamientos humanos comparados con los observados en Tlahuac.

En adición a todo lo anterior, la falta de apoyo a la producción y comercialización de la zona chinampera, ha desalentado a los campesinos para seguir cultivando en lo que fue alguna vez el emporio agrícola de la cuenca de México. Sin embargo, dado su valor histórico, hoy se busca rescatar todo el sistema de chinampas. En el ámbito internacional la FAO/UNESCO, en 1987 decretó Patrimonio de la Humanidad a esta zona, en tanto que el gobierno de la República decretó en 1989 "El Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco" (González, et al., 1990).

Por lo tanto la presente investigación tiene como finalidad contribuir con el conocimiento de la influencia de los asentamientos humanos, las actividades turísticas, agrícolas y de aguas negras con tratamiento secundario, sobre la calidad del agua de los canales.

II. ANTECEDENTES

La zona Xochimilco-Tlahuac ha sido estudiada desde varios puntos de vista, uno de los más importantes es el hidrológico, por ser una de las zonas agrícolas que abastece de insumos a la Cd. de México.

En esta zona se han desarrollado varios trabajos enfocados a la calidad del agua con fines de irrigación, donde se concluye que el agua de los canales no es apta para irrigación, debido a que contiene gran cantidad de sales (Jiménez, 1952; López, 1975).

La FAO, llevó a cabo un Plan de Rescate Ecológico de la Zona Xochimilco-Tlahuac, el cual comprendía aspectos sanitarios de la calidad del agua; otro aspecto que cubrió este plan correspondió al estudio de suelos, que señaló son altamente salinos y que éste es el motivo por el cual varias especies de cultivos ya no crecen en las chinampas; también proponen la rehabilitación de los suelos (Feigin, 1986; James, 1986; Aguilera y Cervantes, 1987; López, 1988).

Altamirano (1988) y Báez y Belmont (1971 y 1975) llevaron a cabo estudios sobre el deterioro de la calidad del agua por el aporte de aguas negras tratadas, utilizadas para mantener el nivel de los canales, concluyendo que el aporte de aguas negras tratadas ha producido contaminación orgánica y bacteriológica, que lleva a los canales a un estado de eutrofización y condiciones polisapróbias.

Autores como Novelo y Gallegos (1988) reportaron la afectación de la flora y la fauna acuática, por el abastecimiento de agua sin calidad a los canales, indicando que gran parte de la flora y fauna que existió, antes de introducir aguas negras tratadas, ha desaparecido.

En el trabajo realizado por Luna (1989), se puso de manifiesto que la calidad fisicoquímica de los canales no era un impedimento para que

la especie de carpa (Cyprinus carpio rubrofruscus), se desarrollara y sobreviviera, debido a que es una especie resistente, sin embargo no alcanzó el crecimiento óptimo.

También se realizaron estudios socioeconómicos para conocer la repercusión que tiene la contaminación de los canales en la población, que hace que disminuyan las actividades agrícolas y de acuacultura, provocando que los lugareños se subempleen en otras actividades que no tienen que ver con el campo, perdiéndose cada vez más la tradición milenaria de Xochimilco-Tlahuac (Balanzario, 1982; Bastida y Maciel, 1986).

III. OBJETIVO

Determinar la influencia que generan las actividades antropogénicas en las características físico-químicas y bacteriológicas del agua de los canales de Tlahuac y compararlo con el que se produce en los canales de Xochimilco por la introducción de aguas negras con tratamiento secundario y agricultura.

IV. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

LOCALIZACION:

Las delegaciones Xochimilco y Tlahuac se encuentran entre las siguientes coordenadas: al sur por la longitud $98^{\circ} 58' 12''$ y latitud $19^{\circ} 12' 48''$, al norte $99^{\circ} 05' 54''$ y $19^{\circ} 19' 05''$, al oriente $98^{\circ} 57' 10''$ y $19^{\circ} 12' 58''$ y al poniente $99^{\circ} 07' 08''$ y $19^{\circ} 16' 27''$. A una altura de 2,274 msnm.

Xochimilco colinda al norte y oeste con la delegación Tlalpan, al sur con Milpa Alta y al este con Tlahuac; asimismo Tlahuac colinda al norte con la delegación Iztapalapa, al sur con Milpa Alta y al oeste con el Estado de México (Plan Hidráulico, 1988b).

La delegación Xochimilco cuenta con 14 pueblos y la cabecera delegacional; los pueblos son los siguientes: Santa María Tepepan, Santa Cruz Xochitepec, Santiago Tepelcatlapan, San Lucas, San Mateo Xalpa, San Francisco Tlalnepantla, Santa Cecilia Tepetlalpan, San Andrés Ahuayuca, San Lorenzo Atemoaya, Santa María Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Santiago Tulyehualco (I.N.E.G.I., 1992b).

Tlahuac consta de los siguientes poblados: San Pedro Tlahuac, Mixquic, San Juan Ixtayopan, Santa Catarina, San Nicolás Tetelco, Tlaltenco y Zapotitlán (García, 1954).

Los Canales Cruztitla, Laguna del Toro, del Rancho, Texhuilo y Apampilco que se estudiaron en Xochimilco, se localizan en la parte norte de la delegación, entre las coordenadas $19^{\circ} 15' 36''$ N y $19^{\circ} 16' 59''$ N, $99^{\circ} 05' 08''$ O y $99^{\circ} 06' 12''$ O (Tesorería del Distrito Federal, 1985c).

El Canal Revolución y Laguna de los Reyes se ubican en San Pedro Tlahuac entre 19° 15' 56" N y 19° 16' 46" N, 98° 59' 44" O y 99° 00' 25" O (Tesorería del Distrito Federal, 1985b).

Los canales Seco y Tetelco se ubican en el poblado de San Nicolás Tetelco, entre 19° 12' 38" N y 19° 13' 11" N y 98° 57' 44" O y 99° 58' 18" O (Tesorería del Distrito Federal, 1985a).

GEOLOGIA:

La Cuenca de México tiene un basamento de sedimentos marinos del Cretácico, que datan de unos 50 millones de años; el paisaje actual se formó durante el Terciario y Cuaternario. Durante el Terciario Superior, comenzó a formarse el fracturamiento Humboldt (Eje Neovolcánico), con lo cual nacieron los volcanes del Ajusco, Iztacihuatl y el Popocatepetl (Mooser, 1963).

En el Cuaternario se produjo la efusión de lavas del Chichinahutzin, de manera que se represó el antiguo espacio por el que corrían los ríos que iban al sur, formándose la cuenca cerrada de México. Durante este periodo las condiciones de lluvias abundantes, combinadas con frecuentes erupciones de cenizas volcánicas, que dañaban o destruían la vegetación, hicieron posible que la cuenca de México se rellenara rápidamente por acarreo (Mooser, 1963).

Las rocas del sureste de la cuenca son: basaltos, tobas ácidas y brecha volcánico-basáltico. Estos materiales se encuentran sobre la Sierra de Santa Catarina y en el Cerro de la Estrella; aunque en este último también se encuentran tobas ácidas del Terciario Superior. Al este de Chalco, sobre las laderas del Popocatepetl, las rocas son andesitas del Terciario Superior y al sur de Chalco-Xochimilco, sobre

el Ajusco, se tienen materiales igneos extrusivos como tobas volcánicas, brecha volcánica basáltica y basalto, todas correspondientes al Cuaternario. Al sur de San Pedro Tlahuac, sobre el cerro Teuhtli, las rocas son andesitas del Terciario Superior (DETENAL, 1978).

SUELO:

En las sierras aledañas de la Cuenca de México, se tienen suelos de origen volcánico. En tanto que en las partes bajas son suelos aluviales lacustres, dado el arrastre de materiales durante los periodos glaciales del Pleistoceno. Los suelos de las partes altas han tenido un desarrollo morfogenético apartir del material parental igneo (Aguilera, 1969).

En las partes bajas, Aguilera y Cervantes (1987) determinaron las propiedades fisicoquimicas del suelo que son: color oscuro o muy oscuro; densidad aparente y real baja; textura franca, migajón limo-arenosa y migajón-arcillosa; altos contenidos de materia orgánica; alta capacidad de intercambio catiónico total; pH hasta de 9.3; exceso de sales de sodio; muy ricos en calcio, magnesio, nitrógeno y fósforo.

Los suelos de la zona chinampera son de origen antrópico, por lo cual se les ha clasificado como antroposoles (Aguilera, et al. 1985-1993 en Ibañez, 1993).

CLIMA:

El clima para la zona es Cb(W1)(W)(i'): el más seco de los templados subhúmedos, con lluvias en verano.

De acuerdo a las nuevas modificaciones de García, la designación Cb indica una temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío de -3, temperatura del mes más caliente menor a 22 °C. Aproximadamente 5/6 partes de la lluvia anual, cae durante mayo a octubre (con mayor precipitación en junio, julio, agosto y septiembre). Se presenta un déficit hídrico de noviembre a abril, siendo más severo en enero, febrero y marzo. La precipitación media anual es de 869 mm (García, 1988).

HIDROLOGIA:

En la Cuenca de México se originó un gran lago; sin embargo, debido a posteriores alteraciones climatológicas, disminuyó el nivel del lago dando origen a cinco subcuencas: Zumpango, Xaltocán y San Cristobal al norte; México- Texcoco hacia el centro y Chalco y Xochimilco al sur. En la actualidad, solo quedaron pequeños lagos aislados ya prácticamente desecados. Durante mucho tiempo, los lagos de Chalco y Xochimilco contaron con un gran número de manantiales que les surtían de agua dulce permanente. Sin embargo, dado que la ciudad de México y los poblados ribereños, constantemente sufrían inundaciones en la época de lluvia durante la colonia, se realizaron obras hidráulicas para desecar principalmente el lago Chalco y Texcoco (López, 1988).

Con esto se resolvió el desbordamiento del lago de Chalco; sin embargo la política de desecar los lagos ha persistido; primero con la construcción del canal del desagüe y, últimamente con las obras del drenaje profundo de la ciudad de México (Cannon, 1957).

Las obras para captar el agua de los manantiales de la zona de Chalco-Xochimilco, se iniciaron desde 1905 y concluyeron en 1914 con

una captación inicial de 2100 litros por segundo. Por otro lado, durante el siglo XIX se desviaron hacia el canal del desagüe los ríos San Juan de Dios, Churubusco y Piedad (Moncada 1976).

Como consecuencia de todo lo anterior y factores como la deforestación de los bosques aledaños, entre los años cuarenta y cincuenta, los canales y lagos prácticamente se secaron; con lo que las chinampas de Tulyehualco, Alcapixca y Nativitas desaparecieron y las de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Tlahuac, se redujeron drásticamente. Como los chinamperos protestaron ante el Departamento del Distrito Federal (DDF), en 1957 comenzó la alimentación artificial a los canales con los ríos Churubusco y San Buenaventura, por el cauce abierto del Canal Nacional. En 1959 se empezó a bombear aguas negras tratadas a la zona chinampera, de la planta Aculco y Coyoacán; para 1971 la nueva planta del Cerro de la Estrella empezó a aportar agua residual a los canales de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Tlahuac a través de una red subterránea (Plan Hidráulico, 1988b).

Sin embargo, esto no ha compensado la pérdida de agua para la zona de chinampas, pues para 1990 sólo se incorporaba a la zona 700 l/s, en cambio solo para la zona Xochimilco-Mixquic-Xochetingo se extraían 7700 litros por segundo (Rojas, 1984).

Con respecto a la calidad, el hecho de que las aguas sólo reciban un tratamiento secundario, se suma a que en la actualidad los asentamientos irregulares provocados a raíz del crecimiento desmedido de la población, modificaron la función de los canales, con el fin de proporcionar un servicio a mayor número de habitantes para desalojar las aguas residuales y pluviales que anteriormente descargaban a

cielo abierto y sin rumbo definido. Provocando con esto inundaciones y focos de contaminación e insalubridad (Plan Hidráulico, 1988b).

Los canales principales para el desalojo de las aguas negras y pluviales son: Chalco, Amecameca, Revolución, Rafael del Castillo, La Lupita, Luis Echeverría Álvarez, Guillermo Prieto, Acalote, Atlixco y las Puertas, todos ubicados en Tlahuac (Plan Hidráulico, 1988a).

En Xochimilco desde 1986 funciona un colector de aguas negras que beneficia a 12 mil habitantes. Las aguas negras de Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, que anteriormente descargaban en el lago y ocasionaban la contaminación del mismo, actualmente se captan y conducen a la planta de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco (Bastida y Maciel, 1986).

Actualmente el sistema de canales Xochimilco-Tlahuac tiene un desarrollo de aprox. 243 Km, dividido en dos zonas conocidas como turística y chinampera; la turística comprende canales que alcanzan hasta 80 m de ancho y profundidades mayores a los 2 m, por ejemplo: Canal Santa Cruz y Laguna de los Reyes. La zona chinampera comprende canales que tienen un ancho de 2 m hasta 69 m y profundidades variables de 0.4 a 3 m aproximadamente, por ejemplo Canal Apatlaco, del Bordo, Apampilco y Tetelco (Plan Hidráulico, 1988b).

VEGETACION:

En la zona chinampera, existe una gran diversidad en la flora, tanto de hábitat terrestre como acuático; se cultivan muchas especies y proliferan las malas hierbas. Los árboles que dominan el paisaje alrededor de las chinampa son los ahuejotes (Salix bonplandiana y Salix humboldtiana (Lot y Quiroz, 1979).

Novelo y Gallegos, (1988) citado por Ibañez (1993), proponen como principal vegetación flotante al lirio acuático (Eichornia crassipes), lentejilla (Lemna sp) y chichicaste (Wolffia columbiana). Se encuentran también aunque en menor abundancia, tules (Typha dominicensis) y espadañas (Thypha latifolia).

Los terrenos agrícolas que rodean a los canales, son las chinampas en donde se han venido cultivando verduras, legumbres, cereales y flores. Los cultivos más comunes son: maíz (Zea mays), frijol (Phaseolus vulgaris), calabaza (Cucurbita pepo), manzanilla (Matricaria chamomilla), betabel (Beta vulgaris), zanahoria (Daucus carota) y el alhelí (Mathiola incana) entre otras (Balanzario, 1982).

FAUNA:

Algunos pobladores dedicados al cultivo de las chinampas, indicaron que la fauna acuática existente antes de la introducción de las aguas tratadas era la siguiente: ajolotes, almejas, ranas, carpas rojas, blancas y negras, truchas, acociles y tortugas.

En la actualidad es muy difícil obtener alguna de estas especies, ya que en su mayoría, se han extinguido, excepto en algunas zonas y canales alejados de la zona de población (Balanzario, 1982).

En las chinampas y ciénegas del lago, abundaban toda clase de palmípedos, entre los que destacaban la agachona común (Gallinago sp), gallaretas (Fulica sp), garzas blancas (Casmerodius albus), pato real (Cairina moschata) y tortolas (Columbina sp), que en su mayoría han desaparecido. Entre las aves canoras destacaban, zenzontles (Mimus sp) y jilgueros (Carduelis sp).

Dentro de las actividades ganaderas que se practican en la zona, esta la crianza del ganado vacuno, caballar, lanar, caprino, porcino y asnar, aún dentro de la zona chinampera (Coe, 1964).

V. MATERIAL Y METODO

El presente trabajo fue realizado en la Comisión Nacional del Agua, en el Departamento de Calidad, Reuso del Agua e Impacto Ambiental. Las localidades estudiadas pertenecen al programa de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, que viene operando la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos desde 1974.

En el programa se seleccionó la ubicación de los lugares de muestreo, con base en el uso potencial que se le dá al agua: recreación e irrigación de zonas agrícolas.

Para tener representadas las variaciones del sistema de canales en un año, se realizaron muestreos cada mes, a partir de julio de 1991 a julio de 1992. Las nueve localidades elegidas para el muestreo hidrológico se dividieron en dos zonas, considerando los siguientes criterios:

Zona Tlahuac.- Canales de acceso por vía terrestre y cercanos a núcleos de población densa. Delegación Tlahuac, con las localidades: Canal Revolución, Laguna de los Reyes, Canal Seco y Canal Tetelco (Fig.1).

Zona Xochimilco.- Canales de acceso por lancha; población escasa (sistemas de canales interiores). Delegación Xochimilco, con las localidades: Canal Cruztitla, Laguna del Toro, Canal del Rancho, Canal Texhuilo y Canal Apampilco (Fig. 1).

TRABAJO DE CAMPO:

El muestreo hidrológico consistió en obtener mensualmente agua en cada estación; todas las muestras fueron superficiales a una profundidad de 20 cm.

- 1.- CANAL REVOLUCION
- 2.- LAGUNA DE LOS REYES
- 3.- CANAL SECO
- 4.- CANAL TETELCO

- 5.- CANAL CRUZTITLA
- 6.- LAGUNA DEL TORO
- 7.- CANAL DEL RANCHO
- 8.- CANAL TEXHUILO
- 9.- CANAL APAMPILCO

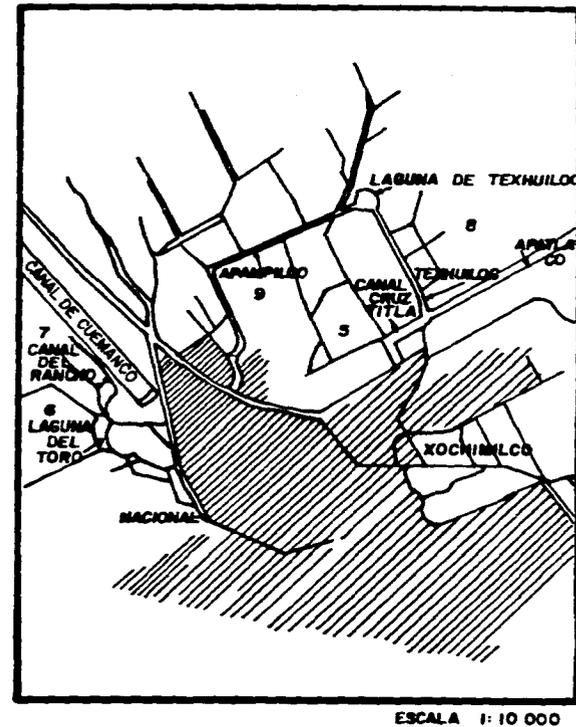
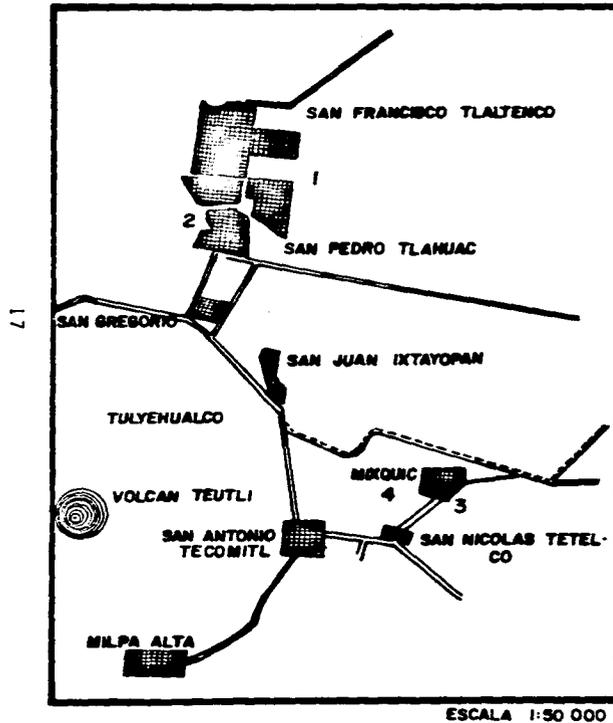


FIG. I UBICACION DE LOS CANALES DE ESTUDIO EN LA ZONA XOCHIMILCO-TLAHUAC

Los canales se ubicaron tomando en cuenta puntos de referencia como por ejemplo: casas, descargas y calles.

El método de muestreo se basó en el Manual de Técnicas de Muestreo para Agua y Aguas Residuales (SEDUE, 1987). Durante el muestreo hidrológico de cada estación, se evaluaron "In Situ" los siguientes parámetros: temperatura del agua y pH. Para tal efecto, se utilizó un potenciómetro de campo marca Conductronic, con electrodo combinado y termómetro de metal.

El análisis físico-químico y bacteriológico se llevó a cabo en el laboratorio de la Gerencia de Aguas del Valle de México, perteneciente a la Comisión Nacional del Agua.

La base de las determinaciones analíticas está tomada del "Standard Methods For The Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes" (APHA, 1975).

Los parámetros analizados y la técnica utilizados fueron:

- Demanda Química de Oxígeno (DQO).- Método de dicromato de potasio.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).- Agua aereada e incubada a 20°C por 5 días.
- Conductividad.- Se midió directamente con un conductímetro
- Sólidos Disueltos.- Método gravimétrico.
- Dureza.- Titulación con murexida.
- Alcalinidad.- Titulación con anaranjado de metilo y fenoftaleína.
- Fosfatos (ortofosfatos).- Determinación colorimétrica con molibdato de amonio.
- Nitratos.- Método colorimétrico con resorcinol.

- Amonio.- Método colorimétrico por Nesslerización.

- Coliformes Fecales.- Método de tubos múltiples de fermentación.

La información de los métodos utilizados para el análisis de los parámetros, así como el resultado de los mismos, fueron proporcionados mensualmente por el Laboratorio de análisis físicoquímicos y bacteriológicos de Aguas del Valle de México.

TRABAJO DE GABINETE:

La información de los datos obtenidos en el presente trabajo, se concentró en tablas individuales (que se presentan en un anexo), considerando el valor mínimo y máximo para cada parámetro. Las tablas sirvieron para construir figuras y comparar las dos zonas de estudio. Se aplicó a los datos la prueba estadística de correlación, la cual indica si dos variables son independientes o no; de esta forma se puede inferir si dos variables son efecto de una causa común (Sokal y James, 1969).

Para esta prueba se manejó la hipótesis nula igual a cero y una alfa igual a 0.5; en la discusión de los resultados sólo se mencionaron las correlaciones con coeficiente de correlación de 0.8 y 0.9. El procesamiento de los datos se realizó en una micro computadora 486/50, empleando el paquete Statgrafics ver. 3.1. En la realización de las gráficas se utilizó el programa Harvard Graphics ver. 3.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

De la tabla 2 a la 10 (Anexo) se muestran las concentraciones mínimas y máximas de las variables fisico-químicas y bacteriológicas por cada canal del sistema acuático Xochimilco-Tlahuac.

A continuación se discuten los resultados obtenidos para cada variable a través del apoyo de las figuras 2 a 13.

TEMPERATURA DEL AGUA

En todas las localidades estudiadas se observó que la temperatura determinó una época fría y una caliente ; registrándose el mínimo en febrero (12.9 °C) en el Canal Tetelco (Tabla 5) y el máximo en julio (25.6 °C) en la Laguna de los Reyes (Tabla 3, Fig.2). Cabe hacer notar que en los canales de Tlahuac, la temperatura tuvo un comportamiento menos estacional durante todo el año, debido a que las descargas de tipo doméstico presentan temperaturas elevadas, por el uso en baños y cocinas (Canal Revolución y Laguna de los Reyes).

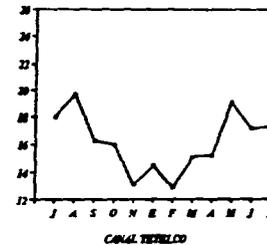
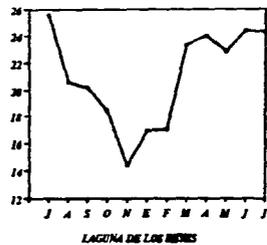
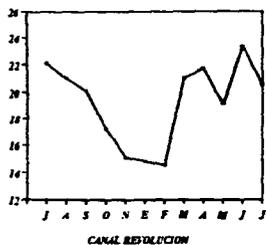
La estacionalidad fue más evidente en la zona Xochimilco y marcó una época caliente de mayo a agosto (24.7 °C temperatura del agua) y una fría de noviembre a febrero (13 °C temperatura del agua).

El intervalo de temperatura en los canales de estudio, fue de 25 °C a 12 °C, similar al reportado por López (1975).

POTENCIAL HIDROGENO

El pH se mantuvo sin grandes variaciones en el 99% de los canales; las variaciones fueron de 1 a 1.5 unidades, observándose los pH más ácidos en la zona Tlahuac, (Fig. 3).

ZONA TLAHUAC



ZONA XOCHIMILCO

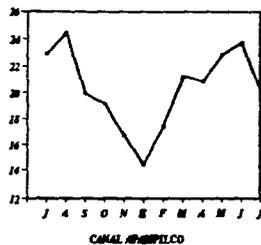
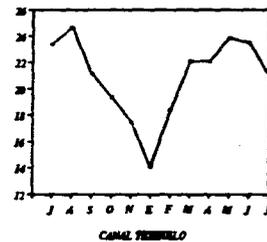
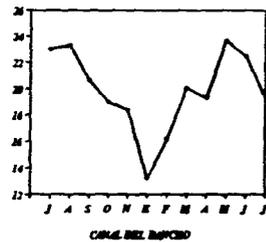
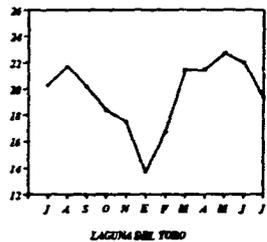
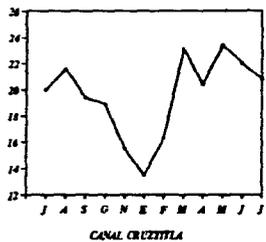
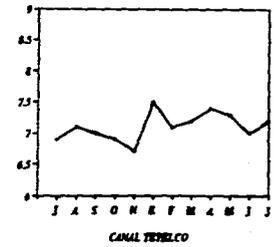
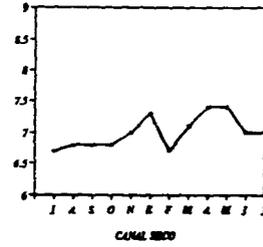
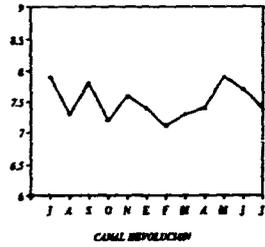


FIG.2 REGISTRO MENSUAL DE TEMPERATURA (°C) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

ZONA TLAHUAC



ZONA XOCHIMILCO

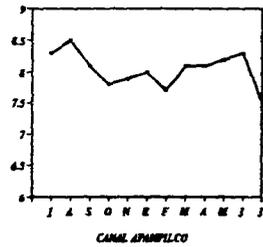
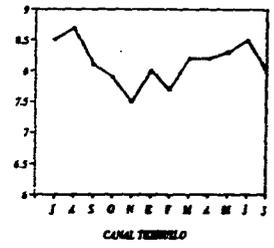
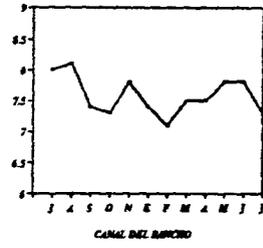
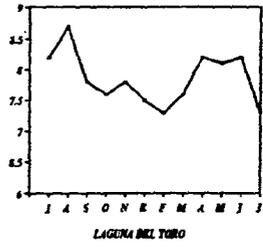
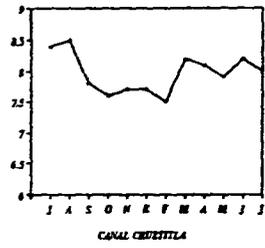


FIG.3 REGISTRO MENSUAL DE pH (UNIDADES) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

El mínimo de 6.7 fue para el Canal Seco (julio 1991 y febrero) y Tetelco (noviembre) (Tabla 4 y 5), el máximo correspondió a la Laguna del Toro y Canal Texhuilo con 8.7 en agosto, (Tablas 7 y 9 respectivamente).

En todos los canales el pH se mantuvo en un intervalo de 6.7 a 8.7 unidades, sin variación estacional y con tendencia hacia la alcalinidad, debido principalmente a las condiciones edáficas de las zonas geológicas por donde circulan las aguas, tal como lo señala Cole (1975).

Jiménez (1952), estimó un intervalo de 6.6 a 8.7 y condiciones ligeramente alcalinas, lo que indica que el estado de esta variable en los canales, no ha variado después de transcurridos 20 años; esto se corrobora con otros trabajos realizados; Báez y Belmont (1975) de 7.0 a 8.8, Feigin (1986) de 7.7 a 8.7, Altamirano (1988) de 6.0 a 8.7, Cardenas, et al. (1989) de 7.7 a 8.8 y Luna (1989) de 7.1 a 8.6. La ligera diferencia observada en las dos zonas, se debe básicamente a que los pH están relacionados con el dióxido de carbono, carbonatos e hidróxidos existentes en el agua, y a las actividades fotosintéticas de las poblaciones fitoplanctónicas (Wyban, et al. 1987); y a la respiración de los organismos o la descomposición de la materia orgánica (Gwyneth y Rodgers, 1983).

DEMANDA QUIMICA Y BIOLOGICA DE OXIGENO (DQO) (DBO)

Los Canales de la zona Xochimilco, que corresponden al 55% del área de estudio, señalaron niveles de DQO de 0.0 mg/l en marzo, abril y mayo; en la zona Tlahuac, que le corresponde el 45%, es donde se registró el máximo de 368 mg/l durante mayo, perteneciente al Canal

Revolución (Tabla 2). Tanto la DQO como la DBO no mostraron una estacionalidad y, en general, los canales pertenecientes a las dos zonas, tuvieron variaciones heterogéneas durante todo el periodo de muestreo (Tablas 2 a 10, Fig. 4 y 5).

Los niveles de la DQO fueron siempre mayores que los de la DBO. Comparando los niveles de DQO en las dos zonas, se apreció que la de Tlahuac excede a la Xochimilco en un 187%, en sus valores máximos.

Las fluctuaciones observadas en la DQO y DBO (Fig. 4 y 5) en Tlahuac, se deben a que en estos canales se reciben aguas de tipo doméstico, sin tratamiento, con aportes continuos. Para la zona Xochimilco se tuvo una uniformidad en el comportamiento, debido a que las aguas que reciben son de la misma calidad, provenientes de la planta de tratamiento.

Comparando los valores para la DQO y DBO en las dos zonas, se observó que los canales de Tlahuac, en particular el Revolución y Laguna de los Reyes, son lugares en donde las actividades antropogénicas son el factor principal, por lo que la cantidad de materia orgánica biodegradable se incrementó. Estos incrementos son generados, además de los desechos humanos, al creciente uso doméstico de compuestos como los detergentes aniónicos, insecticidas, celulosa, plásticos y también desinfectantes (Murgel, 1984).

El Canal Revolución, con máximo de 368 mg/l de DQO, es considerado en el Plan Hidráulico (1988b), como un canal receptor de aguas negras de origen municipal, del poblado de San Pedro Tlahuac; la Laguna de los Reyes tiene una función turística, y en sus orillas se ubican restaurantes y comercios ambulantes, que realizan descargas directas.

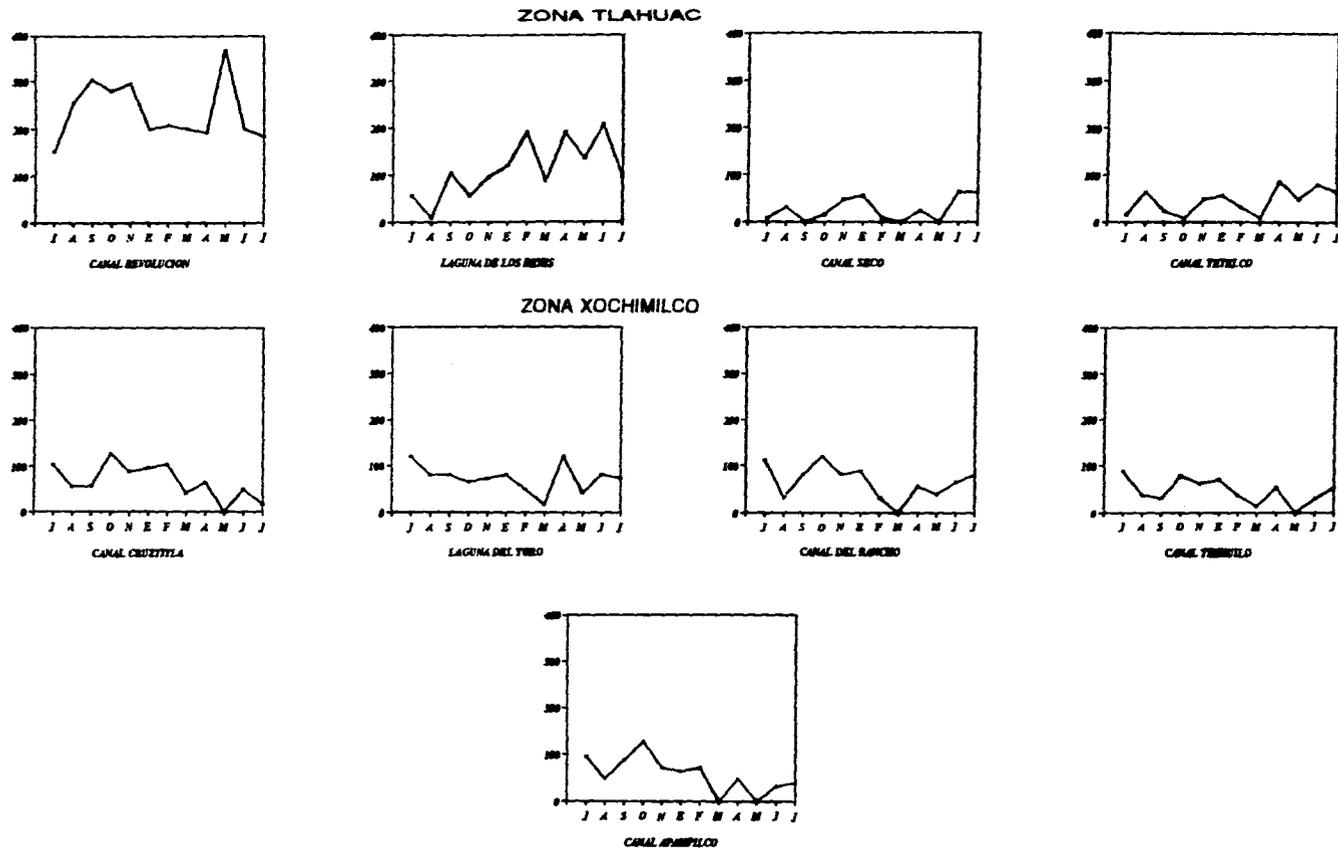


FIG.4 REGISTRO MENSUAL DE DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

En los canales de la zona Xochimilco, por el contrario, la mezcla de aguas residuales que reciben son provenientes de la planta Cerro de la Estrella, donde se realiza un tratamiento secundario; sin embargo, los niveles de la DQO están muy cercanos a los 100 mg/l en todos los canales de esta zona, por lo que la calidad del agua que llega a éstos, es aún baja (Plan Hidráulico, 1988b).

En un estudio realizado por Báez y Belmont (1971), en canales de zonas chinamperas de Xochimilco, se estableció que la contaminación externa de los canales, afecta considerablemente su calidad biológica y nulifica en gran medida los procesos de autopurificación de las corrientes, esto es debido a que los niveles de la DBO son altos (máximo de 113 mg/l). Los mismos autores, en 1975, realizaron estudios de calidad del agua en otros canales de la zona chinampera, y determinaron niveles parecidos de DBO (99 mg/l), por lo que clasificaron a estas aguas como polisapróbicas, tomando también en cuenta la concentración de oxígeno disuelto y amonio de 2 mg/l y 3-4 mg/l, respectivamente.

Según James (1986), en un estudio realizado por la FAO sobre los canales de Xochimilco-Tlahuac, indica que la planta de tratamiento Cerro de la Estrella, envía agua a los canales con una concentración de DQO y DBO de 120 mg/l y 19 mg/l como máximo respectivamente, con lo cual se corrobora que en Xochimilco el tratamiento secundario que se realiza en la planta, no logra remover la materia biodegradable del agua; si a esto se suman las descargas que se realizan de la población aledaña a los canales de Tlahuac, se alcanzan concentraciones como las cuantificadas en este trabajo.

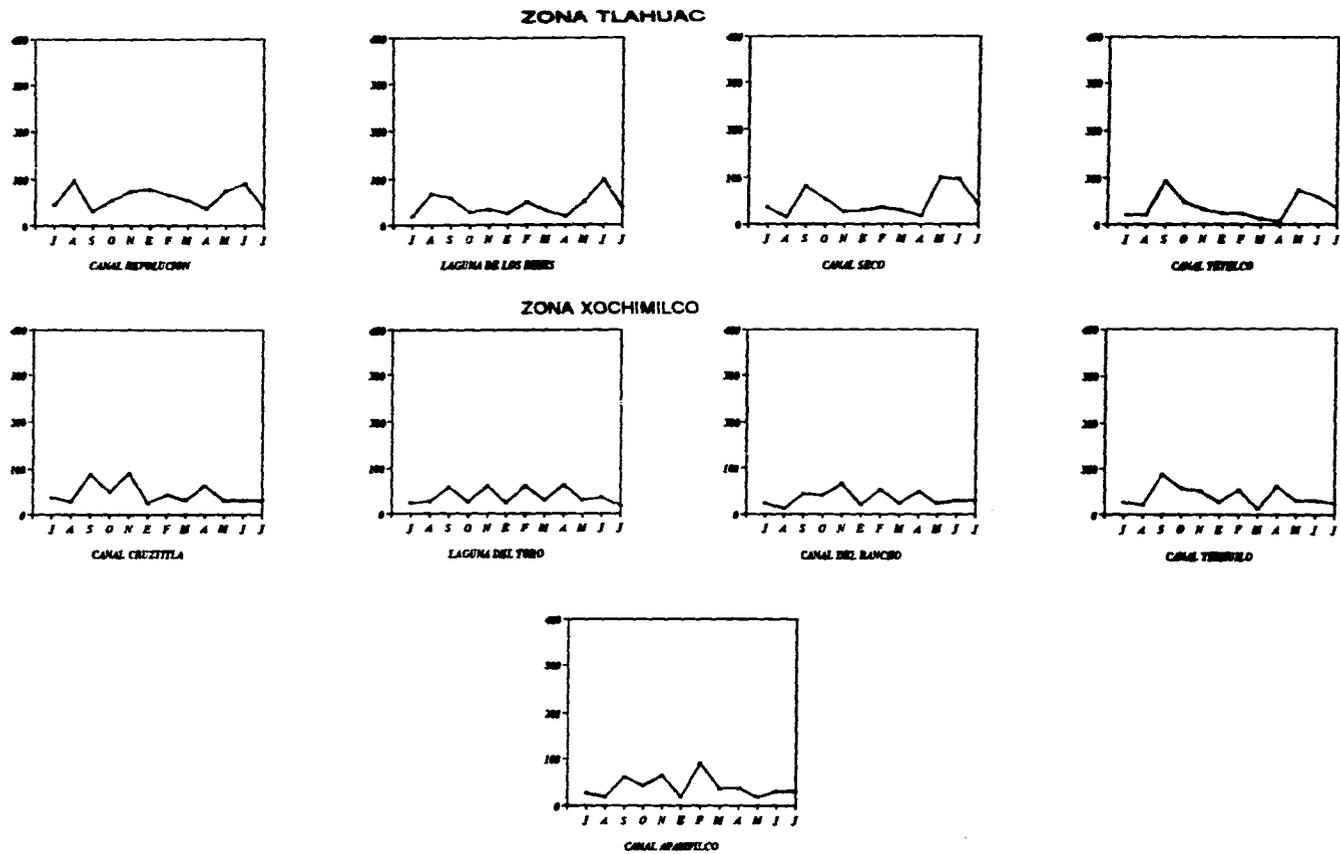


FIG.5 REGISTRO MENSUAL DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

Los resultados del análisis de correlación de la DQD con la conductividad, mostraron que en el Canal Revolución fue de $r = 0.9301$ y en la Laguna de los Reyes fue de $r = 0.8227$; también en el primero, la DQD se correlacionó con los sólidos disueltos totales, $r = 0.91071$ y sulfatos $r = 0.91834$, justificable básicamente por los desechos múltiples que reciben estos canales, entre los que se encuentran los detergentes aniónicos.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES.

Tanto la conductividad como los sólidos disueltos totales, tuvieron un comportamiento diferente en las dos zonas de trabajo (Fig 6 y 7); el comportamiento general fue similar, debido a que la conductividad de una solución depende de la cantidad de sales disueltas en soluciones diluidas (como es el caso), y es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos disueltos totales (Tebbutt, 1990); es por esto que en todos los canales la correlación estadística, entre la conductividad y los sólidos disueltos totales, fue alta con $r = 0.9100$.

En los canales de Xochimilco, ambos parámetros se mantuvieron bajos durante el año. En los canales de Tlahuac las concentraciones de estos parámetros fueron mayores, principalmente en el Canal Revolución, el cual tuvo el registro máximo de conductividad y sólidos totales: 7,900 micromhos/cm y 6,596 mg/l, respectivamente, en mayo (Tabla 2); esta zona excedió en un 276% al nivel más alto de las concentraciones reportadas para Xochimilco. Los mínimos también se registraron en esta zona y fue en el Canal Seco, con una

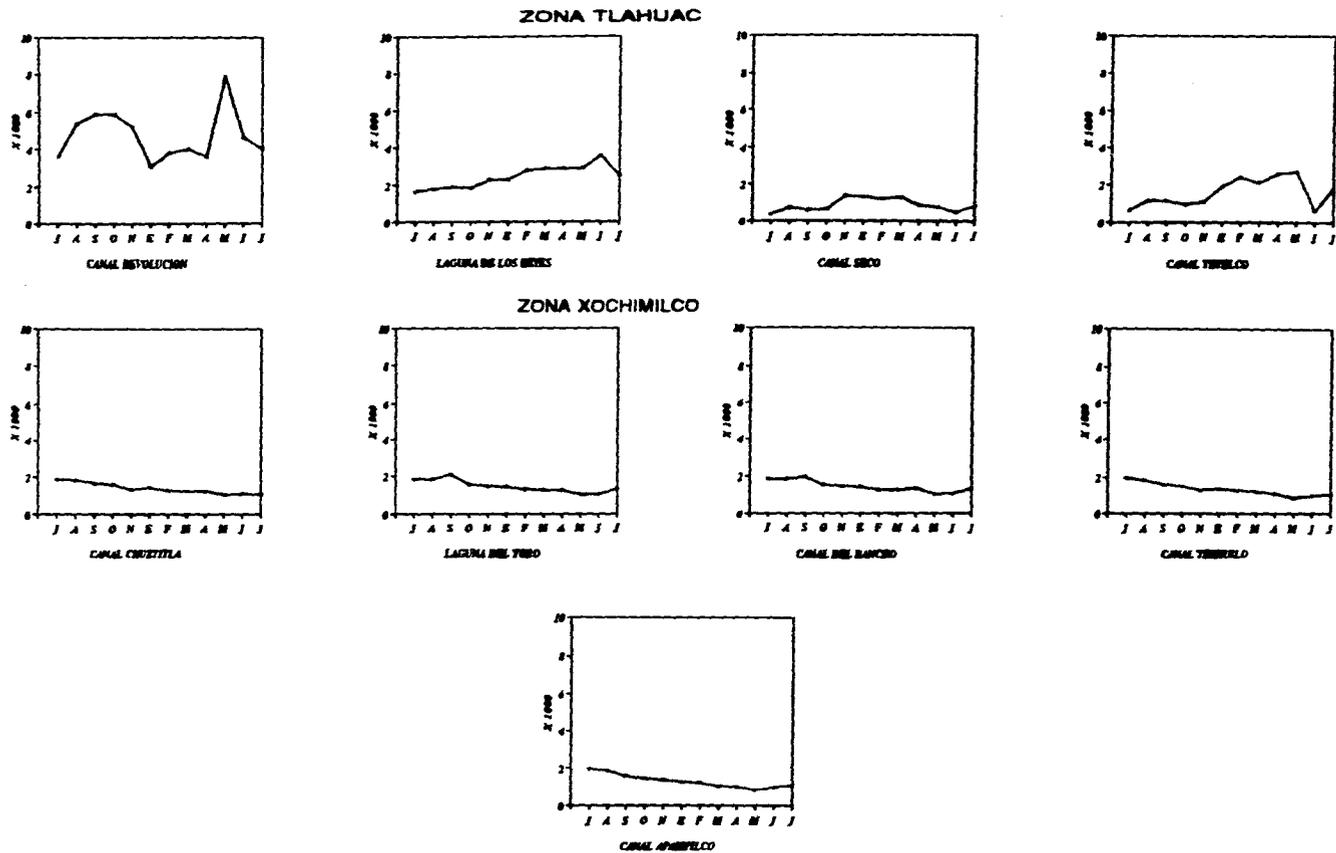


FIG.6 REGISTRO MENSUAL DE CONDUCTIVIDAD (micromhos/cm) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

conductividad de 380 micromhos/cm y de 304 mg/l de sólidos totales en julio de 1991 (Tabla 4).

Las dos zonas mostraron marcadas diferencias en sus comportamientos, particularmente en Tlahuac, en el Canal Revolución y Laguna de los Reyes (Fig. 6 y 7). La influencia de los desechos domésticos fue fundamental para los niveles altos; esta variación se puede relacionar con el clima, dado que en meses cálidos con temperaturas altas (abril, mayo y junio), se encontraron cantidades más altas de sólidos disueltos totales, con una alta concentración de sales. Sin embargo, en estudios realizados por Báez y Belmont (1975), se indicó una conductividad máxima de 1,214 micromhos/cm, atribuyendo ésta, al lavado de los suelos salinos por la precipitación pluvial y a los escurrimientos que son muy abundantes en los meses de mayo a octubre. La situación planteada por estos autores, puede ser la causa por la que en Xochimilco, se tengan niveles de conductividad y sólidos disueltos similares. Aunado a esto, es importante recordar que son canales que no tienen una densidad de población que pueda alterar sus condiciones drásticamente como en el caso de Tlahuac.

James (1986), en Xochimilco-Tlahuac, reportó conductividades máximas de 2,200 -2,300 micromhos/cm, mencionando que con esta concentración el agua es inadecuada para uso turístico y agrícola.

De acuerdo a la clasificación propuesta por Wilcox (Allison, et al., 1954), para clasificar aguas que se usan en riego agrícola, tomando en cuenta los niveles de conductividad y RAS (relación de adsorción de sodio), las aguas de los canales quedaron como sigue: Canal Revolución y Laguna de los Reyes (C4-S4), aguas con salinidad y contenido de sodio muy alto, no son propias para riego.

Canal Tetelco, Cruztitla y Laguna del Toro (C3-S2), aguas con salinidad alta y medianamente sodicas, solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos.

Los Canales Seco, Apampilco, del Rancho y Texhuilo (C3-S1), aguas con salinidad alta y bajas en sodio, pueden usarse para riego en la mayoría de los suelos

DUREZA TOTAL

Segun Wetzel (1975), la dureza del agua esta referida al contenido de cationes de calcio y magnesio, en forma de sales de carbonatos y sulfatos; expresada por lo general, en función del carbonato de calcio (CaCO_3), y es atribuida principalmente al intemperismo químico de rocas y minerales del suelo. En presencia del CO_2 disuelto en el agua que forma ácido carbónico y por la respiración de los organismos, se ocasiona la disolución de sales de magnesio y calcio (Kemmer, 1989).

Para los canales de la zona Xochimilco, el comportamiento de la dureza fue homogéneo, con concentraciones que no rebasaron los 500 mg/l (Fig.8), la cual pudo ser ocasionada por el calcio y magnesio intercambiables, presentes en las arcillas que se encuentran formando el suelo de los canales.

Según Aguilera y Cervantes (1987), los suelos de las partes bajas de Xochimilco, son ricos en estos dos elementos.

En la zona Tlahuac, el comportamiento fue heterogéneo y se incrementó considerablemente durante mayo en el Canal Revolución (1900 mg/l) y Laguna de los Reyes (791.6 mg/l) (Tablas 2 y 3, Fig. 8); esto pudo estar relacionado con el tipo de descargas que estos canales reciben.

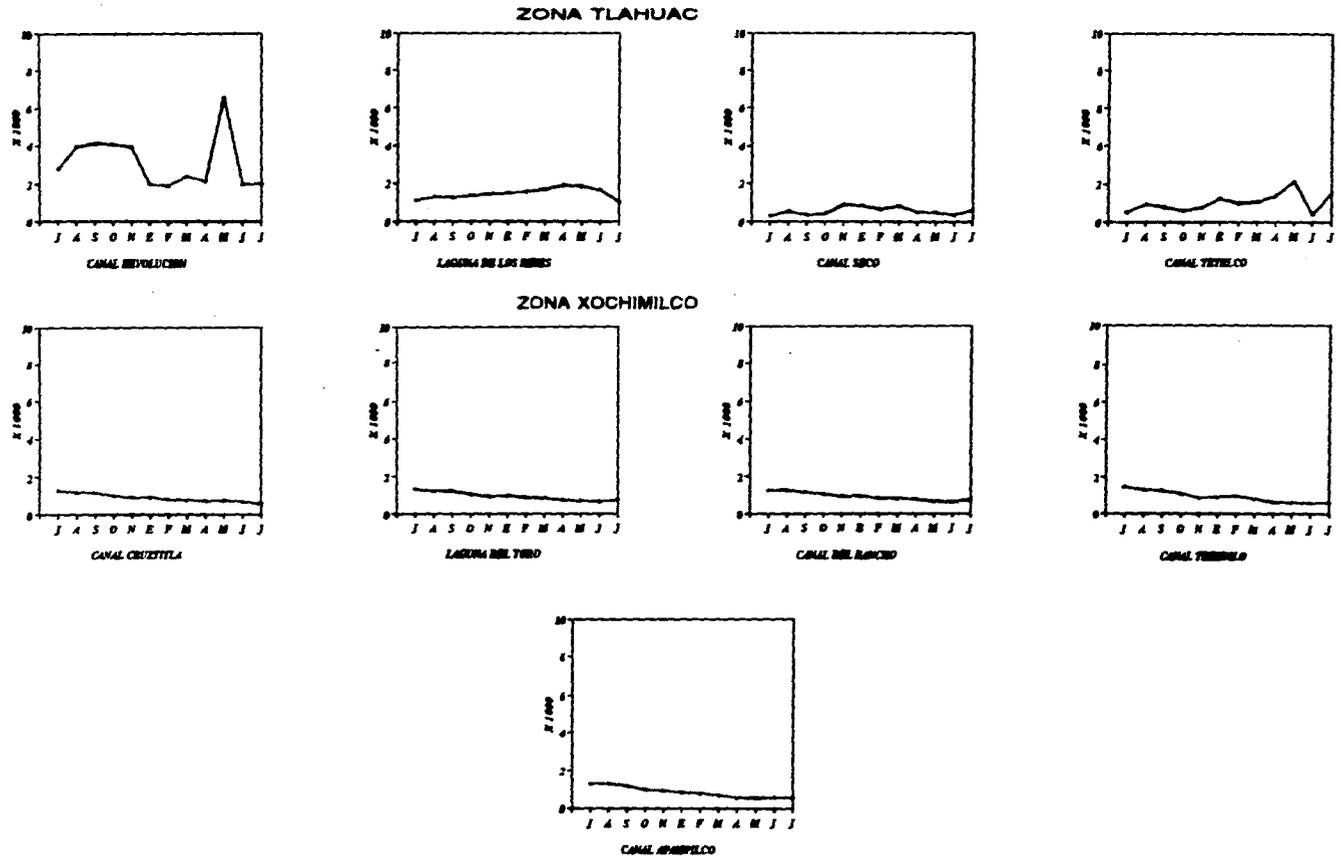


FIG.7 REGISTRO MENSUAL DE SOLIDOS DISUELTOS (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

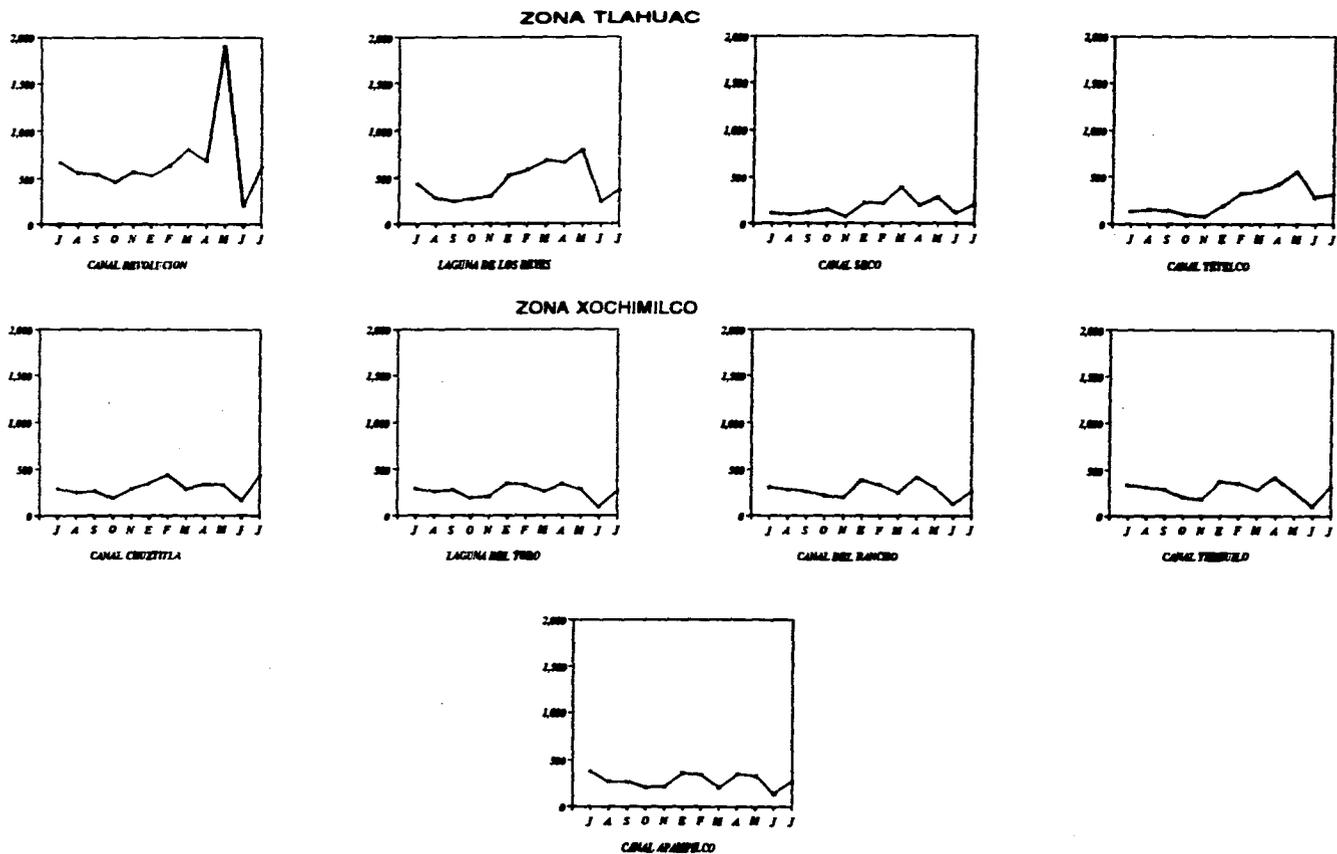


FIG. 6 REGISTRO MENSUAL DE DUREZA (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

Los niveles de dureza con respecto al máximo de las dos zonas, se encontró que la zona Tlahuac rebasa en un 340% a la de Xochimilco; lo cual señala que la dureza en Tlahuac la imprime las descargas por asentamientos humanos.

Los Canales Seco y Tetelco, así como los de la zona Xochimilco, no rebasaron la concentración de 500 mg/l; niveles similares fueron reportadas por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, en James (1986) para el año 1981, donde las concentraciones fluctuaron entre 557 mg/l y 199 mg/l.

Luna (1989) reportó, para la zona Xochimilco, una concentración máxima de 940 mg/l y una mínima de 205 mg/l, posible consecuencia de la edafología local ó la deficiente remoción que realiza la planta de tratamiento Cerro de la Estrella; sin embargo, la planta no proporcionó datos del efluente.

ALCALINIDAD TOTAL

El término de alcalinidad de las aguas, se refiere generalmente a la cantidad y tipo de compuestos que tienden a elevar el pH a la neutralidad. Estos compuestos son: bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos y, con menor frecuencia, boratos, silicatos y fosfatos (De la Lanza y Arredondo, 1990).

Los niveles de alcalinidad expresados como mg/l de bicarbonatos, se comportaron de la siguiente manera: para Xochimilco se observó un nivel constante durante el periodo de muestreo, y en Tlahuac se mantuvieron alcalinidades altas, hasta 7 tantos más; la variación fue muy heterogénea (Fig. 9); el Canal Revolución al igual que en la dureza, registró el máximo con 2,459 mg/l en mayo (Tabla 2, Fig. 9).

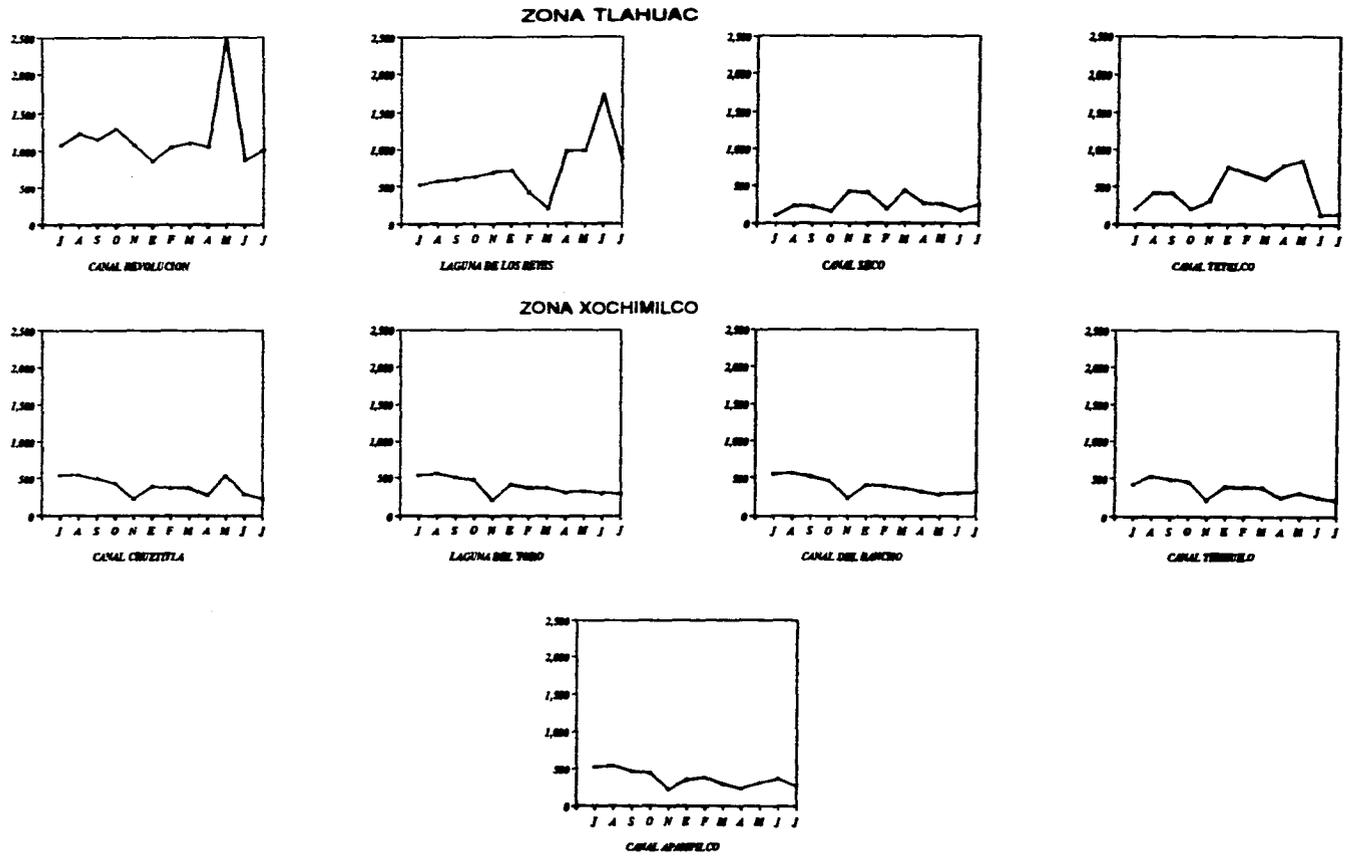


FIG.9 REGISTRO MENSUAL DE ALCALINIDAD TOTAL (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

En julio de (1991) en el Canal Seco, se determinó el mínimo de 101.7 mg/l (Tabla 4).

La mayor alcalinidad reportada para la zona de Tlahuac, comparada con la de Xochimilco, se rebasó en un 339%.

Como se observa en la figura 9, las mayores alcalinidades totales se presentaron en el Canal Revolución y Laguna de los Reyes, que puede ser debida al aporte elevado de agua residual sin tratamiento, lo cual favorece el incremento de urea y ácido úrico, con formación de amonio; en este trabajo se obtuvieron concentraciones de 4 mg/l de amonio, que pudieron contribuir a la alcalinidad.

En los canales restantes de Xochimilco, la concentración de alcalinidad total se mantuvo por abajo de los 500 mg/l; su comportamiento uniforme pudo deberse al aporte continuo de aguas negras tratadas, con un contenido menor de amonio, como se puede ver en figura 12.

FOSFATOS, NITRATOS Y AMONIO.

Estos tres parámetros se discutirán de manera conjunta, debido a que forman parte de los macronutrientes que llevan a cabo la síntesis de la materia orgánica en los ambientes acuáticos, por parte de los productores primarios (Tebbutt, 1990).

En las dos zonas, el nivel de fosfatos se mantuvo durante todo el año por abajo de los 20 mg/l (Fig. 10); con excepción del Canal Revolución y Laguna de los Reyes (Tlahuac), donde se rebasaron los 50 mg/l. El mínimo se registró en el Canal del Rancho (Xochimilco), con 0.6 mg/l en julio (1992) (Tabla 8) y el máximo fue para la Laguna de los Reyes (Tlahuac) con 60 mg/l en julio (1991) (Tabla 3, Fig. 10).

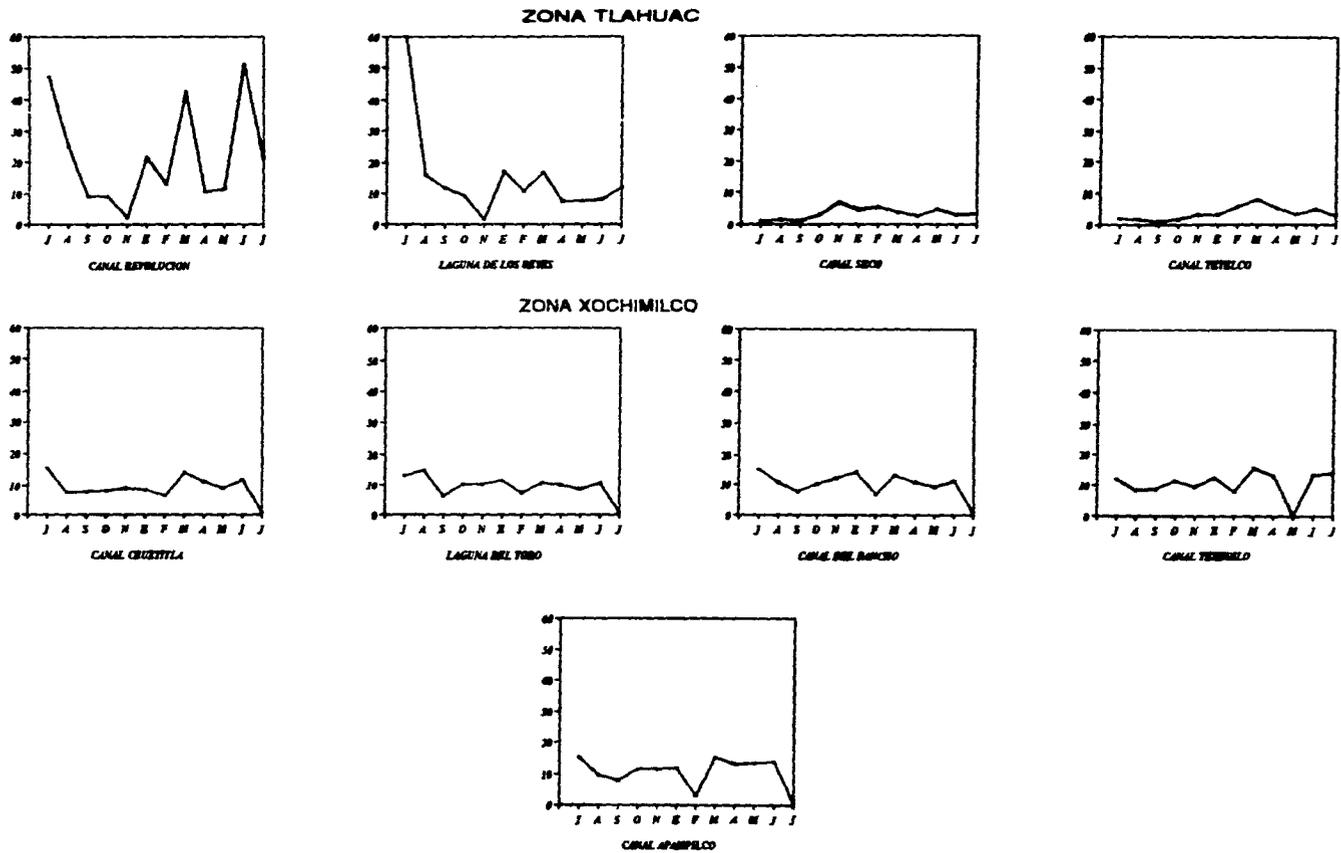


FIG.10 REGISTRO MENSUAL DE FOSFATOS (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

Los niveles máximos de fosfatos en la zona Tlahuac, rebasaron en un 287 % a los de Xochimilco.

El comportamiento de fosfatos para la zona Xochimilco y algunos canales de la zona Tlahuac, indican que las aguas de los canales son de lento movimiento, por lo que no es posible observar cambios temporales en el área, como lo ha sugerido Tebbutt (1990) para otros ambientes; la misma situación fue observada en el trabajo realizado por Báez y Belmont (1975), para canales ubicados en Xochimilco.

Uno de los factores al que se puede atribuir el alto contenido de fosfatos en los canales de Xochimilco, se debe al insuficiente tratamiento que la planta Cerro de la Estrella realiza; según datos reportados por Báez y Belmont (1975), la planta envía agua con una concentración promedio de 39 mg/l, lo que indica que durante su recorrido a los canales, logra una remoción del 51% aproximadamente; sin embargo, el contenido de fosfatos en los canales fue aún elevado.

En los Canales Revolución y Laguna de los Reyes, el aporte tan elevado de fosfatos (máximo 60 mg/l), pudo estar ocasionado por el vaciado directo de aguas negras sin tratamiento, que contienen cantidades altas de este compuesto (Tabla 2). Generalmente, en el intervalo de 15-30 mg/l, estas aguas residuales contienen concentraciones hasta de 7.5 mg/l de sulfonatos de alquil benceno y polifosfatos, principio activo de los detergentes, y son el resultado de los aportes de descargas directas, desagües municipales y actividades turísticas (Balanzario, 1982; Kemmer, 1989).

Los nitratos y amonio variaron heterogeneamente en las dos zonas de trabajo, con excepción del amonio en la zona Xochimilco, donde el comportamiento fue uniforme (Figs. 11 y 12).

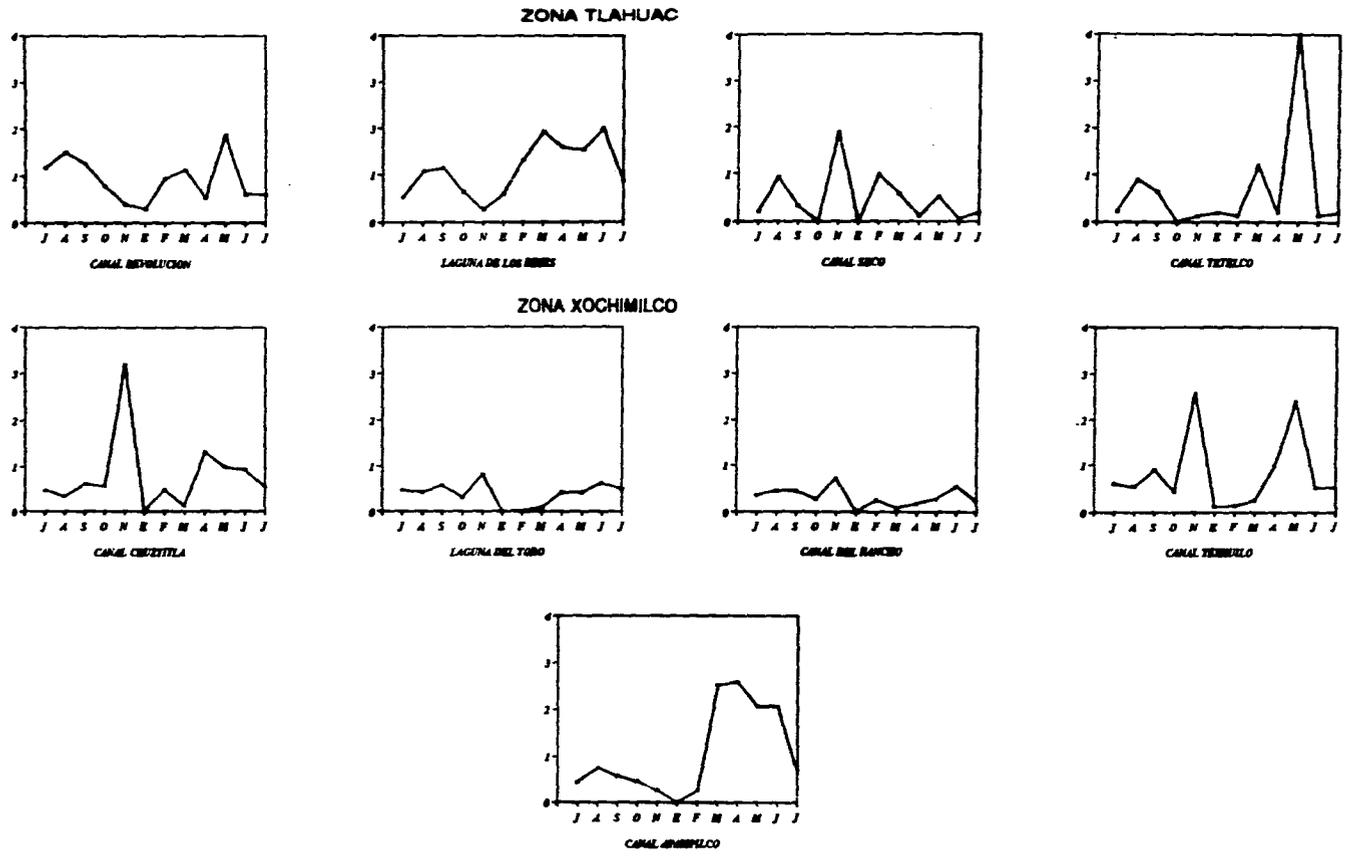


FIG.11 REGISTRO MENSUAL DE NITRATOS (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

Los mínimos (0.0 mg/l) para los nitratos se presentaron en enero y febrero, en todos los canales. El máximo fue para el Canal Tetelco con 4 mg/l, en mayo (Tabla 5).

La justificación que se atribuye para los altos aportes de fosfatos y nitratos; es la que realizan las lemnaceas (Lemna gibba, L. minor y Wolffia columbiana) al formar parte de los sedimentos de los canales, los cuales son removidos para formar los llamados chapines. Durante esta actividad, se aporta al medio acuático el 98% del nitrógeno y el 90% de fosforo inicial que contienen las lemnaceas (Quiróz y Miranda, 1984).

Esto es debido a que el sedimento ha sido una trampa de estos nutrientes por mucho tiempo y acelerada por el hombre. Esto aclara el porqué de los niveles altos de nitratos en los canales Seco y Tetelco (zona Tlahuac) y Cruztitla, Texhuilo y Apampilco (Xochimilco), ya que durante el periodo de muestreo se observó que los agricultores, durante la mayor parte del año, remueven el fondo de los canales para construir los chapines.

Otro factor que mencionan Likens y Bormann (1974) y Rizet (1981), para el aumento de los macronutrientes en ambientes acuáticos, es el relacionado con el uso de fertilizantes inorgánicos, ya que en la mayoría de los canales de las zonas, el cultivo de la tierra es la actividad preponderante.

Las concentraciones de amonio se mantuvieron por abajo de 1 mg/l en Xochimilco, siendo en junio el mínimo de 0.03 mg/l, en el Canal Texhuilo (Tabla 9); El máximo fue en el Canal Tetelco con 4 mg/l, en julio de 1992 (Tabla 5), que pudo deberse a desechos locales.

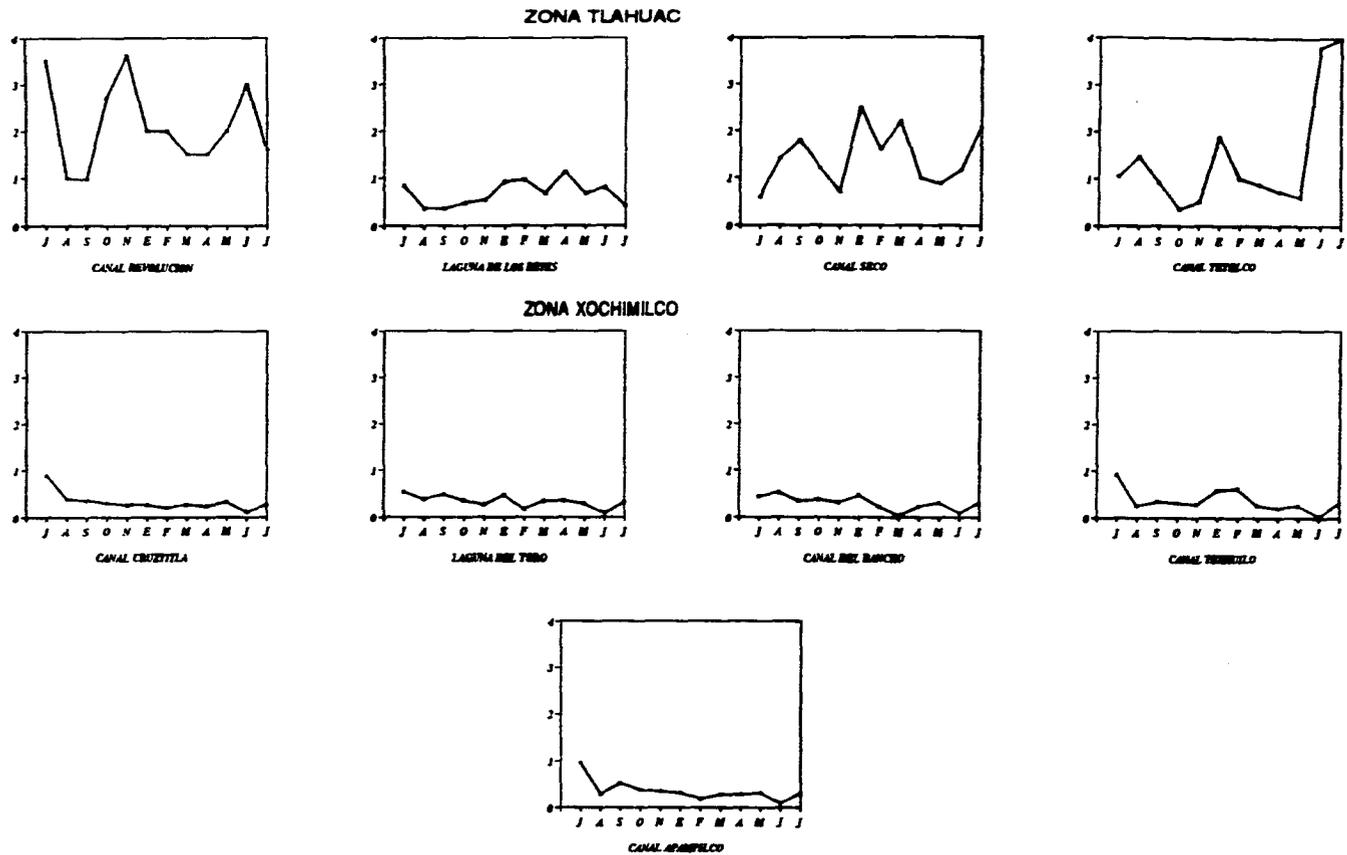


FIG.12 REGISTRO MENSUAL DE AMONIO (mg/l) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

Los niveles máximos de amonio reportados para la zona Tlahuac rebasaron en un 316% a los de Xochimilco.

La gran actividad de descomposición de los desechos orgánicos fue observada en los Canales Revolución, Seco y Tetelco de la zona Tlahuac, donde el espejo de agua es de 2 a 3 m y, por lo tanto, la acumulación de materia en descomposición es mayor, produciéndose mayor amonio. Otra causa que eleva la concentración de amonio en el Canal Revolución, es la presencia de urea en las descargas sin tratamiento, que por la acción de bacterias, se descompone formando amonio (Cardenas, et al., 1989).

Autores como Báez y Belmont (1974), Balanzario (1982), James (1986) y de la Lanza y Arredondo (1990), llegaron a la conclusión de que las concentraciones elevadas de estos macronutrientes llevan a los ambientes acuáticos a un estado de eutroficación, como el observado en las zonas Xochimilco y Tlahuac, donde hay un crecimiento desmedido de algas (verde-azules) y macrofitas, principalmente durante la época de lluvias, observándose altas densidades de lirio acuático y lentejilla.

El desmedido crecimiento de materia vegetal y su posterior degradación, afectan considerablemente la DQO y el oxígeno disuelto de los canales, lo que hace difícil el desarrollo y supervivencia de la fauna acuática, la cual se ha extinguido en gran medida, como por ejemplo: almejas, ajolotes y carpas (Báez y Belmont, 1974).

PARAMETROS BACTERIOLOGICOS

COLIFORMES FECALES

Debido al uso del agua de los canales para cultivos de riego y del embarcadero turístico de la Laguna de los Reyes, fue necesario determinar las concentraciones de coliformes fecales.

Analizando los resultados, se advirtió una gran contaminación producida por desechos de origen humano y animal. Los organismos coliformes se presentan en el tracto intestinal del hombre y animales, además de que la mayoría de los patógenos que se presentan en las excretas, sobreviven en los suelos y reservorios de agua durante largos periodos, representando riesgos potenciales para los agricultores y consumidores (Burdon y Willians, 1985; Calderón, 1990).

Los coliformes fecales se mantuvieron con niveles altos en los canales de la zona de Tlahuac, principalmente en el Canal Revolución, Laguna de los Reyes y Seco, determinándose el máximo en este último canal con 3,000,000 NMP/100ml, en junio (Tabla 4, Fig. 13) y el mínimo en el Canal Tetelco (Tabla 5) y Texhuilo (Tabla 9) con 30 NMP/100ml. En la zona de Xochimilco las concentraciones de coliformes fecales fueron bajas en la mayoría de los canales (Fig. 13).

Los altos niveles en la zona de Tlahuac con excepción del Canal Tetelco (Fig.13), fueron consecuencia de las descargas de aguas residuales fortuitas, que elevaron la concentración de coliformes fecales; para el Canal Revolución y Laguna de los Reyes, el aporte de materia fecal proveniente de las casas habitación, pudo ser determinante y, según James (1986), este tipo de descargas es la mejor fuente de contaminación fecal.

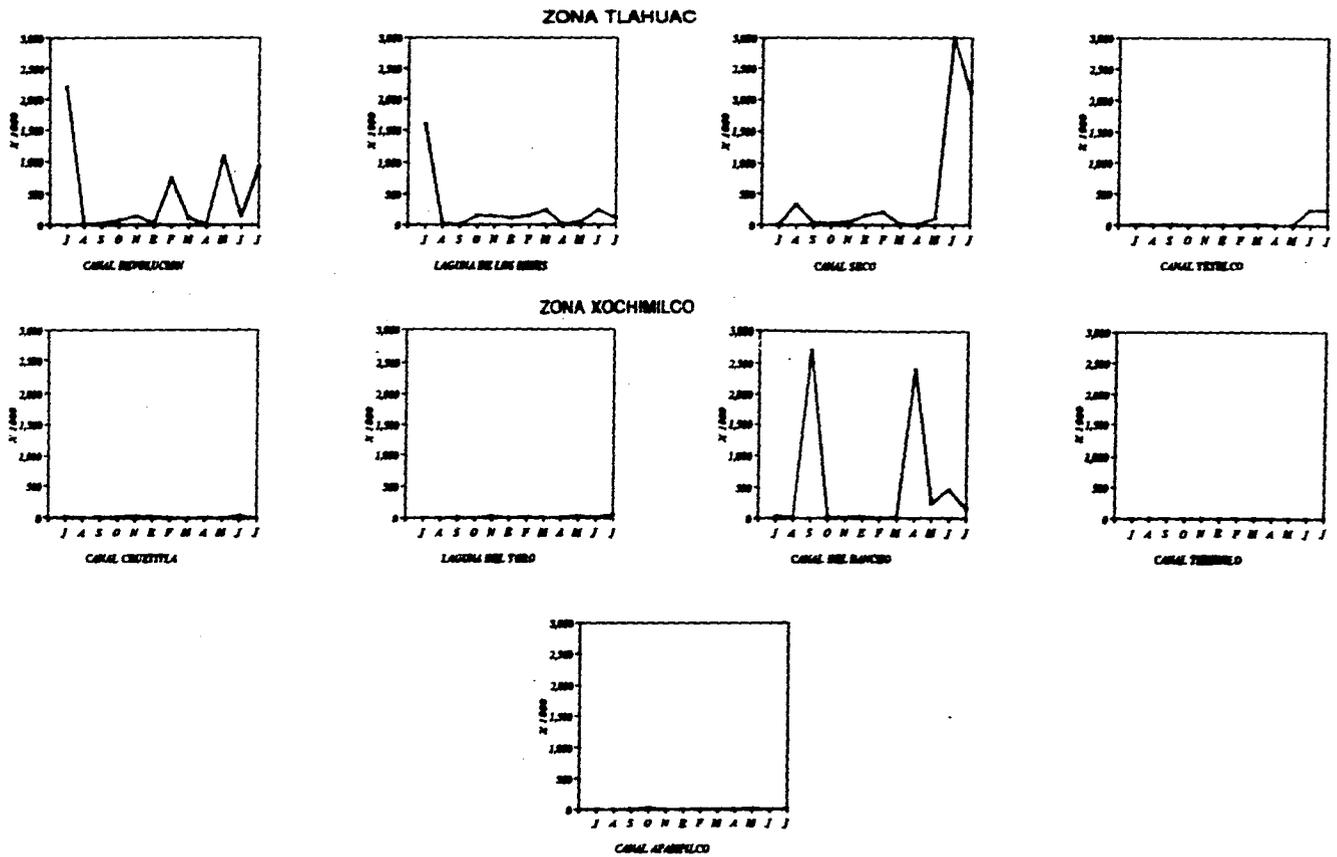


FIG.13 REGISTRO MENSUAL DE COLIFORMES FECALES (NMP/100m) EN LA ZONA CHINAMPERA XOCHIMILCO-TLAHUAC.

En el Canal Seco se registró la mayor concentración de coliformes fecales en mayo, debido a que en esta zona pastan animales como vacas, caballos y borregos, cuyo excremento va a dar a las aguas, principalmente en época de lluvias, que es cuando hay más escurrimientos de sustancias (Cardenas, et al., 1989).

El Canal del Rancho en Xochimilco (Fig. 13), también tuvo concentraciones altas de este parámetro, situación que se relacionó con dos viviendas (aprox. 20 personas), que se encuentran en la orilla del canal, a escasos 5 m del punto de muestreo, con la descarga de agua residual directa. Los canales restantes, reciben aporte de materia fecal de las aguas provenientes de la planta Cerro de la Estrella que, a pesar de recibir durante el tratamiento una desinfección, están aportando de 2.4×10^{11} a 14.4×10^{11} NMP/100ml por día de coliformes fecales (James, 1986).

De acuerdo con el Manual Técnico para el Uso, Aprovechamiento y Manejo de Aguas Residuales en Riego Agrícola (1990), las aguas de la zona Xochimilco y Tlahuac, se clasificaron de acuerdo al contenido de coliformes fecales (NMP/100ml), quedando como sigue:

- a) aguas condicionadas (> 1000 000 coliformes fecales), Canal Seco y del Rancho, donde los cultivos permisibles son: forrajes, granos, silvicultura, ornato y producción de semillas;
- b) aguas semicondicionadas (10 000 a 1000 000 coliformes fecales), Canal Revolución, Laguna de los Reyes, Canal Tetelco, Laguna del Toro y Canal Cruztitla, para los cultivos como: arroz, ajo, cebolla y vegetales que se consumen cocinados;
- c) aguas libres (< 10 000 coliformes fecales), Canal Apampilco y Texhuilo, pudiéndose cultivar todo, excepto hortalizas y otros

cultivos sin cascara, cuyos productos comestibles tienen contacto con
agua y suelo.

VII. CONCLUSIONES

Derivado de los resultados y discusión de las variables fisicoquímicas, se señalarán las siguientes conclusiones:

-Los canales de Tlahuac tuvieron una mayor alteración en la calidad del agua de sus canales, originado por las actividades urbanas y turísticas que vierten sus aguas directamente sin tratar a los canales, comparado con el observado para la zona Xochimilco, en donde se reciben aguas con un tratamiento secundario y la densidad de población es mucho menor.

-Los parámetros de temperatura y pH, no indicaron alteraciones notorias en las dos zonas de estudio. La temperatura del agua varió estacionalmente con las épocas del año, coincidiendo las temperaturas más altas (25.6 °C) con los meses cálidos (julio) y las más bajas (12.9 °C) con los meses fríos (febrero).

El pH tendió hacia la alcalinidad (pH 8.7), en los canales de la zona Xochimilco y en los de Tlahuac hubo una ligera inclinación hacia la acidez, con un pH de 6.7 unidades.

-Uno de los parámetros en los que se reflejó la gran contaminación de tipo orgánico en la zona Tlahuac, fue la DQO, la cual tuvo un máximo de 368 mg/l, rebasando al máximo obtenido para la zona Xochimilco en un 187%.

-La conductividad se vió incrementada por la mayor carga de material suspendido y el lavado de los suelos en ambas zonas; sin embargo la

zona Tlahuac rebasó en un 276% al máximo registrado en la de Xochimilco, consecuencia de las descargas directas y mayor número de pobladores.

Como resultado de clasificar el agua de los canales, por su contenido de sodio (RAS) y conductividad, se determinó que estas aguas no son adecuadas para riego agrícola, debido a que en la mayoría de los canales (Canal Revolución, Laguna de los Reyes, Tetelco, Cruztitla y Laguna del Toro), se corre el riesgo de salinizar aún más los suelos de las chinampas.

-Las mayores alcalinidades se presentaron en el Canal Revolución y Laguna de los Reyes, lo cual puede ser debido al aporte de agua residual cruda, lo que provocó que se incrementara su nivel hasta en un 339% con respecto al máximo de la zona Xochimilco.

-Los elevados niveles de macronutrientes en los canales de ambas zonas, las catalogan como eutrofizadas, principalmente en la zona de Tlahuac, donde los fosfatos y amonio, rebasaron en un 287% y 316%, los niveles registrados en la zona Xochimilco.

- Las aguas de ambas zonas no pueden ser utilizadas para riego de hortalizas, esto debido al alto contenido de coliformes fecales, producto de la gran cantidad de descargas que se realizan directas a los canales. Las aguas de los canales de la zona Tlahuac se clasificaron como semicondicionadas, con excepción del Canal Seco, el que junto con las aguas del Canal del Rancho (Xochimilco), son aguas condicionadas; la zona Xochimilco también tuvo canales con aguas semicondicionadas, son: Laguna del Toro y Canal Cruztitla; el Canal

Apampilco y Texhuiloc fueron los unicos que tuvieron aguas libres para el riego de cualquier tipo de cultivo, con excepción de las hortalizas.

Con base en las conclusiones anteriores, se puede especular que la alteración del área de Tlahuac, insidirá en la actividad turística por disminución en la calidad del agua y de la flora, asimismo, en las escasas especies endémicas, como ya se ha visto en una década.

En lo que corresponde a Xochimilco, se prevee que las actividades agrícolas podrían disminuir hasta desaparecer, debido a que los suelos de las chinampas son regados con aguas que contienen gran cantidad de sales, producto del inadecuado tratamiento a que son sometidas en la planta de tratamiento Cerro de la Estrella.

ANEXO

TABLA No. 2 ANALISIS FISIQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL REVOLUCION

MES/PERIODO	TEMPERATURA	pH	DQO	DSO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	22.1	7.9	152	45.4	3600	2798	667.6	1073.6	47.1	1.18	3.5	2,200,000.0
AGOSTO	21.0	7.3	256	97.0	5400	3946	558.3	1235.6	25.0	1.51	1.0	600.0
SEPTIEMBRE	20.1	7.8	304	30.3	5900	4128	546.8	1149.0	9.1	1.27	0.96	11,000.0
OCTUBRE	17.2	7.2	280	55.0	5900	4062	460.4	1299.7	9.1	0.77	2.7	70,000.0
NOVIEMBRE	15.1	7.6	296	75.0	5200	3948	575.5	1081.7	2.2	0.39	3.6	150,000.0
ENERO	14.8	7.4	200	78.8	3100	1972	530.6	860.6	21.6	0.29	2.0	21,000.0
FEBRERO	14.5	7.1	208	66.6	3800	1894	636.7	1052.2	13.2	0.93	2.0	750,000.0
MARZO	21.0	7.3	200	54.6	4000	2416	808.2	1110.7	42.5	1.13	1.5	110,000.0
ABRIL	21.7	7.4	192	36.6	3600	2130	682.1	1053.0	10.6	0.53	1.5	4,000.0
MAYO	19.1	7.9	368	75.0	7900	6596	1900.0	2459.0	11.6	1.86	2.0	1,100,000.0
JUNIO	22.3	7.7	200	91.0	4600	1962	195.8	871.3	51.2	0.59	3.0	150,000.0
JULIO	20.5	7.4	184	36.4	4000	1984	619.6	1009.0	21.6	0.59	1.6	930,000.0
PERIODO	14.5	7.1	152	30.3	3100	1962	195.8	860.6	2.2	0.29	0.96	600.0
PERIODO	22.3	7.9	368	97.0	7900	6596	1900.0	2459.0	51.2	1.86	3.6	2,200,000.0

TABLA No. 3 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE LOS REYES

MES / AÑO	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	FOSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	MP/100ml
JULIO	25.6	7.8	56	18.1	1640	1082	431.7	521.8	60.0	0.53	0.84	1,600,000.0
AGOSTO	20.6	7.8	8	66.7	1790	1280	270.5	568.8	16.0	1.06	0.36	27,000.0
SEPTIEMBRE	20.2	7.5	104	57.6	1890	1244	230.2	599.0	11.6	1.14	0.36	1,700.0
OCTUBRE	18.4	7.3	56	27.2	1850	1326	259.0	629.1	9.1	0.63	0.48	150,000.0
NOVIEMBRE	14.4	7.0	96	33.0	2300	1434	287.8	690.0	1.5	0.26	0.54	140,000.0
ENERO	16.9	8.1	120	24.2	2300	1474	518.4	712.8	17.0	0.59	0.92	110,000.0
FEBRERO	17.0	7.8	192	48.5	2800	1554	579.6	413.4	10.6	1.31	0.96	150,000.0
MARZO	23.3	8.2	88	30.3	2900	1686	685.7	199.1	16.5	1.92	0.68	240,000.0
ABRIL	24.0	8.5	192	18.1	2900	1898	665.3	973.0	7.2	1.59	1.12	1,100.0
MAYO	22.8	8.2	136	50.0	2900	1846	791.6	983.7	7.4	1.53	0.68	46,000.0
JUNIO	24.4	6.8	208	97.0	3600	1632	226.0	1728.0	7.8	1.99	0.80	240,000.0
JULIO	24.3	8.4	96	36.4	2500	1018	352.9	873.5	11.6	0.86	0.42	110,000.0
AGOSTO	14.4	6.8	8	18.1	1640	1018	226.0	199.1	1.5	0.26	0.36	1,100.0
SEPTIEMBRE	25.6	8.5	208	97.0	3600	1898	791.6	1728.0	60.0	1.99	1.12	1,600,000.0

TABLA No. 4 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL SECO

MES / SEMESTRE	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NBP/100ml
JULIO	21.7	6.7	8	36.3	380	304	112.2	101.7	0.9	0.2	0.6	8,000.0
AGOSTO	16.9	6.8	32	15.2	750	550	95.0	233.6	1.5	0.93	1.4	330,000.0
SEPTIEMBRE	16.6	6.8	0	81.3	600	352	115.1	218.5	1.1	0.33	1.8	28,000.0
OCTUBRE	16.0	6.8	16	54.5	660	432	149.6	158.2	3.0	0.0	1.2	20,000.0
NOVIEMBRE	14.1	7.0	48	27.0	1380	912	71.9	423.4	6.8	1.9	0.72	40,000.0
ENERO	14.0	7.3	56	30.3	1340	852	220.4	406.3	4.7	0.0	2.5	150,000.0
FEBRERO	15.0	6.7	8	36.3	1200	666	212.2	187.9	5.5	0.99	1.6	200,000.0
MARZO	16.2	7.1	0	30.3	1320	838	375.5	431.6	4.0	0.59	2.2	14,000.0
ABRIL	18.9	7.4	24	18.1	860	502	193.7	260.5	2.8	0.12	1.0	1,500.0
MAYO	19.6	7.4	0	100	760	482	277.9	249.4	4.9	0.53	0.88	110,000.0
JUNIO	20.9	7.0	64	97	450	346	105.5	179.2	3.2	0.06	1.16	3,000,000.0
JULIO	19.9	7.0	64	42.4	810	590	211.0	243.4	3.5	0.2	2.07	2,100,000.0
SEMIESTRO	16.0	6.7	0	15.2	380	304	71.9	101.7	0.9	0	0.6	1,500.0
ANUAL	21.7	7.4	64	100	1380	912	375.5	431.6	6.8	1.9	2.5	3,000,000.0

TABLA No. 6 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL TETELCO

MES / AÑO	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	18.0	6.9	16	21.2	610	500	132.4	203.4	2.0	0.24	1.04	6,000.0
AGOSTO	19.7	7.1	64	21.2	1110	916	149.6	414.4	1.7	0.9	1.45	200.0
SEPTIEMBRE	16.3	7.0	24	93.8	1090	784	143.9	408.7	1.0	0.65	0.92	3,000.0
OCTUBRE	16.0	6.9	8	48.5	900	594	97.8	199.7	1.0	0.0	0.36	30.0
NOVIEMBRE	13.1	6.7	48	33.0	1040	758	80.6	300.3	3.3	0.12	0.51	NO DETERMINADO
ENERO	14.5	7.5	56	24.2	1890	1228	195.9	757.2	3.3	0.20	1.88	NO DETERMINADO
FEBRERO	12.9	7.1	32	24.2	2400	990	326.5	676.4	5.9	0.13	1.0	400.0
MARZO	15.1	7.2	8	12.1	2100	1054	351.0	602.8	8.3	1.19	0.88	15,000.0
ABRIL	15.2	7.4	88	6.0	2600	1374	421.1	781.4	5.5	0.20	0.72	110.0
MAYO	19.1	7.3	48	75.0	2700	2150	555.8	848.4	3.5	4.0	0.6	1,500.0
JUNIO	17.2	7.0	80	60.5	630	424	286.2	123.0	5.3	0.13	3.8	240,000.0
JULIO	17.3	7.2	64	36.4	1740	1514	321.6	136.0	3.0	0.2	4.0	240,000.0
AGOSTO	12.9	6.7	8.0	6.0	610	424	80.6	123.0	1.0	0.0	0.36	30.0
SEPTIEMBRE	19.7	7.5	88.0	93.0	2700	2150	555.8	848.4	8.3	4.0	4.0	240,000.0

TABLA No. 8 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL CRUETITLA

MES / NUMERO	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	22.0	8.4	104	36.3	1860	1280	290.6	538.7	15.5	0.466	0.88	13,000.0
AGOSTO	21.6	8.5	56	27.3	1820	1192	250.4	544.4	7.8	0.332	0.39	1,700.0
SEPTIEMBRE	19.4	7.8	56	88.0	1640	1158	264.7	487.9	8.0	0.612	0.36	9,300.0
OCTUBRE	18.9	7.6	128	48.0	1570	998	187.1	420.0	8.3	0.559	0.30	11,000.0
NOVIEMBRE	15.5	7.7	88	91.0	1300	898	287.8	218.2	9.1	3.192	0.27	24,000.0
ENERO	13.5	7.7	96	24.2	1400	920	351.0	380.4	8.6	0.0	0.27	21,000.0
FEBRERO	16.3	7.5	104	42.4	1250	772	440.8	360.7	6.6	0.466	0.21	4,600.0
MARZO	23.1	8.2	40	30.3	1200	766	285.7	364.6	14.2	0.120	0.27	70.0
ABRIL	20.4	8.1	64	62.5	1210	702	336.8	264.2	11.3	1.310	0.24	4,300.0
MAYO	23.4	7.9	0	30.3	1010	722	332.6	527.0	9.1	0.990	0.33	280.0
JUNIO	22.0	8.2	48	30.3	1050	664	162.7	279.2	11.9	0.930	0.12	39,000.0
JULIO	20.8	8.0	16	30.3	1030	550	431.4	221.9	0.9	0.532	0.27	700.0
DIAGNOSTICO	13.5	7.5	0	24.2	1010	550	162.7	218.2	0.9	0.0	0.12	70
DIAGNOSTICO	23.4	8.5	128	91.0	1860	1280	440.8	544.4	15.5	3.19	0.88	39,000.0

TABLA No. 7 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DE LA LAGUNA DEL TORO

MES / DETERMINADO	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	microohm/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	23.3	8.2	120	24.2	1840	1304	290.6	527.4	13.2	0.452	0.54	7,000.0
AGOSTO	21.7	8.7	80	27.3	1820	1212	259.0	550.0	15.0	0.399	0.39	200.0
SEPTIEMBRE	20.2	7.8	80	58.0	2100	1206	276.3	501.0	6.1	0.559	0.48	9,300.0
OCTUBRE	18.4	7.6	64	27.0	1540	1052	189.9	461.5	10.0	0.293	0.36	NO DETERMINADO
NOVIEMBRE	17.5	7.8	72	61.0	1460	926	207.2	197.7	10.0	0.798	0.27	24,000.0
ENERO	13.7	7.5	80	24.2	1430	970	351.0	402.6	11.3	0.0	0.48	70.0
FEBRERO	16.7	7.3	48	60.6	1320	882	334.5	364.5	7.0	0.0	0.18	15,000.0
MARZO	21.4	7.6	16	30.3	1280	856	261.2	359.1	10.3	0.080	0.36	2,400.0
ABRIL	21.4	8.2	120	62.5	1280	748	345.3	305.1	9.7	0.399	0.36	4,300.0
MAYO	22.7	8.1	40	30.3	1060	698	286.3	316.2	8.3	0.399	0.30	24,000.0
JUNIO	22.0	8.2	80	36.4	1075	672	96.4	293.5	10.3	0.599	0.09	4,600.0
JULIO	19.4	7.3	72	18.2	1350	754	274.5	286.4	0.7	0.466	0.33	46,000.0
SEPTIEMBRE	13.7	7.3	16	18.2	1060	672	96.4	197.7	0.7	0.0	0.09	70.0
NOVIEMBRE	23.3	8.7	120	62.5	2100	1304	351.0	550.0	15.0	0.798	0.54	46,000.0

TABLA No. 8 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL DEL RANCHO

MES / DIA	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	microshos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	23.0	8.0	112	24.2	1870	1276	310.8	538.7	15.0	0.346	0.450	33,000.0
AGOSTO	23.3	8.1	32	12.1	1880	1286	287.8	559.4	10.6	0.439	0.540	9,000.0
SEPTIEMBRE	20.7	7.4	80	45.0	2000	1174	267.6	514.2	7.6	0.439	0.360	2,700,000.0
OCTUBRE	19.0	7.3	120	42.0	1580	1076	224.5	463.4	10.0	0.266	0.390	15,000.0
NOVIEMBRE	18.4	7.8	80	67.0	1510	956	201.4	229.4	11.9	0.705	0.330	11,000.0
ENERO	13.2	7.4	88	21.2	1480	964	391.8	406.3	13.9	0.0	0.480	21,000.0
FEBRERO	16.2	7.1	32	54.5	1320	840	334.7	390.8	6.8	0.239	0.240	7,500.0
MARZO	20.1	7.5	0	24.2	1310	840	253.1	362.8	12.9	0.080	0.033	9,000.0
ABRIL	19.3	7.5	56	50.0	1410	804	421.1	318.1	10.6	0.160	0.240	2,400,000.0
MAYO	23.7	7.8	40	24.2	1090	686	311.6	281.0	9.1	0.266	0.330	240,000.0
JUNIO	22.5	7.8	64	30.3	1110	660	126.5	297.1	11.0	0.532	0.090	460,000.0
JULIO	19.4	7.3	80	30.3	1380	786	266.7	311.4	0.6	0.226	0.330	150,000.0
AGOSTO	13.2	7.1	0	12.1	1090	660	126.5	229.4	0.6	0.0	0.033	7,500.0
SEPTIEMBRE	23.7	8.1	120	67.0	2000	1286	421.1	559.4	15.0	0.705	0.540	2,700,000.0

TABLA No. 8 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CASAL TEXTELO

MES/TEMPERATURA	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	FOSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	23.4	8.8	88	27.2	1980	1472	339.6	420.0	11.9	0.599	0.92	500.0
AGOSTO	24.7	8.7	40	21.2	1840	1324	316.5	529.3	8.3	0.532	0.27	80.0
SEPTIEMBRE	21.2	8.1	32	88.0	1610	1270	290.6	489.7	8.6	0.891	0.36	1,500.0
OCTUBRE	19.4	7.9	80	58.0	1510	1110	201.4	453.9	11.3	0.439	0.33	93.0
NOVIEMBRE	17.5	7.5	64	52.0	1290	868	178.4	223.8	9.4	2.590	0.30	93.0
ENERO	14.1	8.0	72	27.2	1360	910	375.5	389.7	12.3	0.13	0.60	700.0
FEBRERO	18.4	7.7	40	54.4	1260	968	359.2	383.3	7.8	0.13	0.64	280.0
MARZO	22.1	8.2	16	12.1	1190	814	285.7	379.5	15.5	0.26	0.27	4,600.0
ABRIL	22.1	8.2	56	62.5	1060	608	421.1	251.2	13.0	0.98	0.21	230.0
MAYO	23.9	8.3	0	30.3	830	584	261.1	316.2	0.2	2.41	0.27	930.0
JUNIO	23.5	8.5	32	30.3	940	558	102.4	255.4	13.2	0.53	0.03	30.0
JULIO	21.0	8.0	56	24.3	1020	560	321.6	221.9	13.9	8.53	0.33	150.0
AGOSTO	14.1	7.5	0	12.1	830	558	102.4	221.9	0.2	0.13	0.03	30.0
SEPTIEMBRE	24.7	8.7	88	88.0	1980	1472	421.1	529.3	15.5	2.59	0.92	4,600.0

TABLA No. 10 ANALISIS FISICOQUIMICO DEL AGUA DEL CANAL APAMPILCO

MES / SEMESTRE	TEMPERATURA	pH	DQO	DBO	CONDUCTIVIDAD	SOL. DISUELTOS	DUREZA	ALCALINIDAD	POSFATOS	NITRATOS	AMONIO	COL. FECALES
UNIDADES	C	unid.	mg/l	mg/l	microhmos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100ml
JULIO	22.9	8.3	96	27.2	1970	1284	374.0	527.4	15.5	0.426	0.96	1,700.0
AGOSTO	24.4	8.5	48	19.2	1860	1284	259.0	544.4	9.7	0.752	0.27	1,300.0
SEPTIEMBRE	19.9	8.1	88	61.0	1580	1180	261.9	465.2	8.0	0.559	0.51	4,300.0
OCTUBRE	19.1	7.8	128	42.0	1450	968	201.4	440.0	11.6	0.452	0.36	24,000.0
NOVIEMBRE	16.7	7.9	72	64.0	1370	926	207.2	212.6	11.6	0.253	0.33	240.0
ENERO	14.4	8.8	64	18.2	1260	840	359.2	341.6	11.9	0.0	0.30	930.0
FEBRERO	17.4	7.7	72	91.0	1200	788	342.9	375.8	3.0	0.253	0.18	2,400.0
MARZO	21.2	8.1	0	36.4	1030	686	195.9	282.8	15.5	2.520	0.27	2,400.0
ABRIL	20.8	8.1	48	37.5	990	560	345.3	225.1	13.2	2.590	0.27	2,300.0
MAYO	22.8	8.2	0	18.0	820	556	328.4	298.6	13.5	2.060	0.30	9,300.0
JUNIO	23.7	8.5	32	30.3	950	570	138.6	357.7	13.9	2.060	0.09	2,400.0
JULIO	20.0	7.5	40	30.3	1080	580	266.7	255.5	0.7	0.665	0.30	2,400.0
SEMIESTRO	14.4	7.5	0	18.0	820	556	138.6	212.6	0.7	0.0	0.09	240.0
ANUAL	24.4	8.5	128	91.0	1970	1284	374.0	544.4	15.5	2.590	0.96	24,000.0

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VIII. BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, H.N. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de México. Memorias del panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. Costa Rica. ppA61-A64.
- AGUILERA, H.N. y CERVANTES, B.J. 1987. Edafología. Atlas de la Ciudad de México. Departamento del Distrito Federal. México. 26-29.
- AGUILERA, H.N. y FUENTES, E.C. 1951. Estudios fisicoquímicos y electromicroscópicos de la fracción de arcilla de los micrones de algunos suelos de Xochimilco. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo 12. 101-118.
- ALTAMIRANO, M.J. 1988. Contaminación de los canales y lago de Xochimilco. Reporte Final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México. 160 pp.
- ALLISON, L.E., BROWN, J.W., HAYWARD, H.E., RICHARDS, L.A., BERNSTEIN, L., FIREMAN, M., PEARSON, G.A., WILCOX, L.V., BOWER, C.A., HATCHER, J.T., REEVE, R.C. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. Manual de Agricultura No. 60. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. 171pp.
- A.P.H.A. 1975. Standard Methods for Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes. 12a. Ed. Am. Public. Health Assoc. Inc. New York. 405 pp.
- BAEZ, P.A. y BELMONT, R. 1971. Algunos aspectos del deterioro del agua en los canales del lago de Xochimilco. Memoria 1970-1971. Comité Nacional para el Decenio Hidrológico Internacional. Inst. de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 14 pp.
- BAEZ, P.A. y BELMONT, R. 1975. Modificación de la calidad de las aguas del lago de Xochimilco por el uso de aguas negras en su recarga. Primer Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Madrid, España. 1055-1067.
- BALANZARIO, Z.J. 1982. Contaminación de los canales de Xochimilco y su repercusión en las actividades económicas. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. TCXXX. 247-284.
- BASTIDA, A. y MACIEL, I. 1986. Estudio físico y económico-social de Xochimilco. Tesis Maestría en Ciencias. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 120pp.
- BURDON, L.K. y WILLIAMS, P.R. 1985. Microbiología. Publicaciones Cultural. México. 830 pp.

- CALDERON, B.J. 1990. Calidad del agua y problemas por el uso de aguas residuales. Informe Interno. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Calidad del Agua. 20 pp.
- CANNON, J.P. 1957. La influencia de la geomorfología sobre la hidrología y las condiciones del suelo en la cuenca Chalco-Tlahuac. Tesis Doctor en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 109 pp.
- CANTARELL, A. 1987. Cuando bramó la tierra. Inicio de una cultura mesoamericana. Información Científica y tecnológica. 9(125):51-53.
- CARDENAS, A.F. CORTEZ, G.A., CRUZ, H.F. 1989. Alteración ecológica de la zona lacustre Xochimilco. Informe Final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. 1-23.
- COE, D.M. 1964. The chinampas of México. Scientific American. 260:90-96.
- COLE, G.A. 1978. Textbook of Limnology. Mosby Saint Louis. 283 pp.
- DE LA LANZA, E.G. y ARREDONDO, F.J. Comps. 1990. La acuicultura en México. De los conceptos a la producción. Inst. de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 316 pp.
- DETENAL. 1978. Carta Geológica. E14-A39. Ciudad de México. Escala 1: 250 000.
- DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA. 1993. Informe de plantas de tratamiento. Subdirección de Potabilización, Tratamiento y reúso. 30 pp.
- FEIGIN, A. 1986. The soil situation in the Xochimilco-Tlahuac chinampas and possibilities for rehabilitation and preservation. Preliminary report to FAO. México City. 27pp.
- GARCIA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246pp.
- GARCIA, G.I.E. 1954. Estudio geográfico de la Delegación de Tlahuac. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. 76pp.
- GONZALEZ, M.A., ACOSTA, S.G., DUFFING, E., GOMEZ-FARIAS, G.V., ORTIZ, M.E.A. 1990. Plan para la regeneración ecológica y el desarrollo regional de la Cuenca Hidrológica de Xochimilco. Grupo de Estudios ambientales A.C. México. 123pp.
- GWYNETH, F. E. and RODGERS, D.W. 1983. Ambient pH and calcium concentration as modifiers of growth and calcium dynamics of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41. 1774-1780.

- IBÁÑEZ, H.A. 1993. Efecto de algunos mejoradores biológicos nuevos en suelos de chinampas de Tlahuac D.F., con problemas de sodicidad y salinidad en un cultivo de Spinaca oleracea L. variedad híbrido cascade. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 94pp.
- I.N.E.G.I. 1992a. Cuaderno de Información Básica Delegacional. Delegación Tlahuac. México. 50pp.
- I.N.E.G.I. 1992b. Cuaderno de Información Básica Delegacional. Delegación Xochimilco. México. 50pp.
- INFOVET. 1992. Plan de rescate ecológico de Xochimilco. Publicación mensual de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Vol.1. No.2. 6-7.
- JAMES, A. 1986. Report in sanitary aspects of water quality in Xochimilco-Tlahuac. FAO. México. 18pp.
- JIMENEZ, N.L. 1952. Análisis químico y bacteriológico de las aguas de riego de Xochimilco, D.F.. Tesis Profesional. IPN. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 57 pp.
- KEMMER, F.N. 1989. Manual del Agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo I. Ed. Mc Graw-Hill. 120pp.
- LIKENS, E.G. y BORNAN, H.F. 1974. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. Bioscience. 24(8): 447-456.
- LOPEZ, R.G.F. 1988. Sistema agrícola de chinampas. Perspectiva Agroecológica. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 109 pp.
- LOPEZ, V.F. 1975. Estudio de la calidad del agua del lago de Xochimilco para fines de irrigación y recreacionales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Univ. Veracruzana. 50pp.
- LOT, H. y QUIROZ, F.A. 1979. La chinampa: un sistema agrícola que utiliza plantas acuáticas. J. Acuatic. Plant. Manage. 17-23.
- LUNA, R.T. 1989. Determinación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del lago de Xochimilco como posible habitat de Cyprinus carpio rubrofuscus. Reporte Final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- MANUAL TECNICO PARA EL USO, APROVECHAMIENTO Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN RIEGO AGRICOLA. 1990. Comisión Nacional del Agua. Documento Interno.
- MONCADA, M.J.O. 1976. El uso del suelo en el sureste del D.F.. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. 65pp.

- MOOSER, F. 1963. La cuenca lacustre del Valle de México. Memorias Mesas Redondas sobre Problemas del Valle de México. Inst. Mexicano de Recursos Naturales Renovables A.C., México. 3-4B.
- MURGEL, B.S. 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 149 pp.
- MYLINSKI, E. and W. GINSBURG. 1977. Macroinvertebrates as indicators of pollution. J. Am. Wat. Wks. Ass. 69:538-544.
- NOVELO, R.A. y GALLEGOS, M.M. 1988. Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. Biótica. 13(2):121-129.
- PLAN HIDRAULICO (TLAHUAC). 1988a. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
- PLAN HIDRAULICO (XOCHIMILCO). 1988b. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
- QUIROZ, F.A. y MIRANDA, A.G. 1984. Determinación del aporte total de nitrógeno y fosforo al sedimento en los canales de Mixquic, por la comunidad de Lemnaceas. Biótica. 9(4):429-432.
- RIZET, M. 1981. Eutrophication, accelerated by pollution. The Journal of the international water. Supply Association. AQUA. No.5:13-15.
- ROJAS, R.T. 1984. La tecnología indígena de construcción de chinampas en la Cuenca de México. Rev. Civilización. 2:13-48.
- S.E.D.U.E. 1987. Manual de técnicas de muestreo para agua y aguas residuales. México. 90pp.
- SOKAL, R.R. y JAMES, R.F. 1969. Biometria. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Blume. México. 200pp.
- TEBBUTT, T.H. 1990. Fundamentos de control de la calidad del agua. 1ra. ed. Editorial Limusa. México. 239 pp.
- TESORERIA DEL DISTRITO FEDERAL 1985a. Carta Urbana. Mixquic. E14B41-11. Esc. 1:10 000.
- TESORERIA DEL DISTRITO FEDERAL 1985b. Carta Urbana. San Pedro Tlahuac. E14A39-56. Esc. 1:10 000.
- TESORERIA DEL DISTRITO FEDERAL 1985c. Carta Urbana. Xochimilco. E14A39-55. Esc. 1:10 000.

WETZEL, G.R. 1975. Limnology. Saunders College Publishing,
Philadelphia. 743 pp.

WYBAN, J.A., LEE, C.S., SATO, V.T., SWEENEY, J.N. 1987. Effect of
stocking density on shrimp growth rates in manure
fertilized pond. Aquaculture. 61:23-32.