
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



"ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA
DEL RIO DUERO".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A N

FERMIN SANCHEZ TAPIA

JOSE GPE. RIVERA ALMENDARIZ

GABRIEL GUSTAVO ONTIVEROS OROZCO

EDUARDO GARCIA CAMARENA

GUADALAJARA, JALISCO.

1992



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRICULTURA

Sección: ESCOLARIDAD

Expediente.....

Número 0852/92

09 de Octubre de 1992.

C. PROFESORES:

ING. GREGORIO NIEVES HERNANDEZ, DIRECTOR
ING. JOSE MA. AVALA RAMIREZ, ASESOR
M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO DUERO."

presentado por los PASANTE (ES) FERMIN SANCHEZ TAPIA, JOSE GPE.
RIVERA AEMENDARIZ, GABRIEL GUSTAVO ONTIVEROS OROZCO, Y ---
EDUARDO GARCIA CAMARENA

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su -- Dictamen de la revisión de la mencionada Tesis. Entren tanto,, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE
" PIENSA Y TRABAJA "
" AÑO DEL BICENTENARIO "
EL SECRETARIO


M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

rer'



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD
Expediente
Número 0852/92

09 de Octubre de 1992.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

FERMIN SANCHEZ TAPIA, JOSE GPE. RIVERA ALMENDARI,
GABRIEL GUSTAVO ONTIVEROS OROZCO Y EDUARDO GARCIA CAMARENA

titulada:

" ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO DUERO."

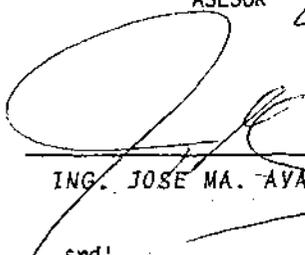
Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR


ING. GREGORIO NIEVES HERNANDEZ

ASESOR

ASESOR


ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ


M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

srd'

nyr

Al contestar este oficio citese fecha y número

Agradecemos de manera infinita a todas las personas
que en el momento que necesitamos de su valiosa ayuda
no dudaron ni un momento en darnos todo su apoyo.

Muchas Gracias

INDICE

	Pág.
RESUMEN.	I
I INTRODUCCION.	1
II ANTECEDENTES.	3
III PROBLEMATICA Y JUSTIFICACION.	7
IV OBJETIVOS	8
V MARCO DE REFERENCIA GEOGRAFICO Y SOCIOECONOMICO	9
5.1 Localización.	9
5.2 Orografía	11
5.3 Geología.	11
5.4 Clima	13
5.5 Hidrología Superficial.	15
5.6 Hidrología Subterránea.	17
5.7 Suelos.	21
5.8 Vegetación.	21
5.9 Fauna	24
5.10 Infraestructura Hidráulica.	24
5.11 Fuentes de Contaminación.	27
a) Municipales.	27
b) Pecuarias.	28
c) Industrias y servicios	28
5.12 Usos del Agua	29
a) Usos actuales.	29
b) Usos potenciales	31
5.13 Calidad del Agua.	32
5.14 Desarrollo Demográfico, Industrial y Agropecuario	34
a) Población.	34
b) Turismo.	37
c) Comunicaciones	37
d) Servicios.	38
VI MATERIALES Y METODOS.	41
6.1 Período de Estudio y Cronograma de Actividades.	41
6.2 Recopilación y Procesamiento de Información General	41
6.3 Recorocimiento y Delimitación del Area de Estudio	42
6.4 Estudio Socioeconómico.	44
6.5 Identificación de Fuentes Contaminantes	44
6.6 Selección de la Red de Muestreo y Parámetros de Medi- ción.	45

	Pág.
6.6.1 red de muestreo.	45
6.6.2 selección de parámetros de medición.	48
VII RESULTADOS	50
- Capacidad de Asimilación y Dilución del Río Duero.	58
- Evaluación	66
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
- Conclusiones	84
- Recomendaciones.	86
IX BIBLIOGRAFIA	88

RESUMEN

El Río Duero es el último afluente importante del Río -- Lerma, en él se encuentran enclavados importantes centros poblacionales del Estado de Michoacán, como Jacona de Plancarte y Zamora de Hidalgo, concentrando las más destacadas actividades industriales y de servicios.

Asimismo, se ubican importantes zonas agrícolas con una relevante actividad pecuaria.

Los principales usos que se hacen de la corriente del -- mencionado Río son: uso doméstico en los poblados de Carapan, Tacuro, Ichán, Huancito, Acachuén y Tanaquillo, todos ellos -- al inicio de la corriente; para generación de energía hidro-- eléctrica en el poblado El Platanal y aguas abajo del Lago de Camécuaro y posteriormente en todo su recorrido faltante, es -- utilizado para el riego agrícola.

Basándonos en las condiciones topográficas de la zona y -- en la infraestructura hidroagrícola, se tiene la particulari-- dad de que los canales de distribución funcionan en algunos -- tramos como drenes y el propio Río Duero funciona como abaste-- cedor y como dren receptor, tanto de las aguas residuales de -- Jacona y Zamora, como de las aguas de retorno agrícola de la -- zona de riego, adquiriendo características preocupantes para --

determinados cultivos, tales como la fresa, siendo uno de los principales productos que se cultivan en la zona.

Esta preocupación transmitida a las autoridades locales, estatales y federales, nos motivó a la realización de este trabajo, encaminándonos a conocer en forma más detallada y que tan importante podría ser este problema, en lo que se refiere a la calidad del agua en espacio y tiempo, a fin de tomar medidas específicas para evitar la contaminación y optimizar el aprovechamiento de dichas aguas.

1. INTRODUCCION

La Cuenca del Río Duero tiene una extensión aproximada de 2690 km² y en ella se encuentran ubicados un gran número de localidades entre las cuales destacan Zamora, Jacona, Purépero, Tangancicuaro y Tlazazalca, tanto por su población - como por ser las que concentran las principales actividades - comerciales, industriales, pecuarias y de servicio.

También se ubican en ella importantes zonas agrícolas - comprendidas por el Distrito de Desarrollo Rural Integral - No. 088 Zamora, sobresaliendo el Valle de Zamora por su alta producción de fresa y hortalizas destinadas a los mercados - extranjeros.

Todo ello significa fuertes demandas de agua y, a la - vez, crecientes volúmenes de aguas residuales y aguas de retorno agrícola que se vierten sin tratamiento alguno a diferentes cuerpos de agua afluentes del Duero, o bien, se infiltran en el subsuelo, ocasionando una seria degradación del - recurso hidráulico que de esta forma ve limitados sus usos - actuales y potenciales y ocasiona afecciones a suelos y cultivos.

Esta problemática motivó que desde 1988 la actual Comisión Nacional del Agua, a través de la Unidad de Calidad del Agua en Michoacán, iniciara la realización del presente Estu

dio de Calidad del Agua en la Cuenca del Río Duero, encaminado a conocer con precisión el estado actual de recurso, su - evolución en espacio y tiempo y las circunstancias que inciden en su variación.

II. ANTECEDENTES

El Río Duero es el último afluente importante del Río Lerma. A principios del siglo descargaba directamente en el Lago de Chapala, pero la realización de infraestructura hidroagrícola lo condujeron a desembocar en la margen izquierda del Río Lerma, cerca del poblado de Ibarra localizado a 17 km, aproximadamente, aguas arriba de la confluencia del Lerma en el Lago.

Su cuenca es de forma irregular, alargada y con una orientación SE-NW. Su extensión de aproximadamente 2690 km² comprende total o parcialmente los municipios de Briseñas, Chavinda, Chilchota, Ixtlán, Jacona, Purépero, Tangamandapio, Tangancicuaro, Tlazazalca, Vista Hermosa y Zamora todos ellos del Estado de Michoacán.

En ella se encuentran enclavados importantes centros poblacionales como Jacona de Plancarte y Zamora de Hidalgo, que a su vez concentran las más destacadas actividades industriales y de servicios.

Asimismo, se ubican importantes zonas agrícolas con una relevante actividad pecuaria, bajo el asesoramiento y dirección técnica de los Distritos de Desarrollo Rural Integral No. 088 y 089 (Zamora y Sahuayo, respectivamente).

Cuenta con magníficas condiciones en comunicaciones terrestres a través de las carreteras federales No. 15, 37 y - 110; y el ramal Yurécuaro-Zamora del Ferrocarril del Pacífico. Así como por una red interna de carreteras estatales, terracerías y brechas que comunican fácilmente a todas las localidades de la zona.

En cuanto a comunicaciones aéreas, existe el Aeropuerto de Zamora, Mich., todo lo cual viene a favorecer a la importante afluencia turística motivada por numerosos atractivos naturales y las costumbres tradicionalistas de algunos poblados.

Los principales usos que se hacen de la corriente en sus 37 kms aproximados de desarrollo son: uso doméstico en los poblados de Carapan, Tacuro, Ichán, Huancito, Acachuén y Tanaquillo, todos ellos al inicio de la corriente; para generación de energía en la Hidroeléctrica El Platanal en el poblado del mismo nombre y aguas abajo del Lago de Camécuaro y posteriormente, en todo su recorrido faltante es utilizado intensamente para el riego agrícola.

Los primeros estudios realizados sobre la corriente o afluentes, fueron las mediciones hidrométricas en las estaciones que se citan en el Cuadro 1.

Por otra parte, a partir del año de 1978 se establecieron dos estaciones de monitoreo de la calidad del agua "La Estanzuela" y "Barraje de Ibarra" sobre el Río Duero, habiéndose suspendido la última a partir del mes de agosto de 1981.

CUADRO 1. ESTACIONES HIDROMETRICAS EN LA ZONA

ESTACION	CORRIENTE	PERIODO DE OBSERVACION	INFORMACION ADICIONAL
Estación Urepetiro	Río Tlazazalca	1943-1960	
Estación Camécuaro	Río Duero	1943-1988	Datos de Acarreo
Estación El Platanal	Desfogue Hidro-eléctrica	1938-1942	
Canal Principal	Der. Río Duero	1948-1988	
Estación Chaparaco	Canal El Calvario	1945-1988	
Estación Jacona	Río Celio	1942-1988	Datos de Acarreo
Estación Orandino	Canal La Estancia	1948-1988	
Estación La Estanzuela	Río Duero	1936-1988	Sólidos en Susp.

Fuente: Boletín Hidrológico No. 51.- SARH

Además existe el Estudio de la Calidad del Agua en las Cuencas de los Ríos Angulo y Duero, realizado en 1984 por la Dirección General de prevención y Ecología.

III. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACION

Dadas las condiciones topográficas de la zona, la infraestructura hidroagrícola existente tiene la particularidad de que los canales de distribución funcionan en algunos tramos como drenes y viceversa, y el propio Río Duero funciona como abastecedor y como dren receptor, tanto de las aguas residuales de algunas poblaciones como Jacona y Zamora -principalmente-; así como de las aguas de retorno agrícola de la zona de riego, adquiriendo características complejas preocupantes para determinados cultivos, tales como la fresa cuya exportación hace temer dificultades sanitarias con el vecino país del Norte que resultarían perjudiciales para los agricultores de la zona.

Esta preocupación transmitida a las autoridades locales, estatales y federales, motivó la realización del presente estudio, encaminado a conocer la evolución de la calidad del agua en espacio y tiempo, a fin de determinar medidas que eviten su contaminación y optimicen su aprovechamiento.

IV. OBJETIVOS

- El objetivo fundamental de estudio consistió en determinar cualitativa y cuantitativamente las características físicas, químicas y bacteriológicas del recurso en general y la capacidad de asimilación y dilución de la corriente principal de la Cuenca, para definir en función de las condiciones socioeconómicas de la Zona, las medidas idóneas para mantener una calidad del agua, acorde a las necesidades actuales y futuras de la Región.

V. MARCO DE REFERENCIA GEOGRAFICO Y SOCIOECONOMICO

5.1 Localización

La Cuenca del Río Duero se localiza en la parte Centro-Occidental de la República Mexicana, en la Zona Nor-Poniente del Estado de Michoacán, limitando en su extremo NW con el Estado de Jalisco.

Geográficamente se localiza entre los 19° y $20^{\circ}19'$ de latitud Norte y los $101^{\circ}55'$ y $102^{\circ}48'$ de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, quedando en toda su extensión dentro del Estado de Michoacán.

Hidrográficamente está enclavada en la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, dentro de la Cuenca 12-3 Lerma-Chapala, conformada por las subcuencas Briseñas-Chapala (1), al Oeste; Río Huascato (2) y Río Angulo Briseñas (3), al Norte; Río Angulo (4) al Oriente, y Río Duero (5) (Figura 1).

También limita al Oeste con la subcuenca Río Sahuayo (5) de la Cuenca Lago de Chapala (12-4) y al Sur con la subcuenca Cerrada-Paracho-Nahuatzen (1), perteneciente a la Cuenca Tepalcatepec-Infiernillo (18-7) y también con la subcuenca Río Itzicuaró (2) de la Cuenca Río Tepalcatepec (18-6); todo ello dentro de la Región Hidrológica No. 18 Río Balsas (Figura 1).

5.2 Orografía

Por el Este, el Noreste y el Norte está la Cuenca configurada por una línea irregular que arranca del Cerro de La Virgen y sigue rumbo al Norte, incluyendo los cerros de El Tecolote y De Enmedio. Después, esta línea se desvía hasta el NW y todavía hay a lo largo de ellas las eminencias Jemanducuario (2,200 msnm), El Fraile (2,250 msnm), Cerro Blanco (2,000 msnm), Ecuandureo (2,250 msnm), Cerro del Encinal (2,000 msnm) y Cerro de Las Trompetas (2,150 msnm). Por el Sur y el SW destaca el parteaguas general del Lerma.

5.3 Geología

La Cuenca del Duero se origina en la parte del Eje Volcánico, comprendido entre los cerros de La Loma hasta el Cerro Patamban. Se encuentra ubicada en una provincia ecológica donde la actividad tectónica del Terciario Superior dislocó fuertemente el basamento regional, conformado por rocas ígneas extrusivas de naturaleza andesítica, dando origen a la formación de las fosas tectónicas de Chavinda, Zamora, Tangarcicuaro e Ixtlán, formadas por una serie de bloques escalonados de rumbo Este-Oeste.

Fallamientos secundarios de dirección Norte-Sur y Noreste-Suroeste dislocaron los bloques principales reconstruyendo la topografía a base de numerosas fosas y pilares tectónicos de muy marcado relieve y complejo arreglo estructural. Simultáneo a ello ocurrieron ciclos alternados de vulcanismo, ero-

si3n y dep3sito que iniciaron el relleno de las fosas tect3nicas sobre extensos cuerpos de agua que se acumularon al - obstruirse el drenaje hacia el Océano Pacífico.

El relleno de estas fosas está constituido, principal-- mente, por rocas volcánicas y sedimentos lacustres del Ter-- ciario Inferior, como derrames, colados, aglomerados, piro-- clásticos y tobas, de composición basáltica y basalto-andesí tica, con sedimentos lacustres intercalados.

En menor proporción, los rellenos fueron a base de piro clásticos y depósitos aluviales y fluviales del Cuaternario, como derrames, brechas, aglomerados y cenizas de composición basáltica localizadas en las porciones Sur y Oriente del - - área; esta última etapa del vulcanismo propició nuevos asentamientos en la Región, provocando fallas en los frentes de basalto cuaternario en los bordes de las fosas tectónicas de Zamora y Tangancicuaro, donde subyacen depósitos arcillo-limosos y piroclásticos, respectivamente.

Los depósitos aluviales del Cuaternario agrupan a los - sedimentos fluviales y a los aluviales propiamente dicho. - Los fluviales o de pie de monte, compuestos por fragmentos - gruesos y peñascos, afloran en los bordes de los valles; los aluviales, formados por gravas, arenas, limos y arcillas, se encuentran expuestos en las planicies y cauces de ríos y - - arroyos, predominando los materiales finos en las áreas planas y las gravas y arenas en los cauces.

5.4 Clima

Existen en la Cuenca un total de nueve estaciones climatológicas, de las cuales -según su ubicación- se seleccionaron las de Camécuaro, Chaparaco, Urepetiro, Zamora y La Estanzuela, a fin de obtener información representativa de toda el área.

De los registros de dichas estaciones durante un período de 10 años (1977-1986), se han obtenido los valores promedio de las temperaturas máxima, media y mínima (medias anuales), que se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2. VALORES PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES EN EL PERÍODO 1977-1986

ESTACION	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C
Camécuaro	30.0	6.0	18.3
Chaparaco	31.0	8.7	20.0
Urepetiro	29.0	5.6	17.5
Zamora	33.1	10.1	21.0
La Estanzuela	31.5	7.9	19.8

Fuente: Unidad de Aguas Superficiales.- ACSH-SARH

Aún cuando los valores menores se registraron en la Estación Urepetiro y los mayores en la Estación Zamora, puede decirse que el comportamiento de la temperatura es más o menos uniforme en toda la Zona.

En general, los meses más calurosos fueron abril, mayo y junio; mientras que los más fríos fueron diciembre y enero. La mayor temperatura mensual fue de 36.7⁰C, registrada por la Estación Zamora, en tanto que la mínima mensual más baja fue de -2⁰C y correspondió a la Estación Urepetiro.

De igual manera y para el mismo período, se han obtenido los valores promedio de la precipitación y evaporación medias anuales registradas en las mismas estaciones, las cuales se presentan en el Cuadro 3 en donde puede apreciarse que, salvo en la Estación Camécuaro, las precipitaciones son bastante uniformes.

CUADRO 3. VALORES PROMEDIO DE LA PRECIPITACION Y EVAPORACION MEDIAS ANUALES EN EL PERIODO 1977-1986

ESTACION	PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm.	EVAPORACION MEDIA ANUAL EN mm.
Camécuarc	912.2	1703.9
Chaparaco	816.7	1862.4
Urepetiro	847.3	2001.8
Zamora	841.6	1957.6
La Estanzuela	811.1	1866.1

Fuente: Unidad de Aguas Superficiales.- ACSH-SARH

Del análisis de la información se puede apreciar que la temporada de lluvias se presenta en los meses de junio a septiembre y que los meses más secos son febrero y marzo.

En cuanto a las evaporaciones, se aprecia que rebasan -

ampliamente a las precipitaciones, siendo notorio que el margen de diferencia se amplía hacia las zonas media y baja de la Cuenca.

Por lo anterior y de acuerdo con la clasificación climática de W. Köppen, el clima en la Zona se clasifica como CWag, templado con lluvias en verano, con temperatura media del mes más cálido superior a 22°C y temperatura de cuatro meses, o más, mayor a 10°C ocurriendo la máxima antes del Solsticio de Verano.

5.5 Hidrología Superficial

La corriente principal de la Zona de estudio es el Río Duero que tiene su origen en los manantiales de Carapan de donde, con una dirección SE-NW que luego cambia a W pasa por los poblados de Tacuro, Huancito, Santo Tomás, Acachuén, Chilchota, Etúcuaro y Los Nogales, recibiendo la aportación de numerosos manantiales que fluyen a la cañada conocida como de Los Once Pueblos. En este primer tramo la corriente es conocida como Río Chilchota.

Aproximadamente a 3 kms al NE de Tangancicuaro de Arista se le une por la margen izquierda el arroyo El Pejo y a 1 km abajo, también por la margen izquierda, recibe las aguas del Canal El Tajo, que se origina por los manantiales de Cupatziro y el Río Santuario; que además de aguas de retorno agrícola, trae consigo las aguas residuales de la población de Tangancicuaro, y a 0.5 km abajo de esta aporta-

ción se le incorpora por la margen derecha el Río Tlazazalca o Urepetiro, siendo a partir de esta unión que se le denomina Río Duero.

Un kilómetro abajo, tiene una aportación muy importante por la margen izquierda, constituida por los desagües - del Lago de Camécuaro, situado a menos de 1 km del Duero. Casi en este mismo lugar se ubica la derivadora El Platanal de donde a través del Canal La Planta, se derivan volúmenes importantes que se utilizan para la generación de energía - en la Planta Hidroeléctrica El Platanal, y unos 200 mts abajo se derivan aguas para riego a través del Canal Santiaguillo.

En el Km 29, a la altura del poblado El Platanal, una vez que se han retornado las aguas utilizadas por la hidroeléctrica, el río se represa para derivar los canales El - Principal por la margen derecha y El Tamandaro por la mar--gen izquierda, ambos para uso agrícola.

A 2.7 km al SW de la Ciudad de Zamora, recibe al último afluente izquierdo importante que es el Río Celio o Jacona, que recién acaba de cruzar a la localidad de Jacona a - Plancarte. Aguas abajo de esta unión se ubica la derivación a través del Canal Nuevo Zamora o Dren "A", que a la vez - funciona como distribuidor de agua de riego y como colector directo o indirecto de las aguas residuales de Zamora y de varios drenes que cruzan a la Ciudad.

A esta altura, la corriente se encuentra en la zona de

máximo aprovechamiento donde mediante represas se derivan - los canales El Guerreño, Santa Cruz, Higuerrillas, La Hachera y Las Islas, para satisfacer la intensa actividad agrícola - del Valle de Zamora y, posteriormente, recibe las aguas resi-
duales de Ario de Rayón.

Aguas abajo, cerca de los poblados de San Simón y La Es-
tanzuela, se incorporan los drenes "A" y Chavinda, con impor-
tantes volúmenes de agua de retorno agrícola.

Cerca de los poblados de San Cristobal y El Capulín, - los sistemas de bombeo San Cristobal y Ballesteros desfogan- a la corriente principal de los excedentes freáticos, a fin- de mantener el nivel en La Ciénega de Chapala.

Finalmente, tras un desarrollo de 78 km, El Duero es em-
balsamado en sus últimos 20 kms en la Presa Barraje de Iba--
rra, cuya compuerta de agujas constituye la desembocadura - del Duero en el Lerma 18 kms aguas abajo de La Barca, Jal., - y a 17 kms aguas arriba de la descarga del Lerma en el Lago- de Chapala.

El volumen medio de descarga del Río Duero es de 265.3- millones de m^3 , distribuidos en forma irregular durante el - año, llegando a tener gastos de $60 m^3/seg.$ en época de llu-
vias y de sólo $4 m^3/seg.$ durante el estiaje.

5.6 Hidrología Subterránea

La estructura geológica condiciona el sentido en que se

mueve el agua subterránea de los dos sistemas acuíferos identificados en la Zona: uno en sedimentos granulares y el otro en rocas basálticas y basalto andosíticas.

Los primeros se ubican en el subsuelo de los valles y en afloramientos ubicados en las laderas de los mismos, hacia la porción Sur del área, presentando en general, valores bajos de transmisibilidad. La recarga proviene de los basaltos del Cuaternario y Terciario en las laderas Sur de los valles de Tangancicuaro, Zamora y Chavinda, y en la porción Oriente de los valles de Guadalupe, Tangancicuaro y Zamora; otra parte de la recarga proviene del agua de lluvia precipitada en las laderas; y, finalmente, una mínima porción la constituyen las aguas de retorno agrícola. La descarga es a través del drenado natural hacia el Duero; por la evaporación en zonas con niveles freáticos someros como ocurre en los valles de Tangancicuaro y Guadalupe, en la porción SE del Valle de Zamora, y también en las inmediaciones del Río Chilchota. Finalmente, otra forma de descarga la constituyen las extracciones a través de pozos y norias cuyo número es más significativo en los valles de Guadalupe y Zamora.

En cuanto al acuífero en rocas basálticas y basáltica-andesítica, la zona de recarga es la Meseta Tarasca que abarca las porciones Sur y Oriente del área. La descarga es a través de numerosos e importantes manantiales que fluyen hacia los ríos Chilchota y Duero, así como también por la transferencia a los lacustres de zonas de fallas y a los ba-

saltos de la porción media, inclusive hacia la Ciénega de Chapala.

Los manantiales más importantes de la zona son: los de Camécuarc (2,000 l.p.s.), Chilchota (1,212 l.p.s.), Presa Verduzco (1,183 l.p.s.), Junguarán (463 l.p.s.), Guarío (438 l.p.s.), Cupátziro (424 l.p.s.), Cuinio El Grande (347 l.p.s.), Orandino (323 l.p.s.) Irán-Aricho (258 l.p.s.) y Ostácuaro (219 l.p.s.). Todos ellos localizados en las porciones Sur y Oriente del área, estimándose que el caudal total de estos manantiales representa más del 75% del potencial hidráulico de los acuíferos basálticos.

El flujo proveniente de la Meseta Tarasca hacia los valles es de Sur a Norte y de Oriente a Poniente. Una parte de este flujo se infiltra antes de llegar a los valles; otra parte aflora a través de los manantiales enunciados y otra parte más alimenta a los materiales volcánicos ubicados en el subsuelo del Valle de Tangancicuaro y en la parte Sur de Zamora y Chavinda, dando lugar a acuíferos de alta capacidad.

En general, los niveles estáticos se encuentran a profundidades que varían de 1 a 40 mts. En la mayor parte del Valle de Zamora se encuentra entre 1 a 5 m; en el Valle de Chavinda está entre 20 y 40 mts; en los valles de Tangancicuaro y Guadalupe entre 1 y 25 m; en el Valle de Purépero está entre 5 y 25 mts.

Por otra parte, la zona de estudio se ubica dentro de

una provincia geotérmica donde se presentan manifestaciones termales, tanto en manantiales como en forma de geisers; se atribuyen a la presencia de cámaras magmáticas a poca profundidad, disipando calor e incrementando la temperatura del agua que circula en ellas.

En el Valle de Zamora se encontró agua termal en sus flancos, con temperaturas entre 23 y 30°C; en el Valle de Chavinda se encontraron temperaturas de 28°C en seis pozos muestreados y en Ixtlán de los Hervores se encuentra un foco geotérmico donde se tiene un conjunto de manantiales termales "geisers" con liberación de calor. Su temperatura es de 95°C y brotan alrededor de 100 l.p.s., formando depósitos de geiserita y otras sales.

El balance de agua subterránea aplicado al acuífero en relleno indica que la recarga y descarga se encuentra prácticamente balanceada, correspondiendo ambas a un volumen aproximado de 50 millones de m³/año; no obstante la gran cantidad de aprovechamientos, mediante norias y pozos para los usos agrícola, doméstico e industrial.

Solamente en el Valle de Chavinda, donde el volumen de los aprovechamientos es de los más bajos, se presenta un incipiente cono de abatimiento que, según se infiere, no es debido solamente a la explotación existente sino también a descargas subterráneas hacia la Ciénega de Chapala a través de las fallas geológicas existentes.

Finalmente, tanto los acuíferos en relleno, presentan -

una buena calidad para los usos doméstico, agrícola e industrial.

5.7 Suelos

En un 70% del área de la Cuenca predomina el tipo de suelos Chernozem o Negro y el 30% restante corresponde a los Podzólicos, localizándose estos últimos en la porción Sureste. Son suelos en general planos, de textura arcillosa y estructura prismática, profundos y de permeabilidad lenta.

Se han originado principalmente de material ígneo extrusivo, constituido por derrames lávicos y material piroclástico de tipo basáltico fundamentalmente. El modo de formación es mixto (aluvial-lacustre), existiendo también los de formación aluvial lacustre, in situ y aluviales. Aproximadamente la cuarta parte del área presenta diversos grados de sodicidad y menormente de salinidad que aunado a los mantos freáticos elevados en ciertas zonas presentan ciertos problemas.

Agrológicamente se identifican ocho series de suelos y dos fases de los cuales se dan algunas características en los Cuadros 4 y 5.

5.8 Vegetación

Enormemente influenciada por la topografía de la Zona, la vegetación es variada y diversa, abundante en algunas partes y escasa y dispersa en otras. Así, por ejemplo, en las

CUADRO 4. PRINCIPALES CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS

CARACTERISTICAS	S E R I E S							
	LIMON	JIQUILPAN	TAMPACARO	TLAZAZALCA	ENTANCIA	DUERO	IXTLAN	PANTAMO
p.H.	Lic. alcalino	Lig. ácido	Lig. ácido	Alcalino	Alcalino	Acido	Alcalino	Lic. alcalino
C.I.C.	Alta	Media	Media	Elevada	Alta	Media y Alta	Alta	Alta
P.S.I.	10-20	-	-	Problemas fuertes	Problemas moderadamente fuertes	Algunos problemas	40	Pocos problemas
C.E. (unhs/cm)	2-6	-	-	Problemas fuertes	Problemas moderadamente fuertes	Algunos problemas	20	Pocos problemas

CUADRO 5. PRINCIPALES CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS

CARACTERISTICAS	S		E		R		I		E		S	
	LIMON	JIQUILPAM	TAMANDARO	TLAZAZALCA	ESTANCIA	DLERC	IXTLAN	PANTANO				
Sup. estudiada (Ha)	7,600	5,500	4,400	1,650	1,100	1,750	1,000	1,700				
Topografía (% de pendiente)	0.5 - 2	1 - 2	1 - 4	1 - 2	0 - 1	0 - 1	1 - 3	0 - 1				
Drenaje superficial	Moderado	Eficiente	Lig. rápido	Eficiente	Deficiente	Moderado	Deficiente	Deficiente				
Manto freático	90-200	80-150	200	90-140	100-170	50-200	80-170	90-160				
Textura	Arcillosa (R)	Franco-Arcillosa (Fr)	Arcillosa (R)	Arcillosa (R)	Arcillosa (R)	Arcillosa (R)	Arcillosa (R)	Franco-Arcillosa (Fr)				
Estructura	Prismática	Prismática	Prismática gruesa	-	-	Prismática	Prismática	-				

mayores altitudes existe el bosque de coníferas como en la región de Tangancicuaro; el bosque mixto de pino y encino en los municipios de Chilchota, Jacona, Purépero, Tangamandapio y Tlazazalca; bosque tropical deciduo en el mismo Tangamandapio y, en el resto de la región en las partes de menor altitud predomina la vegetación de pradera, huizache, mezquite, cardonal, nopal y matorral espinoso. El municipio de Tangancicuaro es el que presenta vegetación más abundante de bosque de coníferas (oyamel y pino) y bosque mixto (encino, aile, fresno y pino).

5.9 Fauna

De acuerdo también con la altitud, pero atendiendo más directamente a la diversidad y abundancia de la vegetación, se encuentra venado, cacomixtle, gato montés, ardilla, armadillo, mapache, zorrillo, coyote, comadreja, liebre, conejo, tlacuache; en cuanto a aves, se encuentra güilota, golondrina, torcaz, torcaz y, ya en las proximidades de Chapala, pato y garza.

5.10 Infraestructura Hidráulica

La infraestructura hidráulica existente en la zona es de diversos tipos, aunque de ningún modo puede considerarse abundante ni suficiente.

Mencionaremos en primer término la destinada para el

abastecimiento público urbano y para usos domésticos que en general se refieren a redes de distribución antiguas; la mayoría de fierro fundido con algunas inserciones de asbesto-cemento. En las poblaciones rurales, por lo general, se abastecen de fuentes superficiales, por gravedad y presentan pocas posibilidades de expansión. Salvo en las poblaciones de Zamora, Jacora y Tangancicuarc, el servicio de que se trata está medianamente integrado; sin embargo, por el crecimiento de la población existen fuertes necesidades de incrementar su eficiencia.

Existe también la ya citada Hidroeléctrica El Platanal - en el poblado del mismo nombre que deriva y aprovecha un gasto máximo de $9.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y un mínimo de $4.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$ del Río Duero, que son derivadas a través del Canal de La Planta hacia una presa reguladora donde con un desnivel de caída de 101 m. propicia la generación de la energía con un rendimiento de 1000 Kw/1000 l.p.s. El agua desfogada se reintegra inmediatamente a la corriente principal.

En cuanto a infraestructura hidroagrícola, es la más significativa y se compone principalmente de las siguientes partes, estando representada por la zona de riego Valle de Zamora.

- PRESA UREPETIRO.- Construida sobre el Río Tlazazalca para control de avenidas y ocasionalmente para derivación de auxilio en períodos de estiaje. Se localiza a los $19^{\circ}59'$ de Latitud Norte y a los $102^{\circ}18'$ de Longitud Oeste a una altu-

ra de 1754 msnm. Su capacidad máxima de almacenamiento es de 13.0 millones de m^3 con una capacidad útil de 11 millones de m^3 y 2.0 millones de m^3 para azolves, con lo cual se riega por derecho una superficie de 786 ha. del Municipio de Tlazazalca.

- PRESAS DERIVADORAS.- Tanto en el Río Celio como a todo lo largo del Duero existen un sinnúmero de derivadoras para tal fin, entre las que destacan "Las Adjuntas", "La Tarjea", "La Caramicua", "Los Ocales", "Etúcuaro 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7", "Tangancícuarc 1 y 2", "Las Yeguas", "Tarecuato 1 y 2" y "Cañada de los Once Pueblos", sumando en conjunto un volumen promedio anual derivado de 265.3 millones de m^3 .

De igual manera, como se mencionó en el apartado de Hidrología Subterránea, existe un alto número de pozos utilizados para este fin a través de la red de derivación de la zona de riego, constituida de la siguiente forma:

A. LONGITUD DE CANALES:

- REVESTIDOS:

1. PRINCIPALES: EN CONCRETO	18.1 KM.
MAMPOSTERIA	0.0 "
2. SECUNDARIOS: EN CONCRETO	21.1 "
MAMPOSTERIA	2.3 "

- SIN REVESTIR:

1. PRINCIPALES:	65.7 "
2. SECUNDARIOS (LATERALES Y RAMALES)	200.7 "

T O T A L : 307.9 "

EFICIENCIA EN CONDUCCION 40.0 %

Asimismo, la red de drenaje está compuesta como sigue:

B. LONGITUD DE DRENAJE:

1. DRENES PRINCIPALES	43.8 KM.
2. DRENES SECUNDARIOS	156.5 "
T O T A L :	200.3 "
COBERTURA	1.11 " /100 HA.
EFICIENCIA	25.0 %
CONDICIONES DE LA RED: AZOLVES Y OTROS	40.0 %

De esta forma está constituida la principal infraestructura hidráulica de la zona que, como se señaló, la hidroagrícola está representada por la Zona de Riego valle de Zamora -- del Distrito de Desarrollo Rural Integral No. 08E, Zamora.

5.11 Fuentes de Contaminación

El resultado de un inventario de descargas de aguas residuales en la zona reportó, en términos generales, lo siguiente.

a) Municipales

A continuación se mencionan algunas características de las descargas más significativas de las localidades que cuentan con sistema de alcantarillado.

LOCALIDAD	Nº DESCARGAS	GASTO TOTAL AFORADO	CUERPO RECEPTOR
Zamora de Hidalgo	5	262.5 l.p.s.	D. Agrícola
Jacona de Plancarte	3	55.0 "	"
Chilchota	1	13.0 "	R. San Pedro
Chavinda	2	11.0 "	Río Colorado

<u>LOCALIDAD</u>	<u>Nº DESCARGAS</u>	<u>GASTO TOTAL AFERADO</u>	<u>CUERPO RECEPTOR</u>
Tangancicuaro	3	19.3 l.p.s.	R. Santuario
Ten. Ario de Rayón, Mpio. de Zamora	1	4.5 "	Río Duero
Vista Hermosa	4	11.1 "	R. Las Nutrias
Purépero	3	9.0 "	Barranca S/N
Briseñas	1	2.0 "	Río Lerma
Fracc. Balcones de Jacora	1	2.2 "	D. Agrícola

b) Pecuarias

Principalmente en los municipios de Purépero y Tlazazalca se desarrolló una importante actividad porcícola, habiéndose censado un total de 65 granjas y un rastro particular de - - aves y cerdos, según se indica a continuación.

<u>MUNICIPIO</u>	<u>Nº ESTABLECI- MIENTOS</u>	<u>VOL. ANUAL ESTIMADO</u>	<u>RECEPTOR INDIRECTO</u>
Purépero	1 Rastro	600 m ³	Río Tlazazalca
	40 Granjas	11,983 "	" "
Tlazazalca	25 Granjas	7,844 "	" "

c) Industrias y servicios

Como se dijo anteriormente, estos tipos de infraestructura se concentran en los municipios de Zamora y Jacora, en los - cuales se tienen detectados un total de 63 establecimientos - que generan un volumen anual estimado de aguas residuales de- 1'551,830 m³. En el Cuadro 6 se mencionan los de mayor impor-

tancia en cuanto a su envergadura y volumen de aguas residuales, debiendo recordarse que en general, efectúan su descarga en los drenes y canales de la Zona de Riego del Distrito de Desarrollo Rural No. 088, Zamora.

Finalmente debe citarse que entre las industrias pequeñas no mencionadas, existen algunas, quizás con mayor grado contaminante pero con pequeños volúmenes de descarga; tal es el caso de un grupo de tenerías y curtidurías ubicadas en el Municipio de Zamora.

5.12 Usos del Agua

a) Usos actuales

Retomando lo que se ha venido diciendo hasta ahora, los principales usos del agua que existen actualmente en la Zona son el doméstico y servicios públicos urbanos, el agrícola y el industrial. De un inventario de manantiales y aprovechamientos subterráneos en la zona resultaron un promedio de 147 pozos, 32 norias y 71 manantiales en base a los cuales se estima que 26 millones de m^3 anuales procedentes de pozos y norias se utilizan en los usos doméstico y de servicios públicos urbanos (18 millones/año) e industrial (7 millones/año) y para el uso agrícola se estiman 275 millones de m^3 descargados por manantiales y 20 millones de m^3 procedentes de pozos.

En cuanto al uso pecuario que llega a ser importante en determinados municipios, es difícil estimar volúmenes; primero porque muchos de los establecimientos se abastecen de la

CUADRO 6. PRINCIPALES INDUSTRIAS Y SERVICIOS EN ZAMORA Y JACONA

NOMBRE	MUNICIPIO	DESC. M ³ /AÑO
Planta Congeladora "Alfredo V. Bonfil"	Jacóna	165,888
Embotelladora Agua de Michoacán, S.A. de C.V.	"	73,584
Empacadora del Celio, S.A. de C.V.	"	3,108
Fresas Jacóna, S.P.R. de R.L.	"	10,800
Empacadora Intermex, S.A. de C.V.	"	10,700
Empacadora Anáhuac, S.A. de C.V.	"	1,265
Empacadora Internacional	"	18,662
Empacadora de Poliproduetos Agrícolas, S.A.	"	662
Gumont, S.A. de C.V.	"	983
Empacadora América, S.A. de C.V.	"	795
Proveedora de Frutas, S.A. de C.V.	Zamora	94,608
Empacadora Chapala, S.A. de C.V.	"	115,632
S.P.R. de R.L. El Duero	"	157,680
Derivados de Maíz Alimenticio, S.A. de C.V.	"	144,014
Frexport, S.A.	"	165,888
S.C.P. de Frutas y Legumbres Ref., S.A.C.	"	518
Industrias Samex, S.A.	"	1,079
Industrias de Occidente	"	680
Hotel Jericó, S.A.	"	20,393
Bimto del Centro, S.A.	"	485
Conalep	"	13,100
Mayoreo Cárdenas, S.A.	"	2,920

red municipal pagando cuota fija, y, segundo, por las variaciones de la producción, debidas a la oferta y la demanda.

b) Usos potenciales

Dadas las condiciones actuales de los servicios de abastecimiento de agua potable, que como se dijo son por demás deficientes, existen demandas para incrementar los aprovechamientos para tal fin; sin embargo, sólo se tienen detectados los siguientes proyectos:

- Aprovechamiento de 5,1884 m³/día del Manantial Santo Entierro para la población de Jaccna.
- 25,900 m³/día de la Presa Sixto Verduzco, asentada en Jaccna, para la población de Zamora.
- 576 m³/día mediante un pozo profundo para la población de Briseñas de Matamoros.
- 1,800 m³/día mediante un pozo profundo ya equipado, para la población de Vista Hermosa de Negrete.

Es conveniente hacer notar que los primeros tres son sólo proyectos y, especialmente, que el segundo atraviesa actualmente por serias dificultades por el hecho de tratarse del aprovechamiento para satisfacer las necesidades de la localidad de Zamora de un cuerpo de agua ubicado en el municipio vecino, lo cual ha creado un problema político-social.

Ahora bien, para fines industriales son contados los aprovechamientos nuevos autorizados por el Comité Estatal Planificador del Agua de la Secretaría, mediante pozos pro--

fundos, y en todos ellos se trata de reposiciones o como sustitutos emergentes, lo cual en todo caso no significa incremento de los volúmenes actualmente aprovechados.

Para el uso agrícola, en cambio, se están analizando y autorizando en el citado Comité planificador del Agua un alto número de solicitudes de perforación de pozos, en atención a compromisos contraídos por el Gobierno del Estado con ejidos y pequeñas propiedades de toda la Entidad, lo cual significa que habrá sustanciales incrementos de volúmenes de agua para tal fin, mismos que a la fecha es difícil estimar.

5.13 Calidad del Agua

De acuerdo al Estudio Geohidrológico de Evaluación Censo del Estado de Michoacán realizado en 1977, por la Dirección General de Geohidrología y Zonas Áridas, la calidad de los acuíferos basálticos y su relleno es buena; con los resultados de análisis practicados en aguas de 51 pozos, 24 manantiales y 10 norias, determinándose el contenido de Ca, Mg, Na, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio y sólidos totales disueltos, concluye que químicamente el agua es buena y apropiada para uso doméstico puesto que en términos generales se ajustan a los siguientes criterios de calidad:

<u>PARAMETRO</u>	<u>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE EN PPM</u>
Magnesio	125
Cloruros	250
Sulfatos	250
Sólidos Disueltos	1,000

Asimismo, en cuanto a la calidad para riego, utilizando la clasificación de Wilcox, calculando la relación de absorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica determinada en dichas aguas, obtiene las siguientes conclusiones.

El 38% de las muestras manejadas pertenecen a la clase $C_1 - S_1$ que resultan aguas con bajo contenido, tanto en sales como de sodio y por lo tanto pueden usarse en cualquier tipo de suelo; el 42% resultó $C_2 - S_1$, o sea, aguas con baja concentración de sodio y salinidad media, apropiada para riego procurando algunos lavados periódicos del suelo; el 15% resultó clase $C_3 - S_1$, o sea, agua con alto contenido de sales y baja proporción de sodio, apropiada para riego siempre y cuando se lleven a cabo prácticas especiales para evitar la salinidad, debiendo utilizarse preferentemente en suelos arenosos; por último, el 5% restante corresponde a los tipos $C_3 - S_2$ y $C_4 - S_2$, la cual presenta contenidos altos de sales y medios de sodio, pudiendo utilizarse en riego siempre y cuando se efectúen lavados periódicos y prácticas especiales para el control de la salinidad.

Ahora bien, la calidad del agua en la corriente del Río Duero, es en sus orígenes buena para todos los usos, inclu--

yendo el de abastecimiento de agua potable con una ligera de sinfección, pero conforme se desarrolla pasa de proveedor a receptor de las aguas residuales municipales e industriales, siendo aún así aprovechado para el riego de cultivos de frutas y legumbres, propiciando una gran preocupación principalmente a los productores de fresa que se exporta a los E.U.A. y finalmente, receptor también de las aguas de retorno agrícola, lo cual viene a incrementar la complejidad de sus características.

Esto es lo que motivó la realización del presente trabajo, tanto por la preocupación de su uso y manejo en la región como por la enorme carga contaminante que descarga al Río Lerma, pocos kilómetros antes de su desembocadura en el Lago de Chapala, por lo que se realizaron las actividades diversas encaminadas a encontrar las mejores alternativas para su óptimo aprovechamiento.

5.14 Desarrollo Demográfico, Industrial y Agropecuario

Como se citó al principio, se trata de una región con una enorme actividad agrícola, industrial, pecuaria y comercial que motiva un importante movimiento poblacional que requiere a su vez de una infraestructura adecuada. A continuación se describen los principales aspectos socioeconómicos.

a) Población

De acuerdo con El Censo General de Población, la densi-

dad de población en la zona es de 739 Hab/km², existiendo una presión demográfica bastante fuerte sobre el recurso tierra. En el Cuadro 7 se dan algunas características de la población registrada por el mencionado Censo.

Como podrá observarse, la población total de la Cuenca fue de 292,897 habitantes, de los cuales el 31.16% representó a la población económicamente activa; el principal núcleo poblacional lo constituyó la zona conurbana de Zamora-Jacora con un total de 148,721 habitantes en ambos municipios, de los cuales el 78.6% se concentraron en las cabeceras municipales, siguiendo un orden decreciente los municipios de Tangancicuaro, Chilchota, Tangamandapio, Purépero, Vista Hermosa, Ixtitlán, Chavinda, Tlazazalca y Briseñas. La población femenina en la zona es solamente mayor en 2.74% que la masculina y, en general, el alfabetismo supera ampliamente al analfabetismo.

Ahora bien, la población económicamente activa en la zona está distribuida de la siguiente forma: 37.5% en el sector primario; 12.6% en el sector secundario; 20.8% en el sector terciario y un 29% en actividades no identificadas.

Un aspecto importante que destaca es el hecho de que no obstante la enorme actividad de la zona, la población económicamente inactiva supera en un 5.47% a la activa, siendo ello más notorio en orden decreciente en los municipios que se señalan con anterioridad.

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACION

MUNICIPIO Y CABECERA MUNICIPAL	POBLACION TOTAL	POB.ECONOMICAMENTE-ACTIVA	POB.E.A.EN EL SEC. -- PRIMARIO	POB.E.A.EN EL SEC. -- SECUNDARIO	POB.E.A.EN EL SEC. -- TERCIARIO.	OTROS ACTIVOS	POB.ECONOMICAMENTE-INACTIVA	POB.MASCULINA	POB.FEMENINA.
BRISEÑAS	8,497	2,542	1,227	211	260	849	2,952	4,150	4,337
BRISEÑAS DE MATAMOROS.	3,780	1,111	408	141	163	329	1,415	1,844	1,936
CHAVINDA	12,354	3,507	1,875	250	493	899	4,441	5,928	6,425
	8,099	2,042	957	200	350	535	3,345	3,857	4,232
CHILICHOYA	17,620	6,237	2,212	1,275	877	1,873	5,151	8,713	8,907
	4,341	1,335	329	261	312	433	1,586	2,001	2,340
IXTLAN	14,870	4,583	2,636	291	363	1,293	4,759	7,302	7,568
IXTLAN DE LOS HERVEDEROS.	5,289	1,741	844	191	202	504	1,741	2,605	2,683
JACONA	35,247	9,573	4,048	1,294	1,880	2,351	12,592	17,157	18,090
JACONA DE PLANCARTE.	29,955	8,147	3,186	1,201	1,714	2,085	10,793	14,510	15,445
PUREPERO	16,133	4,797	1,718	923	994	1,162	6,044	7,706	8,427
PUREPERO DE COAHUILA.	13,993	4,189	1,327	870	939	1,053	5,233	6,685	7,309
TANGAMANDAPIO	16,503	5,137	2,604	397	689	1,447	5,012	8,131	8,372
	6,814	2,035	907	248	364	516	2,279	3,326	3,488
TANGANCICUARO	30,447	10,204	4,456	1,295	1,328	3,125	9,495	14,975	15,972
TANGANCICUARO DE ARISTA.	14,433	4,159	1,603	510	863	1,163	5,148	7,085	7,348
TLAZAZALCA	11,735	3,933	2,511	118	309	995	3,677	5,747	5,989
	4,032	1,133	581	75	168	389	1,562	1,871	2,161
VISTA HERMOZA	15,527	4,356	2,056	343	556	1,481	5,811	7,575	7,952
VISTA HERMOZA DE NEGRETTE.	8,529	2,273	812	170	365	926	3,427	4,158	4,371
ZAMPORA	113,444	36,392	8,932	5,123	11,215	11,122	36,327	55,059	58,415
ZAMPORA DE HCO.	27,000	27,911	3,815	4,734	10,760	8,502	28,263	41,798	45,211

Fuente: Censo General de Población y Vivienda.-S.P.P.

b) Turismo

Existen numerosos e importantes atractivos arqueológicos, históricos y parajes naturales que motivan una significativa - afluencia turística a las zonas alta y media de la cuenca, tales como zonas arqueológicas, balnearios, manantiales como los de Carapan y El Orandino en Jacca, el Lago de Camécuaro, Parajes El Junco y La Ladera en Tlazazalca, el "Geiser" o zona geotérmica de Ixtlán de los Hervores, las pinturas rupestres del Cerro de Curutarán y, específicamente en la ciudad de Zamora, la Catedral Inconclusa del Siglo XIX (estilo gótico), la Biblioteca Municipal, el Palacio Municipal y la Iglesia del Calvario (estilo neoclásico) que aún conserva sus retablos y altares originales. Además, hay las fiestas y verbenas tradicionales en algunas localidades, así como la recientemente creada - Feria Anual de la Fresa en Zamora.

c) Comunicaciones

Como ya se mencionó, las carreteras federales 15, 37 y 110 comunican a la zona con importantes ciudades y regiones - del interior del Estado y con otros estados de la República, - existiendo también el ramal Yurécuaro-Zamora del Ferrocarril - del Pacífico y una red interna de carreteras estatales y caminos vecinales que comunican a todas las localidades de la cuenca y, también, el Aeropuerto de Zamora, Mich.

Por otra parte, todas las cabeceras municipales cuentan - con los servicios de correos, telégrafos y teléfono, destacan-

do la ciudad de Zamora donde operan cuatro oficinas de correos, una de telégrafos, 20 telex, 6,529 líneas telefónicas y tres radiodifusoras y un canal de televisión.

d) Servicios

No obstante las enormes e importantes actividades descritas, los servicios en general son deficientes. Los servicios públicos como el de energía eléctrica sí lo hay en toda la zona; el abastecimiento de agua potable sólo en las cabeceras municipales y en forma deficiente, red de alcantarillado prácticamente sólo en Zamora y Jacona, por demás deficiente, antiguos y obsoletos basados preferentemente en canales y drenes del Distrito de Riego, ahora de Desarrollo Rural Integral.

En cuanto a establecimientos particulares prestadores de servicios al público, prácticamente sólo en la ciudad de Zamora y en mínima escala en Jacona, existe una infraestructura hotelera insuficiente, y, en general, restaurantera, recreativa, de servicios técnicos y profesionales es escasa y deficiente.

BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

CUADRO B. CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA

MUNICIPIO Y CABecera MUNICIPAL	TOTAL DE-VIVIENDAS	PARTICU-LARES	COLECTIVAS	PROPIAS	CON AGUA EN-TUBADA DEN-TRO DE LA VI-VIENDA.	CON AGUA EN-TUBADA DEN-TPO DEL EDIF. O HIDRANTE.	CON DRENA-JE.	CON PISO DE-FERRENTA A -- TIERRA.
ORISEÑAS	1,504	1,489	15	1,210	874	113	151	856
ORISEÑAS DE NATAMOROS	707	695	12	503	485	46	92	477
CHAVINDA	2,206	2,201	5	1,761	1,691	214	1,189	1,271
	1,471	1,467	4	1,111	1,359	34	1,115	1,015
CHILCHOTA	3,045	3,039	6	2,508	1,574	602	634	1,150
	739	735	4	533	604	43	452	525
IATLAN	2,612	2,608	4	2,172	1,548	268	273	1,436
IATLAN DE LOS HERVO-RES.	1,004	1,001	3	775	647	66	95	628
JACOHA	6,101	5,953	148	3,620	3,542	854	3,654	4,464
JACOHA DE PLANCARTE	5,241	5,093	148	3,007	3,142	667	3,412	3,917
PUREPERO	2,731	2,723	8	2,052	2,153	131	1,801	1,91
PUREPERO DE ECHAIZ	2,336	2,328	8	1,715	1,996	93	1,778	1,71
TANGAHANDAPIO	2,836	2,818	18	2,195	971	699	866	996
	1,152	1,143	9	869	763	157	785	711
TANGANCICUARO-	5,520	5,494	26	4,235	2,585	862	2,312	3,074
TANGANCICUARO DE --ARISTA.	2,649	2,632	17	1,793	1,892	235	1,937	2,063
TLAZAZALCA	2,075	2,074	1	1,724	1,414	244	707	1,143
	753	753	--	593	685	21	484	552
VISTA HERMOSA	2,634	2,624	10	2,208	1,738	161	411	1,485
VISTA HERMOSA DE NEG.	1,462	1,457	5	1,167	947	111	331	890
ZAMOPA	20,741	20,544	197	12,983	14,060	2,444	14,896	15,845
ZAMPORA DE HIDALGO	16,105	15,304	161	9,168	12,178	1,466	13,455	13,296
ECUAMPUREO	2,573	2,630	43	2,211	1,018	515	552	1,412
	1,031	1,019	12	804	611	109	480	653
IANICUATO	2,432	2,423	9	1,939	1,004	300	738	1,317
TANHUATO DE GUERRERO	1,322	1,316	6	961	701	133	693	860

Fuente: Censo General de Población y Vivienda.

CUADRO 9. PLAN DE RIEGOS POR CULTIVOS Y SUPERFICIES PARA EL CICLO 1987-1988. ZONA DE RIEGO "VALLE DE ZAMCRA"

CULTIVOS	SUP. FIS. PROP. (HA)	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		E N E R O		FEBRERO		M A R Z O		A B R I L		M A Y O	
		HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.	HA.	L.B.
<u>PRIMICIVO</u>																	
CARTAMO M.R.	1 000			57	0,46	768	0,46	175	0,46								
MAHARGO	602	61	0,25	348	0,25	505	0,25	403	0,25	295	0,25	194	0,25				
FRIJOL	333							329	0,16	1309	0,16	1325	0,16	2556	0,16	1912	0,16
CARDANZO M.R.	1 500	86	0,46	62,9	0,46	530	0,46	185	0,46								
CARDANZO HUM.	450																
LENTEJA M.R.	350			19	0,18	269	0,18	62	0,18								
HORTALIZAS	700	210	0,19	630	0,19	840	0,19	1120	0,19								
PAPA	2 100	2376	0,18	2184	0,18	2352	0,18	1498	0,18								
TRIGO	4 050					2572	0,27	3260	0,27	3043	0,27	2738	0,27	3103	0,27	1484	0,27
S U M A :	11 685	2733	0,19	3938	0,24	7836	0,26	7022	0,24	4647	0,24	4257	0,23	5659	0,22	2496	0,23
<u>PRIM. - VERANO</u>																	
CEBOLLA	220									85	0,25	220	0,25	220	0,25	135	0,25
MAIZ M.R.	720													180	0,44	540	0,44
HORTALIZAS	400									120	0,20	358	0,20	482	0,20	640	0,20
SORGO M.R.	1 000													250	0,42	750	0,42
JITOMATE	400									229	0,20	437	0,20	433	0,20	101	0,20
S U M A :	2 740									434	0,21	1015	0,21	1565	0,27	2166	0,34
<u>SEGUNDOS CULTIVOS</u>																	
HORTALIZAS	300									90	0,20	269	0,20	361	0,20	480	0,20
FRIJOL	100							36	0,16	140	0,16	142	0,16	274	0,16	108	0,16
SORGO M.R.	300													75	0,42	225	0,42
MAIZ M.R.	275													69	0,44	206	0,44
S U M A :	975							36	0,16	230	0,17	411	0,18	779	0,19	1019	0,24
<u>PERENNES</u>																	
OLIVETO	70	70	0,15	70	0,15	70	0,15	70	0,15	140	0,15	140	0,15	140	0,15	140	0,15
CAJALFA	40	40	0,08	40	0,08	40	0,08	40	0,08	80	0,08	80	0,08	80	0,08	80	0,08
S U M A :	110	110	0,12	110	0,12	110	0,12	110	0,12	220	0,12	220	0,12	220	0,12	220	0,12

Fuente: Distrito de Desarrollo Rural Integral No. 086 Zamora.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Período de Estudio y Cronograma de Actividades

Las principales actividades realizadas para efectos del presente trabajo fueron las que se señalan en el cronograma de la Figura 2, en el que además se aprecia que el estudio comprendió los meses de enero de 1988 a agosto de 1989. Debiéndose aclarar que el programa inicial comprendía de enero a diciembre de 1988, habiendo necesidad de ampliarse hasta el mes de agosto de 1989 por las interrupciones ocurridas en el programa de muestreos por causas de fuerza mayor y con el fin de completar el ciclo hidrológico. A continuación se hace una breve descripción de dichas actividades, agregando en algunos casos, comentarios que se consideran valiosos, o bien, los resultados obtenidos.

6.2 Recopilación y Procesamiento de Información General

Esta etapa se refiere a la recopilación de información sobre las características generales de la Cuenca, tales como extensión, hidrografía, hidrología superficial y subterránea, orografía, geología, suelos, climatología, vegetación y fauna. Esta actividad se realizó mediante consultas directas a dependencias federales, estatales y municipales, ubicadas tanto en la zona como con las que tienen sus representacio-

nes en esta ciudad capital del Estado.

6.3 Reconocimiento y Delimitación del Area de Estudio

Analizada y procesada la información obtenida por la actividad anterior, se pudo programar en primer término un recorrido por todos los municipios y principales localidades -enclavados en la Cuenca, a fin de obtener una idea del grado de influencia de cada uno sobre la corriente a estudiar, según su ubicación y nivel socioeconómico y grado de evolución.

Por otra parte se efectuaron recorridos por los principales cuerpos de agua de la Zona, a fin de contar con un panorama más amplio de la red hidrográfica y su comportamiento y uso, detectándose así las principales aportaciones y extracciones existentes sobre el Río Duero.

Esta etapa fue importante porque permitió verificar que en términos generales las fuentes de contaminación se ubican sobre cuerpos de agua secundarios o tributarios de la corriente en estudio, y en base a esta observación, se delimitó como zona de estudio a toda la Cuenca, pero se determinó concentrar las actividades encaminadas a la valoración de la calidad y su variación del agua del Río Duero, solamente sobre la corriente y sus principales aportaciones y derivados en las proximidades del primero.

6.4 Estudio Socioeconómico

Se dice en el párrafo anterior que se delimitó como zona de estudio a toda la Cuenca, por la necesidad que tuvimos de obtener datos más precisos y actualizados sobre el comportamiento de las localidades, de ahí que mediante consultas - a dependencias federales, estatales, municipales, cámaras y organismos locales, así como a los últimos censos oficiales de población y vivienda, ganaderos y ejidales, se efectuó un estudio socioeconómico.

6.5 Identificación de Fuentes Contaminantes

En esta etapa se logró la coordinación con otros proyectos como el de actualización del inventario sobre uso y manejo de agua y aguas residuales en poblaciones mayores de - - 10,000 habitantes; y por otra parte, el inventario físico para el levantamiento del censo estatal de descargas de aguas residuales, cuyo fin primordial es llevar a cabo la reglamentación de las mismas. Ambos inventarios realizados en toda - la Cuenca permitieron, además, comprobar que los cuerpos receptores son cauces secundarios y tributarios de la corriente principal, o sea, que la acción contaminante de las descargas de aguas residuales municipales, industriales, comerciales y de servicios, sobre el Río Duero, se realiza en forma indirecta por lo general.

Por otra parte, en base al tipo de aguas residuales predominante en la Zona, detectado mediante esta actividad, pu-

do tenerse una idea de los contaminantes a manejar y, en base a ello y a lo anterior, seleccionar los sitios de muestreo.

Los resultados obtenidos a través de ambos inventarios se comentan en forma resumida en el inciso cinco.

6.6 Selección de la Red de Muestreo y Parámetros de Medición

Tomando como base los criterios de la Dirección General para la selección y establecimiento de sitios de muestreo y considerando el tipo de aguas residuales que predomina en la zona, y a la vez, que las fuentes generadas no se ubican sobre la corriente del Duero, sino sobre sus afluentes, canales o drenes de retorno agrícola, se seleccionaron la red de muestreo y los parámetros de medición según se describen a continuación.

6.6.1 red de muestreo

Para efectos de este estudio se seleccionaron por un lado 10 sitios de muestreo sobre la corriente principal, ubicados preferentemente aguas abajo de la confluencia de otras corrientes, y a la vez, en puntos cercanos a las principales derivaciones. Todo ello con el fin de reducir al máximo la carga de trabajo para el laboratorio regional. Los sitios así seleccionados son los siguientes.

E₁. ESTACION TACURO. Ubicada en el puente del camino a la población de Tacurc.

- E₂. ESTACION CHILCHOTA. Un kilómetro abajo de la confluencia del Río Chilchota o San Pedro.
- E₃. LAS ADJUNTAS. 200 m. aguas abajo de la Estación Hidrométrica Las Adjuntas.
- E₄. EL PLATANAL. En el poblado El Platanal, en el origen de los canales Principal y Tamándaro.
- E₅. LOS SOLARES. Aguas abajo del Dren Los Solares, sobre el Puente Carretero Zamora-Jacona.
- E₆. CELIO. Aguas abajo de la desembocadura del Río Celio, en el sitio de origen del Dren "A" (ocasionalmente funciona como desfogue).
- E₇. ARIO DE RAYON. Sobre el puente ferroviario Zamora-Los Reyes, aguas abajo de la Tenencia Ario de Rayón.
- E₈. LA ESTANZUELA. En la Estación Hidrométrica La Estanzuela, entre los poblados de La Estanzuela y San Simón.
- E₉. BARRAJE DE IBARRA 1. Entrada a la Presa Barraje de Ibarra.
- E₁₀. BARRAJE DE IBARRA 2. Cortina de la presa y desembocadura del Duero al Lerma.

Por otra parte, además se seleccionaron los siguientes sitios sobre los afluentes principales, ya sea por su caudal o por ser los principales aportadores de aguas residuales. La red de muestreo así formada puede apreciarse en la Figura 3.

ESTACIONES DE MUESTREO SOBRE AFLUENTES PRINCIPALES

- E₁₁. RIO CHILCHOTA (Af. Izq.). 500 m. aguas abajo de la población de Chilchota.
- E₁₂. C. EL TAJO O CUPATZIRO (Af. Izq.). 1.8 km. aguas arriba de la Hidrométrica Las Adjuntas.
- E₁₃. RIO SANTUARIO (Af. Izq.). 1.0 km. aguas arriba de la Hidrométrica Las Adjuntas.
- E₁₄. RIO TLAZAZALCA (Af. Der.). 0.5 km. aguas arriba de la Hidrométrica Las Adjuntas.
- E₁₅. RIO CAMECUARO (Af. Izq.). 200 m. aguas abajo de la Hidrométrica Las Adjuntas.
- E₁₆. DREN LCS SOLARES (Af. Izq.). 10 m. aguas arriba del puente carretero Zamora-Jacna.
- E₁₇. RIO CELIO (Af. Izq.). 1.5 km. aguas abajo del puente carretero Zamora-Jacna.
- E₁₈. DREN "A" (Af. Der.). 1.5 km. aguas arriba del poblado La Estanzuela.
- E₁₉. D. CHAVINDA (Af. Izq.). 50 m. aproximadamente aguas abajo del Dren "A".

6.6.2 selección de parámetros de medición

Ahora bien, considerando el tipo de aguas residuales y los contaminantes predominantes en la zona, se seleccionaron en coordinación con el Laboratorio Regional y con la aprobación de la Subdirección de Laboratorios, Monitoreo y Estudios

los siguientes parámetros de medición.

- a). DETERMINACIONES DE CAMPO.- O.D., pH, 7^oC del agua y ambiental y gasto hidráulico.
- b). DETERMINACIONES DE LABORATORIO.- pH, grasas y aceites, sólidos sedimentables, DBO₅, DQO, Nitrógeno en todas formas, Fosfato total y ortofosfatos, detergentes, turbiedad, dureza total, dureza de Calcio, sulfatos, color Sodio, Calcio, Magnesio, cloruros, alcalinidad total, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, conductividad, RAS, coliformes totales y fecales, Boro, carbonatos, bicarbonatos e iones Potasio.

VII. RESULTADOS

En coordinación con el Laboratorio Regional de Celaya y con la aprobación de la Subdirección de Laboratorios, Monitoreo y Estudios, se acordó que los trabajos de mediciones, muestreos y análisis abarcan el período comprendido por los meses de marzo a noviembre de 1988, con una periodicidad mensual, correspondiendo a la Unidad de Calidad del Agua en el Estado de Michoacán realizar las mediciones, muestreos y análisis de campo y al Laboratorio Regional los análisis correspondientes. Sin embargo, por causas de fuerza mayor en el laboratorio hubieron de suspenderse las actividades correspondientes al mes de junio y obligadamente por las reducciones presupuestales ocurridas, se suspendieron también las correspondientes al mes de octubre, razón por la cual en acuerdo con la Subdirección de Laboratorios, Monitoreo y Estudios y el Laboratorio de Celaya, Gto., se acordó ampliar los trabajos de aforo y muestreo hasta los meses de enero y febrero de 1989 y así completar el ciclo hidrológico anual del río.

Así pues, para los muestreos y análisis efectuados se utilizaron las técnicas establecidas por las Normas Oficiales de Muestreo y Análisis de Laboratorio para Aguas Residuales, así como las de los Métodos Estándar para el examen de agua y aguas de desecho (APHA, AWW y WPCF).

En cuanto a las mediciones hidrométricas, los aforos se realizaron por el método de sección y velocidad determinando esta última con molinete. Aclarando que esta actividad fue - apoyada por el Distrito de Desarrollo Rural Integral en aque- llos sitios donde cuenta con estaciones hidrométricas que, - en general, son operadas bajo el mismo método.

La información así obtenida se presenta en los Cuadros - 10, 10-A y 10-B, que se refieren a los sitios de muestreo es- tablecidos sobre la corriente principal; así como en el Cua- dro 11 que se refiere a los sitios seleccionados sobre los - afluentes principales y en la cual se han excluido los resul- tados de diferentes fechas que no arrojaron variaciones, pa- ra dejar solamente aquellos donde sí se aprecian en forma li- gera, aunque no sustanciales, según se puede apreciar.

Por otra parte, pensando en dar una idea más completa de la calidad del agua en toda la zona de estudio, se ha consi- derado conveniente incluir los Cuadros 12 y 13. El primero - contiene los rangos de variación y el promedio de las determi- naciones realizadas en 1977 por la Dirección General de Geo- hidrología y de Zonas Áridas mediante el muestreo de 51 po- zos profundos, 24 manantiales y 10 norias, distribuidos en - toda la zona. Y la segunda, contiene los resultados de análi- sis realizados por la C.F.E. a los manantiales termales "gei- sers" del foco geotérmico de Ixtlán de los Hervores.

Por último, a fin de observar claramente la variación de la calidad del agua, se presenta a continuación en forma -

CLAVE		FECHAS		CONDICIONES		COLIFORMES		DETERMINACIONES ESPECIALES							
ESTACION	MEDIA	TEMPERATURA		pH	SC ^o	Fecales	Totales	S	Dis	Col	Co ^o	NO ^o	Mg ^o	Zn ^o	CO ^o
		AMBIENTE	AGUA												
E1	9-III-89	29	19	0.274	15.3	7 x 10 ³	7 x 10 ³	2R	11.20	8.74	9.6	1.75			
E2	"	22	17	0.274	27	23 x 10 ³	23 x 10 ³	32	12.70	8.94	2.4	1.75			
E3	"	25	15	0.211	21.4	23 x 10 ³	23 x 10 ³	32	12.20	11.95	9.6	2.01			
E4	"	26	19	0.328	23.6	9 x 10 ³	23 x 10 ³	32	12.80	12.95	7.6	3.28			
E5	"	25	18	0.364	50.3	31 x 10 ³	1100 x 10 ³	38	15.20	22.20	17.56	4.86			
E6	"	22	16	0.458	48.3	23 x 10 ³	23 x 10 ³	36	18.40	14.92	9.6	3.35			
E7	"	21	17	0.496	111.6	93 x 10 ³	240 x 10 ³	38	15.20	18.95	10.01	3.63			
E8	"	21	17	0.687	43.4	43 x 10 ³	240 x 10 ³	52	50.20	26.44	11.52	6.04			
E9	"	15	15	0.655	26.4	7 x 10 ³	240 x 10 ³	54	21.60	23.11	12.95	2.65			
E10	"	10	15	0.533	153	52400	43 x 10 ³	100	42.0	45.21	22.1	1.91			
E1	19-IV-89	18	10	0.497	5.57	4 x 10 ³	4 x 10 ³	40.05	30	12	9.44	10.8	1.77		
E2	"	19	15	0.552	5.57	4 x 10 ³	4 x 10 ³	40.05	25	10	9.45	12.0	1.68		
E3	"	13	15	0.620	5.57	4 x 10 ³	23 x 10 ³	40.05	25	10	3.75	10.2	2.42		
E4	"	12	15	0.604	30.3	9 x 10 ³	9 x 10 ³	0.05	30	12	9.24	7.6	10.00		
E5	"	10	15	0.575	32.8	39 x 10 ³	150 x 10 ³	0.09	25	14	12.70	10.8	3.20		
E6	"	10	15	0.923	37.3	24 x 10 ⁴	24 x 10 ⁴	40.05	25	7	12.70	12.0	3.35		
E7	"	10	16	2.43	35.3	15 x 10 ⁴	46 x 10 ⁴	40.05	25	14	14.93	13.2	3.37		
E8	"	14	17	0.671	40.5	93 x 10 ³	73 x 10 ³	0.05	45	18	22.90	14.4	4.20		
E9	"	12	18	1.44	54.17	15 x 10 ³	15 x 10 ³	0.37	55	22	40.21	10.8	5.23		
E10	"	15	15	1.06	195	22400	52400	0.55	110	44	44.44	25.2	5.23		
E1	24-V-89	23	16		5.0	43 x 10 ³	43 x 10 ³	0.12	20.2	10.00	15.71	10.12	5.15		
E2	"	27	17		12.1	24 x 10 ³	100 x 10 ³	0.10	30.3	10.20	15.71	8.4	5.25		
E3	"	18	16		12.1	43 x 10 ³	40 x 10 ³	0.06	25.2	10.00	15.71	12.8	5.25		
E4	"	17	17		5.6	2400 x 10 ³	2200 x 10 ³	0.24	30.3	0.20	13.31	8.4	6.25		
E5	"	15	18		12.1	240 x 10 ³	2200 x 10 ³	0.10	30.3	10.20	20.49	13.31	5.25		
E6	"	14	18		16.2	240 x 10 ³	1100 x 10 ³	0.24	30.3	12.20	32.90	12.12	5.85		
E7	"	17	19		32.2	93 x 10 ³	400 x 10 ³	0.20	30.3	0.20	30.90	13.31	5.25		
E8	"	21	19		52.2	24 x 10 ³	240 x 10 ³	0.20	40.4	16.20	26.10	12.12	7.97		
E9	"	22	20		52.4	15 x 10 ³	43 x 10 ³	0.25	55.5	20.20	41.80	12.12	5.25		
E10	"	22	18		50.5	22400	4 x 10 ³	0.30	60.9	18.40	39.81	12.20	6.25		

CLAVE	MUESTREO	C				MICAS		COLIFORMES			DETERMINACIONES ESPECIALES				
		ESTACION	FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AGU	pH	DO ₂	Fecales	Totales	S	Des Co	Co ⁺⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	K ⁺
E1	12-VII-11	23	18.91	0.488	<1	1100x10 ²	1100x10 ²	40.05	21.5	15.63	2.52	23.52			
E2	"	23	18.82	0.227	<1	460x10 ²	460x10 ²	40.05	23.3	13.42	2.50	11.76			
E3	"	23	21.91	0.297	1.97	240x10 ²	240x10 ²	40.05	20.4	15.26	3.26	9.0			
E4	"	21	21.7	0.288	6.60	240x10 ³	240x10 ³	40.05	39.4	15.26	3.47	2.4			
E5	"	21	21.6	0.892	6.66	23x10 ⁴	23x10 ⁴	40.05	37.4	15.26	3.82	2.42			
E6	"	20	21.87	0.267	4.5	240x10 ³	93x10 ³	40.05	37.4	15.26	4.00	9.96			
E7	"	18	20.82	0.013	9.3	4x10 ³	7x10 ³	40.05	41.4	16.26	3.72	7.44			
E8	"	19	22.16	0.354	12.1	210x10 ³	210x10 ³	40.05	49.0	16.26	3.49	13.92			
E9	"	23	21.7	0.274	21.6	93x10 ³	240x10 ³	40.05	49.0	16.26	3.49	11.82			
E10	"	20	23.6	0.160	4.8	43x10 ³	22400x10 ³	40.05	41.2	15.26	7.10	13.92			
E1	2-VII-11	18	17.91	0.450	44.0	210x10 ²	1100x10 ²	40.05	30.3	12.2	2.72	9.72	2.11		
E2	"	20	18.95	0.051	<1.8	460x10 ²	460x10 ²	40.05	40.4	16.23	2.50	7.72	2.11		
E3	"	22	20.91	0.282	inf.	40x10 ²	2400x10 ²	40.10	40.4	16.23	2.39	12.72	5.34		
E4	"	19	21.82	0.349	-	23x10 ³	150x10 ³	40.06	40.4	16.23	2.25	4.52	5.15		
E5	"	20	20.82	0.282	4.96	4x10 ⁴	23x10 ⁴	40.06	40.4	16.23	3.58	14.52	6.16		
E6	"	20	21.78	0.051	inf.	4x10 ³	150x10 ³	40.05	40.5	16.24	2.72	9.72	5.34		
E7	"	20	20.78	0.245	5.28	43x10 ³	1100x10 ³	40.05	40.4	16.23	3.42	14.52	5.34		
E8	"	23	20.82	0.252	12.2	1100x10 ³	1100x10 ³	40.06	40.4	16.23	4.69	12.72	6.04		
E9	"	23	20.16	0.452	36.5	240x10 ³	22400x10 ³	40.05	53.5	22.24	7.32	22.52	6.98		
E10	"	21	25.6	0.394	22.9	93x10 ³	460x10 ³	40.45	55.5	22.24	7.32	18.12	6.98		
E1	12-IV-11	24	17.87	0.022	1.76	9x10 ²	43x10 ²	40.05	30.3	12.20	2.51	9.72	1.77		
E2	"	20	17.95	0.226	41.0	460x10 ²	460x10 ²	40.05	25.2	12.80	2.72	10.72	2.11		
E3	"	19	20.91	0.275	6.19	4x10 ³	15x10 ³	40.05	30.3	12.20	2.64	9.12	3.28		
E4	"	20	20.91	0.014	4.06	43x10 ³	93x10 ³	40.05	30.3	12.20	2.51	12.72	3.54		
E5	"	19	20.91	0.111	5.12	4x10 ⁴	94x10 ⁴	40.05	30.3	12.20	2.62	10.72	2.63		
E6	"	19	20.91	0.074	6.22	15x10 ³	73x10 ³	40.05	35.3	14.20	10.62	7.12	2.71		
E7	"	20	20.80	0.100	7.38	43x10 ³	93x10 ³	40.05	35.2	14.00	11.52	3.92	4.31		
E8	"	18	21.47	0.211	17.8	460x10 ³	460x10 ³	40.05	35.3	14.20	14.94	12.72	5.62		
E9	"	20	20.7	0.454	18.3	4x10 ⁴	23x10 ⁴	40.05	45.4	14.20	16.52	9.12	2.21		
E10	"	20	20.3	0.842	38.8	23x10 ³	23x10 ³	40.05	40.4	16.20	16.72	12.72	6.32		

CUADRO 10-3. CAF

CLAVE MAESTRO	FECHA	TEMPERATURAS		ICAS		COLIFORMES		DETERMINACIONES ESPECIALES					
		TEMPERATURA AMBIENTE AER	TEMPERATURA DEL AER	NO. de bacterias viables	NO. de bacterias aerobias	Fecales	Totales	NO. de bacterias aerobias	NO. de bacterias anaerobias	NO. de bacterias facultativas	NO. de bacterias estrictamente anaerobias		
E1	27-11-87	12	16	0.174	1.66	92 x 10 ²	92 x 10 ²	40.05	22.2	7.22	3.65	12.02	2.87
E2	"	12	18	0.105	2.94	22 x 10 ²	52 x 10 ²	40.05	42.4	16.92	2.53	6.24	2.07
E3	"	12	16	0.050	1.66	22 x 10 ²	28 x 10 ²	40.05	30.6	12.42	3.35	11.68	2.09
E4	"	10	17	0.063	7.94	39 x 10 ²	43 x 10 ²	40.05	32.3	10.92	4.14	12	2.43
E5	"	12	16	0.096	21.0	9 x 10 ²	92 x 10 ²	40.05	32.4	15.36	6.53	10.62	4.69
E6	"	13	17	0.148	16.1	240 x 10 ²	240 x 10 ²	40.05	32.4	13.56	4.416	10.2	5.47
E7	"	15	19	0.044	13.7	410 x 10 ²	460 x 10 ²	40.05	32.4	16.36	5.201	9.72	3.72
E8	"	17	17	0.219	21.0	120 x 10 ²	210 x 10 ²	40.05	42.5	17.6	3.103	12.12	5.69
E9	"	20	19	0.544	39	≤ 2400	≤ 24000	0.11	51.5	22.2	12.73	10.12	5.69
E10	"	24	26	0.232	23.0	≤ 2400	7 x 10 ²	0.15	60.7	24.2	20.25	15.24	6.18
E1	23-1-87	12	15	0.023	2.4	9 x 10 ²	25 x 10 ²	-	43	17.2	3.254	5.4	1.91
E2	"	10	15	0.114	41.0	75 x 10 ²	460 x 10 ²	-	22.9	15.16	2.53	6.4	1.72
E3	"	10	15	0.242	6.93	4 x 10 ²	23 x 10 ²	-	32.9	13.2	3.191	2.66	2.24
E4	"	12	16	0.072	2.85	9 x 10 ²	23 x 10 ²	-	32.9	13.2	3.122	2.26	2.77
E5	"	13	16	0.298	13.2	≤ 24000	15 x 10 ²	-	32.9	13.2	4.412	12.72	3.12
E6	"	13	16	0.325	5.1	4 x 10 ²	150 x 10 ²	-	32.9	13.2	4.14	2.74	2.96
E7	"	14	17	0.096	3.3	93 x 10 ²	240 x 10 ²	-	37.9	16.16	4.622	2.72	3.29
E8	"	20	16	0.212	20.9	93 x 10 ²	240 x 10 ²	-	32.0	21.2	12.331	9.12	5.25
E9	"	23	16	0.352	4.1	750	2100	-	33.0	21.2	16.159	15.12	5.29
E10	"	25	18	0.192	12.5	230	1500	-	22.4	35.4	16.302	17.64	5.29
E1	13-11-87	12	16	0.023	1.37	23 x 10 ²	150 x 10 ²	40.05	22.3	11.2	3.054	9.42	1.87
E2	"	11	16	0.171	4.1	43 x 10 ²	1150 x 10 ²	40.05	22.3	11.2	2.826	10.44	1.63
E3	"	10	16	0.547	3.33	73 x 10 ²	460 x 10 ²	40.05	34.3	13.6	4.722	2.32	2.46
E4	"	14	17	0.540	41.0	93 x 10 ²	460 x 10 ²	40.05	32.3	12.5	4.416	11.4	2.37
E5	"	15	16	1.11	4.1	4 x 10 ²	9 x 10 ²	40.05	34.3	13.6	4.416	9.96	3.28
E6	"	17	16	0.398	2.13	15 x 10 ²	21 x 10 ²	40.05	32.3	12.2	4.622	11.4	2.96
E7	"	19	18	1.21	6.55	1150 x 10 ²	1150 x 10 ²	40.05	36.4	14.6	4.945	10.62	3.39
E8	"	22	18	1.11	21.9	240 x 10 ²	2440 x 10 ²	40.05	55.2	22.2	13.3	14.04	6.31
E9	"	23	19	0.434	34.7	230	≥ 24000	1.20	51.5	20	9.33	24.24	4.61
E10	"	25	21	0.279	21.2	150	4.200	0.25	45.9	32.4	23.82	22.62	6.43

CLAVE	MUESTRO	C A R A C				COLIFORMES				DETERMINACIONES ESPECIALES								
		ESTACION	FECHA	TEMPERATURA°		pH	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Fecides	Totales	B	Des	Co	Co ⁺⁺	Mo ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻
				WATER	AIR													
E 11	22-III-28	13	15	0.594	5.57	40 x 10 ³	22400 x 10 ³	40.05	28	11.2	10.47	2.16	1.33					
E 12	"	13	16	0.599	12.1	22400 x 10 ³	22400 x 10 ³	40.05	20	7.22	15.17	8.96	7.75					
E 13	"	13	15	0.779	13.1	22400 x 10 ³	2400 x 10 ³	40.05	26	10.42	12.46	10.07	3.16					
E 14	"	15	15	0.201	27.8	± 2400	23 x 10 ³	0.06	50	20.04	22.45	12	7.41					
E 15	"	15	18	0.594	5.57	210 x 10 ³	760 x 10 ³	40.05	20	9.02	16.43	10.7	3.16					
E 16	"	16	17	1.42	7.22	22400 x 10 ³	2400 x 10 ³	40.05	50	20.64	23.72	14.4	4.92					
E 17	"	16	16	0.667	15.2	22400 x 10 ³	22400 x 10 ³	0.06	28	11.22	15.49	10.07	7.02					
E 18	"	21	18	1.57	27.3	22400 x 10 ³	22400 x 10 ³	40.05	45	18.04	27.20	12.2	4.99					
E 19	"	27	19	0.246	20.7	20 x 10 ³	420 x 10 ³	40.05	45	17.04	20.45	12	2.96					
E 11	5-IV-28	15	17	0.57	± 24000	± 24000	40.05	26	10.42	9.45	9.12	1.40						
E 12	"	15	18	0.53	4 x 10 ³	4 x 10 ³	40.05	22	7.22	8.44	7.63	2.03						
E 13	"	15	17	12.1	22 x 10 ³	150 x 10 ³	0.08	100	40.07	15.46	30	3.72						
E 14	"	17	15	5.2	± 24000	± 24000	0.08	50	20.04	22.45	10.8	7.02						
E 15	"	17	18	12.1	± 24000	± 24000	24000	20	7.02	16.47	10.8	3.22						
E 16	"	23	17	12.9	420 x 10 ³	420 x 10 ³	0.08	20	20.06	40.25	12	2.21						
E 17	"	23	19	10.1	15 x 10 ³	43 x 10 ³	0.06	25	10.02	14.42	9.6	2.71						
E 18	"	13	16	33.3	21 x 10 ³	93 x 10 ³	40.05	45	18.04	31.91	15.12	6.26						
E 19	"	16	16	24.1	± 2400 x 10 ³	± 2400 x 10 ³	40.05	35	14.03	23.40	12.12	2.55						
E 13	3-V-28	17	16	0.751	24.3			0.05	35	14.23	23.0	11.92	4.87					
E 14	"	17	15	0.685	26.2			0.08	45	18.24	22.61	15.72	2.23					
E 15	"	17	17	0.522	24.3			0.05	28	11.22	10.25	9	3.23					
E 16	"	2	15	0.964	61.1			0.22	65.6	20.05	28.90	15.72	6.59					
E 17	"	2.5	17	0.599	24.3			0.07	27.2	11.22	8.94	9	2.35					
E 18	"	10	17	1.17	51.8			0.16	45.5	18.24	24.44	16.04	6.08					
E 19	"	8	18	0.76	26.2			0.14	45.5	18.24	17.27	15.72	1.33					

CUADRO 12. RANGO DE VARIACION Y PROMEDIO DE LOS INDICES DETERMINADOS EN POZOS PROFUNDOS, NCRIAS Y MANANTIALES DE LA CUENCA DEL RIO CUERO

INDICE	CONCENTRACION					
	MINIMA		MAXIMA		PROMEDIO	
	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq
Calcio	6	0.29	140	6.98	36	1.79
magnesio	3	0.24	94	7.73	28	2.30
Sodio	14	0.62	299	13.00	77	3.34
Bicarbonatos	118	1.93	695	11.39	319	5.22
Carbonatos	0	0	41	1.36	11	0.36
Cloruros	21	0.59	266	7.50	56	1.57
Sulfatos	0	0	142	2.95	13	0.27
Alcalinidad Total	97	-	663	-	287	-
Dureza Total	65	-	740	-	207	-
Dureza de Calcio	15	-	350	-	92	-
Dureza de Magnesio	15	-	390	-	116	-
Sólidos Totales Disueltos	205	-	1529	-	544	-
Conductividad Eléctrica	98		2600		528	
Temperatura °C	15		95		21.73	
Potencial Hidrógeno	9.57		0.32		2.36	

Fuente: Estudio Geohidrológico de Evaluación.- Censo del Edo. de Mich.- Dirección Gral. de Geohidrología y de Zonas Áridas.- 1977.

CUADRO 13. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS DEL FOCC GEOTERMICO DE IXTLAN DE LOS HERVORES, MICHCACAN

INDICE	CONCENTRACION EN ppm	INDICE	CONCENTRACION EN ppm
Ca	9	Li	0.3
Mg	1	Sr	4
Na	355	Ba	5
K	35	H ₃ BO ₃	97
HCO ₃	0	Si O ₂	136
CO ₃	62	F	7
Cl	445	C.E.	2150
T °C	95	pH	8.8

Fuente: C.F.E.- Estudio Geohidrológico de evaluación.- Censo del Edo. de Michcacán. Dirección General de Geohidrología y Zonas Áridas. 1977.

gráfica (Cuadro 14) el comportamiento de algunos parámetros en los sitios de muestreo, ubicados en la corriente principal. Así tenemos que se presentan los valores promedio por sitio, obtenidos durante el período que comprendió este trabajo.

Con los valores anteriores, se procedió a elaborar las gráficas de las Figuras 4 al 9, que nos muestran la variación por parámetro de acuerdo al desarrollo de la corriente en estudio.

Capacidad de Asimilación y Dilución del Río Duero

Paralelamente al presente estudio, se vino realizando el estudio de clasificación del Río Duero, conforme a los criterios y metodología de la Sub-dirección de Cuerpos Receptores de la misma Dirección de Calidad del Agua, cuyo objetivo principal fue la determinación de la capacidad autodepuradora de las aguas del río, visto como cuerpo receptor de aguas residuales y, en base a dicha capacidad fijar las normas de calidad con que éstas últimas pueden ser descargadas sin afectar los usos a que se destinan las aguas del cuerpo receptor en este caso, el Río Duero.

Así dividida la corriente en tramos, según los sitios de muestreo descritos y mediante la aplicación del modelo matemático de Streeter and Philip, se obtuvieron las capacidades de asimilación y dilución.

CUADRO 14. PARAMETROS

NOMBRE	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Oxígeno disuelto	7.06	5.91	5.70	5.25	5.92	5.20	3.86	1.70	3.77	3.58
Temperatura	16.55	16.16	16.57	17.74	17.41	17.41	18.33	18.15	18.50	19.25
D B O ₅	1.60	1.60	2.61	3.61	6.45	3.54	6.02	6.15	5.08	4.90
Conductividad	165.30	169.91	178.25	185.10	207.70	202.00	208.13	330.90	330.88	526.40
Cloruros	4.56	5.42	6.73	8.68	9.33	8.68	12.28	16.19	21.29	31.62
Sulfatos	5.18	6.32	7.96	10.37	16.34	16.22	25.63	25.77	37.22	74.29
Coliformes Fecales	1.8x10 ⁴	2.3x10 ⁴	1.8x10 ⁴	7.8x10 ⁴	8.5x10 ⁴	8.9x10 ⁴	23x10 ⁴	25.4x10 ⁴	4.6x10 ⁴	1.9x10 ⁴
Coliformes Totales	3.0x10 ⁴	3.8x10 ⁴	9.7x10 ⁴	14.2x10 ⁴	46.7x10 ⁴	19.7x10 ⁴	26x10 ⁴	67x10 ⁴	35.8x10 ⁴	6.7x10 ⁴
N(NH ₃)	0.11	0.05	0.084	0.10	0.092	0.1753	0.265	1.04	0.74	0.084
N(NO ₂)	0.0082	0.0173	0.021	0.028	0.046	0.028	0.210	0.066	0.0447	0.133
N(NO ₃)	1.30	1.24	1.23	1.18	1.453	1.224	0.98	0.91	1.54	0.94
	0.33	0.254	0.37	0.257	0.4786	0.358	0.579	0.722	0.68	0.54
Grasas y aceites	13.87	14.44	22.73	12.07	17.25	15.56	17.04	20.97	20.76	27.16

FIGURA No. 4

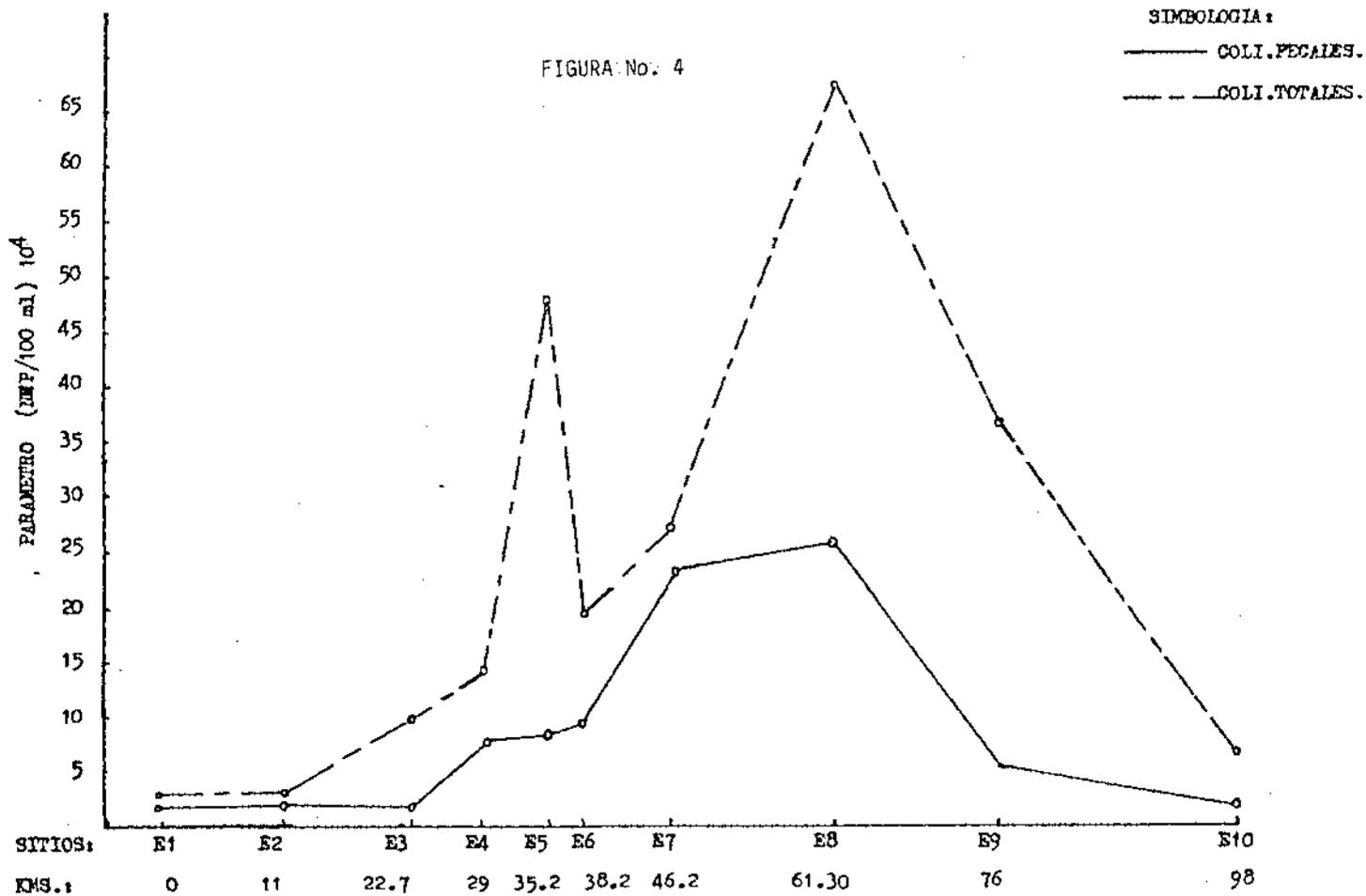


FIGURA No. 5

SIMBOLOGIA:

— OXIGENO DISUELTTO.
 - - - - - DBO5
 - - - - - TEMPERATURA.

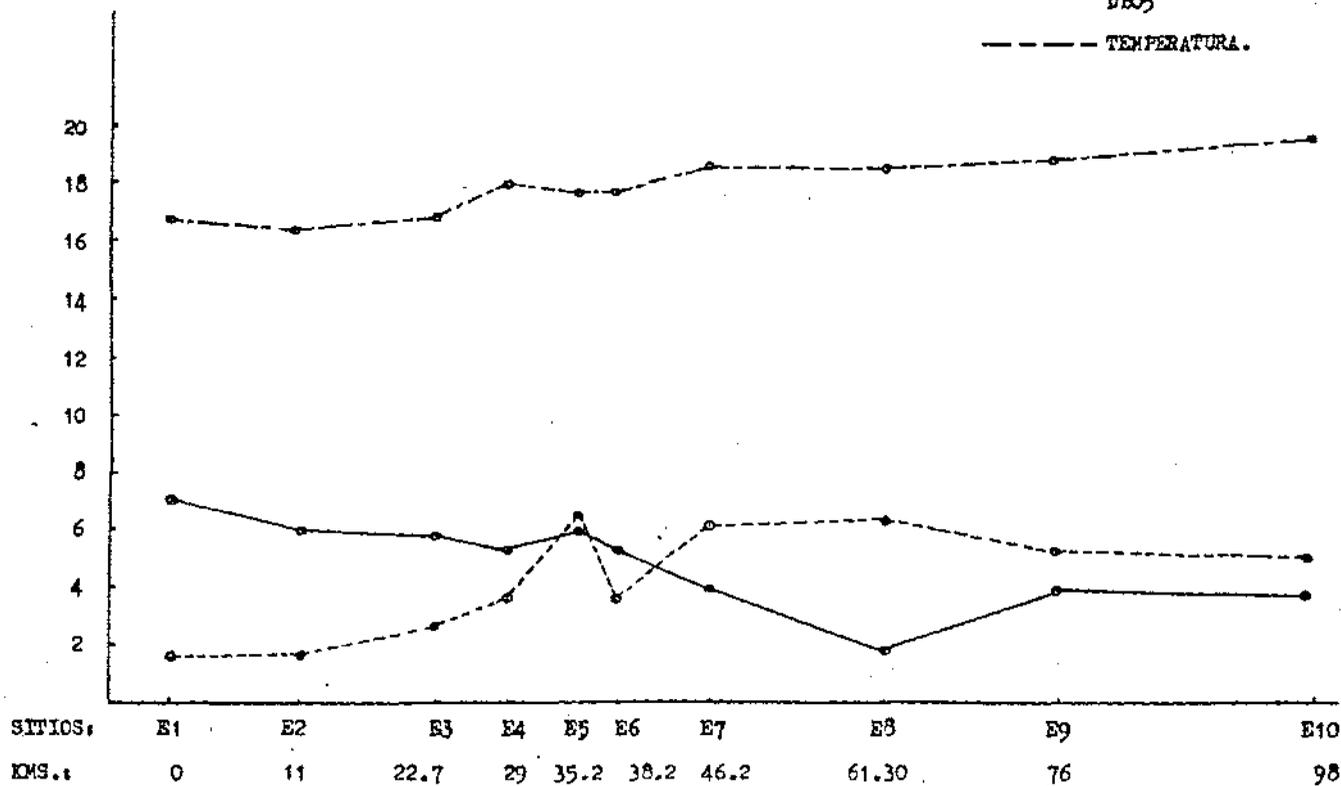


FIGURA No. 6

SIMBOLOGIA:

— GRASAS Y ACEITES.

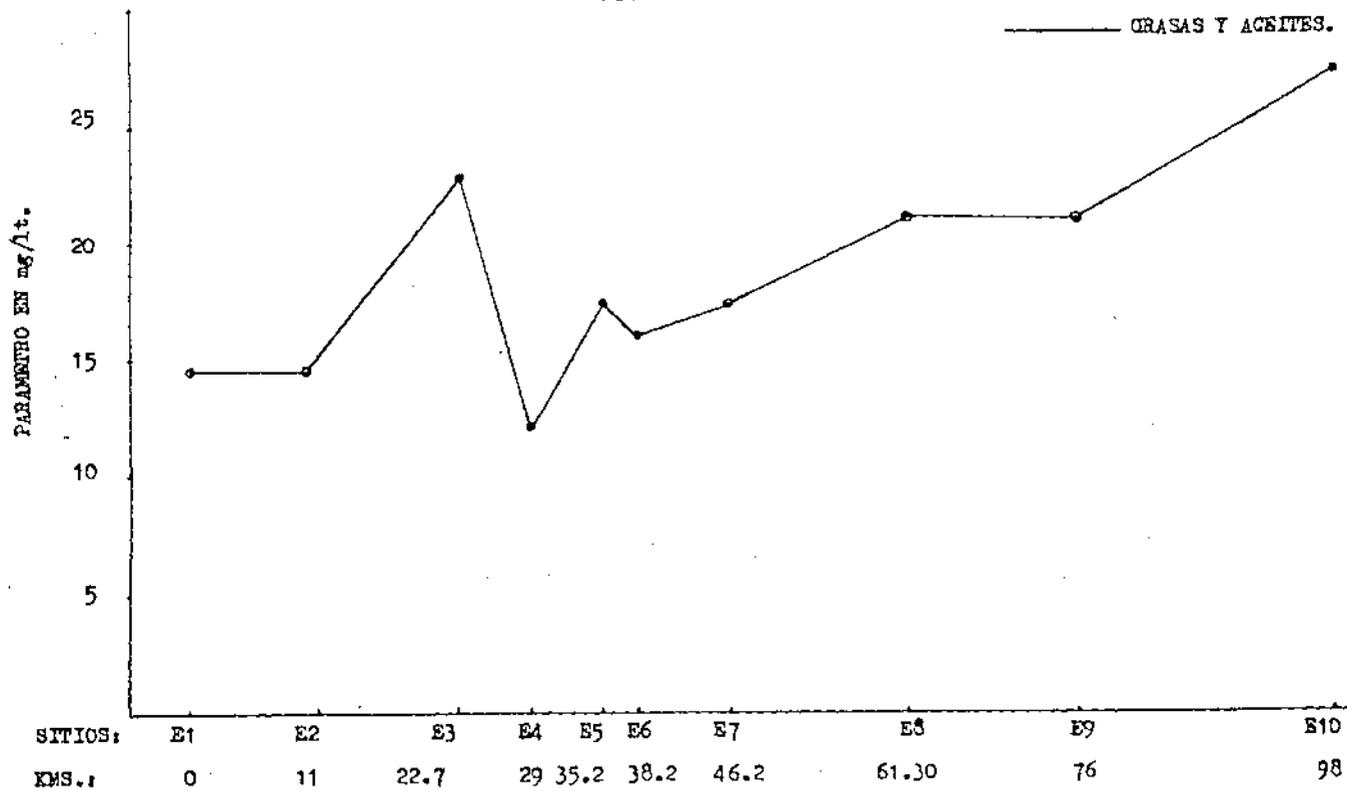


FIGURA No. 7

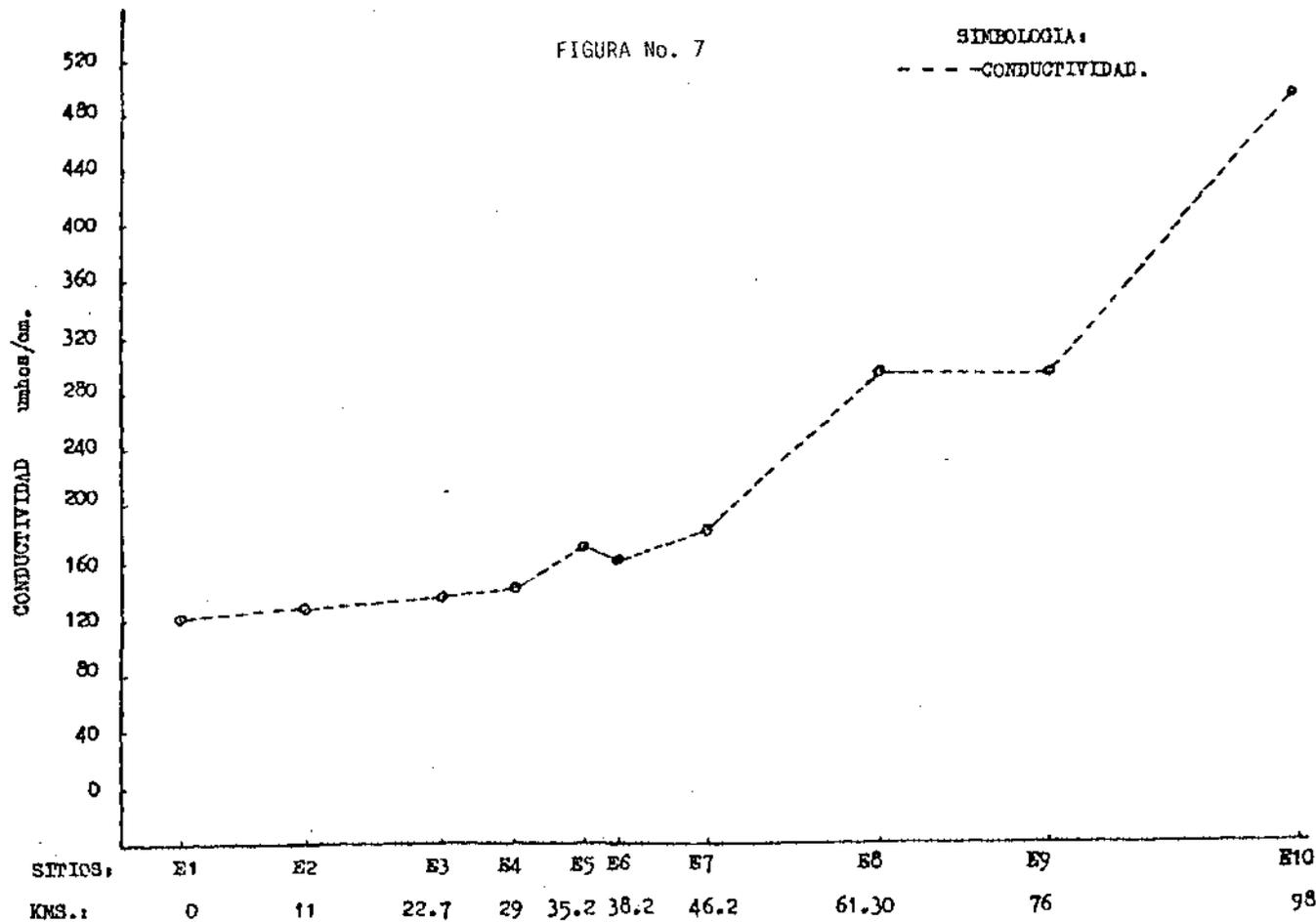


FIGURA No. 8

SIMBOLOGIA:

— CLORUROS
- - - SULFATOS

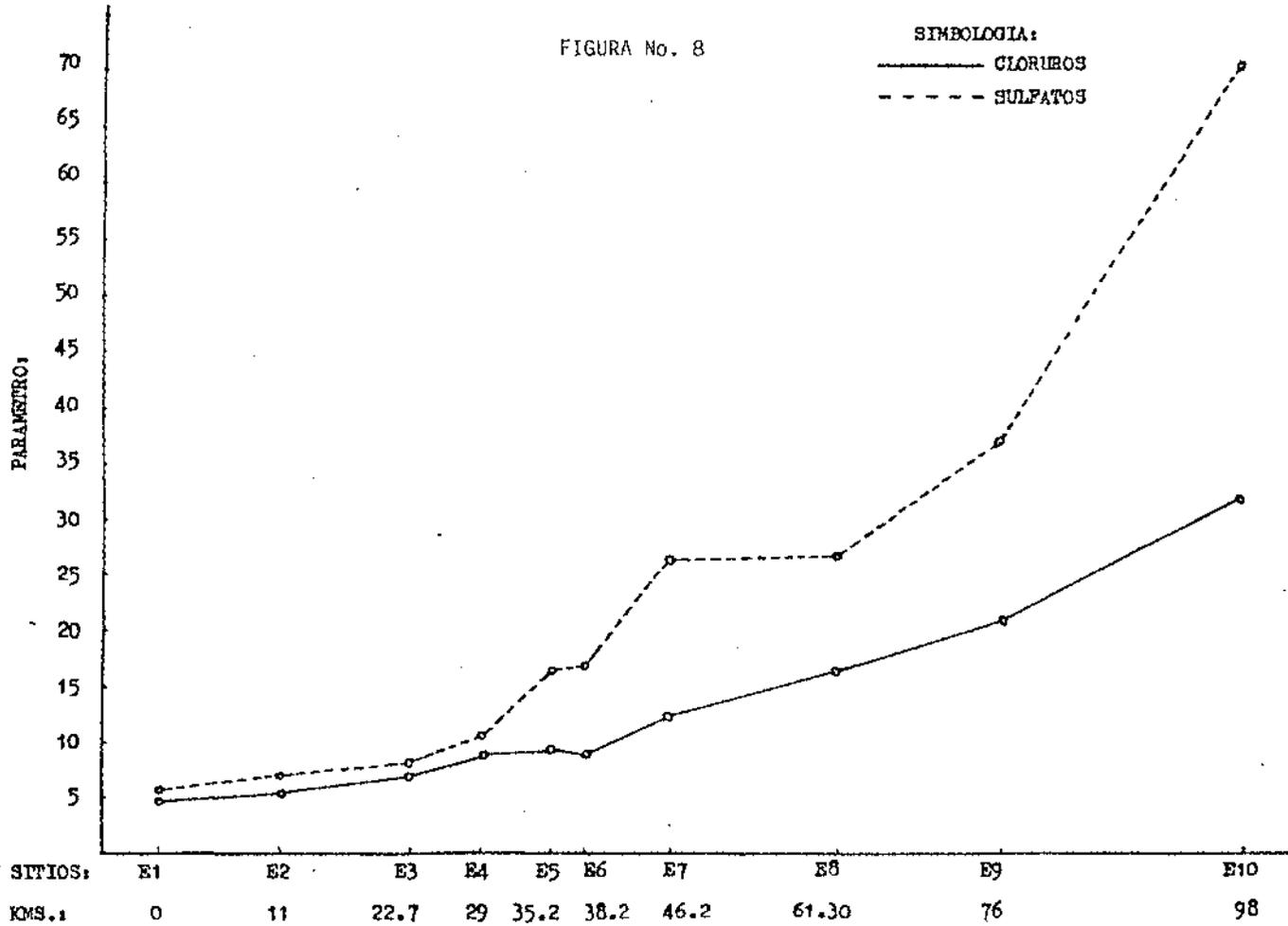
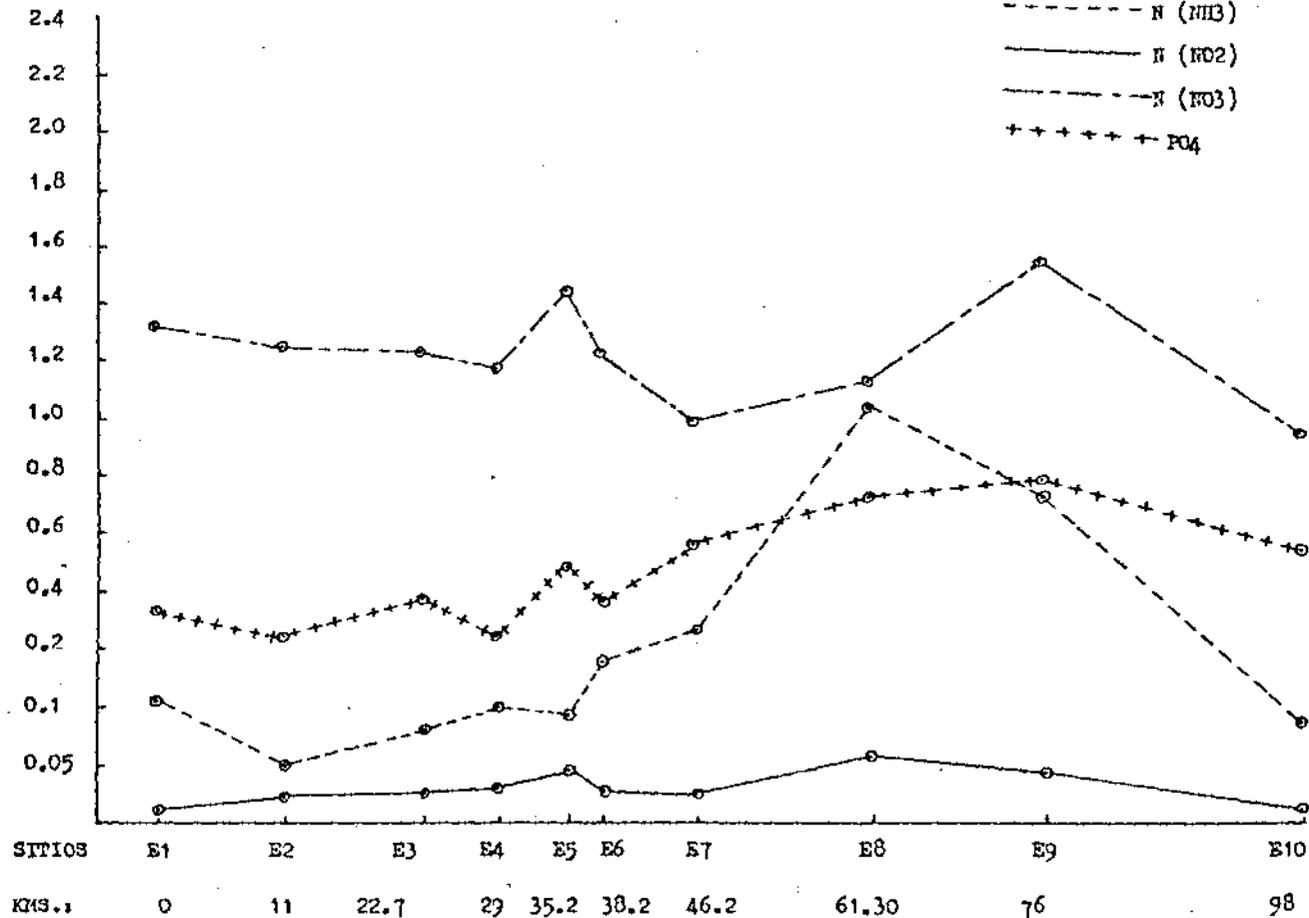


FIGURA No. 9

SINBOLOGIA:

- - - - - H (NH3)
- H (NO2)
- - - - - H (NO3)
- + + + + + PO4



Evaluación

FLUCTUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para llevar a cabo el análisis de la variación de la calidad en la corriente principal, se tomaron en cuenta las gráficas de variación de la concentración de algunos parámetros.

Del análisis de las gráficas números 5 y 6, que contienen la fluctuación a lo largo de la corriente de los colis fecales y totales y la DBO_5 , O.D. y la temperatura, respectivamente; se tienen las siguientes observaciones:

Para el tramo comprendido por los sitios E_1 y E_4 los colis y la DBO_5 mostraron tendencia a incrementarse y el O.D. disminuyó. Este comportamiento es debido a las aportaciones de aguas de retorno y las descargas municipales, provenientes de las poblaciones de Chilcheta y Tangancicuaro, principalmente.

Del sitio E_4 al E_5 , las colis totales y la DBO_5 se incrementaron en forma súbita, lo cual se explica por qué en este trayecto se tiene la incorporación de aguas de retorno; así como la aportación del Dren Los Solares, que además de aguas de retorno trae descargas municipales.

De E_5 a E_6 , los colis y la DBO_5 disminuyeron notablemente, por la importante aportación del Río Celio, cuyas aguas son de buena calidad.

Del sitio E_6 al E_8 , los colis y la DBO_5 tendieron a incrementarse considerablemente, registrándose el mayor valor al final del tramo y el O.D. bajó demasiado; lo anterior se -

debe a las enormes cantidades de carga orgánica aportada por los drenes "A" y "Chavinda" a 1.5 km. aguas arriba de la población de La Estanzuela.

De E_8 a E_9 , la DBO_5 bajó y el O.D. se incrementó, lo cual se entiende porque en ese trayecto son mínimos los aprovechamientos directos y las aportaciones de aguas de retorno, por lo cual el agua se recupera ligeramente.

Para E_9 a E_{10} Presa Barraje de Ibarra, se incrementaron ligeramente la DBO_5 y el O.D.; no obstante, el tiempo de retención en el vaso de la presa, la corriente no se recuperó por las aportaciones que se tienen de remanentes agrícolas mezcladas con las aguas freáticas de la Ciénega. En cambio, los colis en los dos trayectos anteriores bajaron considerablemente por las mínimas incorporaciones de aguas residuales municipales. En lo que respecta a la temperatura, en todo el trayecto del cauce se mantuvo dentro de los valores normales.

En cuanto al análisis de la Gráfica 7, donde se aprecia el comportamiento del parámetro de grasas y aceites, se observa, primeramente, en el tramo E_1 a E_2 una estabilidad, tendiendo a subir en forma súbita en el siguiente tramo E_2 - E_3 . Esto es debido a la incorporación de las descargas municipales de las poblaciones de Chilchota y Tangancicuaro; en el tramo E_3 - E_4 baja notoriamente, lo cual se debe a que al final del tramo ya se han incorporado las aguas del Río Camécuaro, además, de que son mínimas las descargas municipales que se tienen en este tramo; en el tramo E_4 - E_5 , vuelve a sufrir un

incremento, debido principalmente, a la aportación del Dren Los Solares, que además de aguas de retorno trae descargas municipales de una parte de la población de Jaccna, Mich.; del tramo de E_5 a E_6 sufre otra disminución, debido a la incorporación del Río Celio que lleva aguas de buena calidad, y para el resto de la corriente, dicho parámetro tiende a incrementarse por las múltiples descargas que recibe, municipales - principalmente, así como de retorno agrícola.

En lo que se refiere a las gráficas 8 y 9, que muestran el comportamiento de la conductividad y cloruros y sulfatos, respectivamente, tenemos que:

Para el tramo comprendido de E_1 a E_5 , los parámetros en cuestión se mantuvieron dentro de los valores normales; sin embargo, tendieron a incrementarse levemente por las aportaciones que se tienen en ese trayecto de aguas de retorno agrícola principalmente.

De E_5 a E_6 , los valores de los parámetros considerados disminuyeron ligeramente por la importante aportación del Río Celio, cuyas aguas son de buena calidad.

Para el resto de la corriente, dichos parámetros tendieron a incrementarse por la infinidad de aprovechamientos directos que se tienen y las incorporaciones de aguas de retorno solas y mezcladas con descargas municipales.

Cabe hacer notar que durante la época de estiaje se registraron los máximos valores de los parámetros considerados, lo cual se debe a que es el período en el que el caudal de la

corriente es el mínimo y porque son mayores las demandas de agua para los diversos usos, el agrícola principalmente que se hace del cauce considerado, con lo que se ve disminuido el escurrimiento que funciona como agua de dilución y medio de transporte de las aguas residuales de la zona, incrementándose consecuentemente, las concentraciones de contaminantes en las aguas del río en estudio.

NORMAS Y CRITERIOS EMPLEADOS PARA LA EVALUACION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Para llevar a cabo la evaluación de los resultados obtenidos en campo y laboratorio durante el período que comprendió el estudio, se consideraron diferentes criterios y normas de calidad del agua, según los usos que se hace de la misma en la zona de influencia de los lugares donde se ubicaron los sitios de muestreo.

Así tenemos que para el abastecimiento de agua para servicio público urbano que es uno de los principales usos que se hace de las aguas del río en sus orígenes y de sus aportadores primarios, se consideraron las normas de calidad de la Secretaría de Salud, publicadas en el Diario Oficial de la Federación de enero de 1986. En el Cuadro 15 se presentan en forma comparativa los límites establecidos para los parámetros considerados y los valores promedio obtenidos en las estaciones, donde las aguas se destinan a este uso.

En cuanto al uso agrícola, que es el que se da prácticamente en todo el trayecto de la corriente en estudio, se apli

CUADRO 15. CALIDAD DEL AGUA PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO EN FUENTES SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RÍO CUERO

PARAMETRO	LIM. PERM.	E S T A C I O N E S			
		E ₁	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₅
Turbiedad esc. sílice	10	1.8	1.0	1.0	2.0
Color esc. Pt-Co	20	3	1.0	3.0	3.0
pH	6.9-8.5	7.6	7.7	7.7	7.8
Alcalinidad total como Ca CO ₃	400 mg/l	87.1	91	85	93.5
Dureza de Calcio	300 mg/l	20	27	21	22.6
Magnesio	125 mg/l	0.96	8.70	7.70	10.20
N (NO ₂)	0.05 mg/l	0.0082	0.005	0.005	0.005
N (NO ₃)	5 mg/l	1.30	0.41	0.215	
Sulfatos	250 mg/l	8.21	5.57	10	17.42
Detergentes (SAAM)	0.50 mg/l	0.12	0.06	0.10	0.094
Coliformes fecales	0 NMP/100 ml	17.75x10 ³	46000	40000	24000
Coliformes totales	2 NMP/100 ml	30.16x10 ³	24000	40000	24000

caron las normas establecidas para irrigación y los criterios del laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica para la clasificación de las aguas para riego agrícola (Método de Wilcox) (Ver Cuadro 16 y 16-A).

Respecto al uso industrial, pecuario y recreativo, se tomaron como base las Normas de Calidad del Agua de WPPC de 1968, complementadas, en el caso de ciertos parámetros con algunas normas proporcionadas por la Subdirección de Laboratorios, Monitoreo y Estudios. Así se elaboró el Cuadro 17, que muestra en forma comparativa los límites establecidos de los parámetros involucrados y los valores promedio, obtenidos en los sitios de muestreo cuyas aguas se destinan a dichos usos.

Por último, se evaluaron los resultados obtenidos en los sitios de muestreo ubicados sobre la corriente principal, utilizando el Método de Dinius adaptado y modificado por la extinta Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación en su estudio denominado "Tendencias de la Contaminación del Agua en México. 1ª Etapa". Dicho método se basa en la determinación del índice de calidad del agua, el cual define mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

donde:

I = Índice de calidad del agua ($0 \leq I \leq 100$).

Z_i = Función que define el índice de calidad generado por el parámetro i ($0 \leq Z \leq 100$).

P_i = Importancia relativa del parámetro i con respecto a los demás, para el uso determinado del cuerpo de agua.

Las funciones del índice particular para cada parámetro considerado (Z_i); así como los pesos de importancia relativa (P_i) se tomaron de la publicación antes mencionada.

Así en el Cuadro 18 se muestran los valores promedio de los índices de calidad del agua, determinados para cada sitio de muestreo.

Con los índices de calidad de los sitios de muestreo ubicados en la corriente principal, se elaboró la Gráfica 10, en la que también se muestra la recta de ajuste obtenida por el Método de Mínimos Cuadrados.

PARA EL USO DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO

Del Cuadro 15 se desprende que para los sitios E_1 Tacuro, E_{11} Río San Pedro o Chilchota, E_{12} Canal El Tajo o Cupatziro y E_{15} Río Camécuaro (desfogue del Lago), se trata de aguas de calidad aceptable para el abastecimiento y servicios públicos urbanos, salvo que por sobrepasar los límites establecidos para los coliformes requieren de un tratamiento pa-

CUADRO 16. CALIDAD DEL AGUA CON FINES AGRICOLAS EN EL RIO DUERO

PARAMETRO	NORMA USO AGR.	E S T A C I O N E S									
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
pH	5 a 8	7.63	7.6	7.6	7.5	7.62	7.6	7.6	7.5	7.43	7.75
Bicarbonatos	2 meq/lt	1.70	1.65	1.85	1.67	1.93	1.93	1.95	2.57	2.55	4.47
Boro	0.3 mg/lt	0.07	0.06	0.05	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.19	0.76
Cloruros	1 meq/lt	0.14	0.192	0.231	0.258	0.268	0.277	0.397	0.507	0.708	1.40
Colis. Fecales	1000 NMF/100 ml	46x10 ²	49x10 ²	25x10 ³	665x10 ²	757x10 ²	127x10 ³	331x10 ³	138x10 ³	10.4x10 ³	18.3
Conductividad	250 umhos/cm.	167	171	182	193	214	208	213	312	362	659
DBO ₅	100 mg/l	1.81	1.60	2.52	2.88	35.60	3.12	33.21	5.71	3.47	4.29
Fosfatos totales	50 mg/l	0.212	0.256	0.424	0.322	0.508	0.494	0.855	0.812	0.804	0.586
S.E.	3 meq/l	0.646	0.752	0.876	0.798	0.992	1.075	1.232	1.655	1.870	4.307
S.P.	3 meq/l	0.237	0.272	0.328	0.384	0.494	0.484	0.759	0.836	1.157	2.111
CSR	1.25 meq/l	0.354	0.372	0.544	0.405	0.415	0.492	0.346	0.725	0.495	1.697
P.S.P.	50%	36.61	33.15	35.14	45.36	41.53	34.18	34.70	50.40	51.27	56.14

CUADRO 16-A. CALIDAD DEL AGUA CON FINES AGRICOLAS EN LOS AFLUENTES PRINCIPALES DEL RIO DUERO

PARAMETRO	NORMA USO AGR.	E S T A C I O N E S								
		E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉
pH	5 a 8	7.3	7.6	7.3	7.7	7.7	7.3	7.7	7.4	7.43
Bicarbonatos	2 meq/l	1.76	1.70	1.91	2.63	1.87	2.45	1.91	2.93	2.49
Boro	0.3 mg/l	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.12	0.07	0.09	0.08
Cloruros	1 meq/l	0.35	0.11	0.34	0.46	0.30	0.74	0.32	0.44	0.20
Colis. Fecales	1000 NMP/100 ml	35x10 ³	122x10 ⁴	134x10 ⁴	132x10 ²	132x10 ³	350x10 ⁴	1275x10 ³	225x10 ⁴	240x10 ³
Conductividad	250 umhcs/cm	158	137	189	287	192	414	188	334	264
DBO ₅	100 mg/l	1.50	1.68	5.51	1.35	1.15	25.42	2.94	4.18	3.89
Fosfatos Totales	50 mg/l	0.594	0.599	0.762	0.753	0.56	1.16	0.633	1.37	0.51
S.E.	3 meq/l	1.25	1.23	1.83	1.61	1.30	3.50	1.32	2.35	1.31
S.P.	3 meq/l	0.38	0.21	1.23	0.73	0.51	1.96	0.54	0.88	0.48
C.S.R.	1.25 meq/l	0.46	0.93	0.29	0.59	0.57	0.34	0.57	1.01	0.54
P.S.P.	50%	32.32	37.65	37.93	70.43	49.30	66.47	47.70	59.90	75.0

CUADRO 17. CALIDAD DE AGUAS PARA DIVERSOS USOS EN LA CUENCA DEL RIO DUERG

PARAMETROS	USO INDUSTRIAL	USO PECUARIO	USO RECREATIVO	E	S	T	A	C	I	O	N	E	S
				E ₂	E ₄	E ₆	E ₈	E ₉	E ₁₅				
pH	3.5 a 9.1	6.0 a 8.5	6.5 a 9	7.6	7.5			7.6	7.4	7.4			7.6
O.D.			5.0										4.7
N (NH ₃)	1.0				0.1								
N (NO ₂)	30.0	50		0.017	0.028			0.028	0.066	0.044			
N (NO ₃)	30.0	150		1.24	1.175			1.22	0.91	1.54			
PO ₄ (Total)	4.0				0.257								
Turbiedad		25	25 UTJ	7.33				36.78	34.33	31.55			1.65
Dureza (CaCO ₃)	850.0				76.1								
Sulfatos (SO ₄)	680.0	2,150		6.52	10.37			14.42	25.78	37.22			
Color	1200	20		15.4	83			149	80	137.2			
Sodio (Na+)		15 meq/l		4.71				7.41	11.39	16.80			
Calcio (Ca+)	162.0				9.242								
Magnesio (Mg+)	108.0	33 meq/l		0.78	0.85			0.85	1.08	1.25			
Grasa y Aceites		Ausencia de película vis.		14.44				15.58	20.97	20.76			
Alcalinidad	500			86.39	84.48			97.3	121.8	135.8			
ST			500										
SDT	1000	240.0		175.71	167.5			239.87	279	206.75			

... Continúa CUADRO 17.

PARAMETROS	USO INDUSTRIAL	USO PECUARIO	USO RECREATIVO	E S T A C I O N E S						
				E ₂	E ₄	E ₆	E ₈	E ₉	E ₁₅	
Coli. Totales	10,000/100 ml	10,000/100 ml	1,000/100 ml		1.42x10 ⁵					242x10 ³
Coli. Fecales	2,000/100 ml	5,000/100 ml	200/100 ml		7.84x10 ⁴					132x10 ³
Boro	1.0	3 mg/l		0.057	0.08	0.077	0.073	0.134		
K+		0/39		0.06		0.10	0.16	0.15		

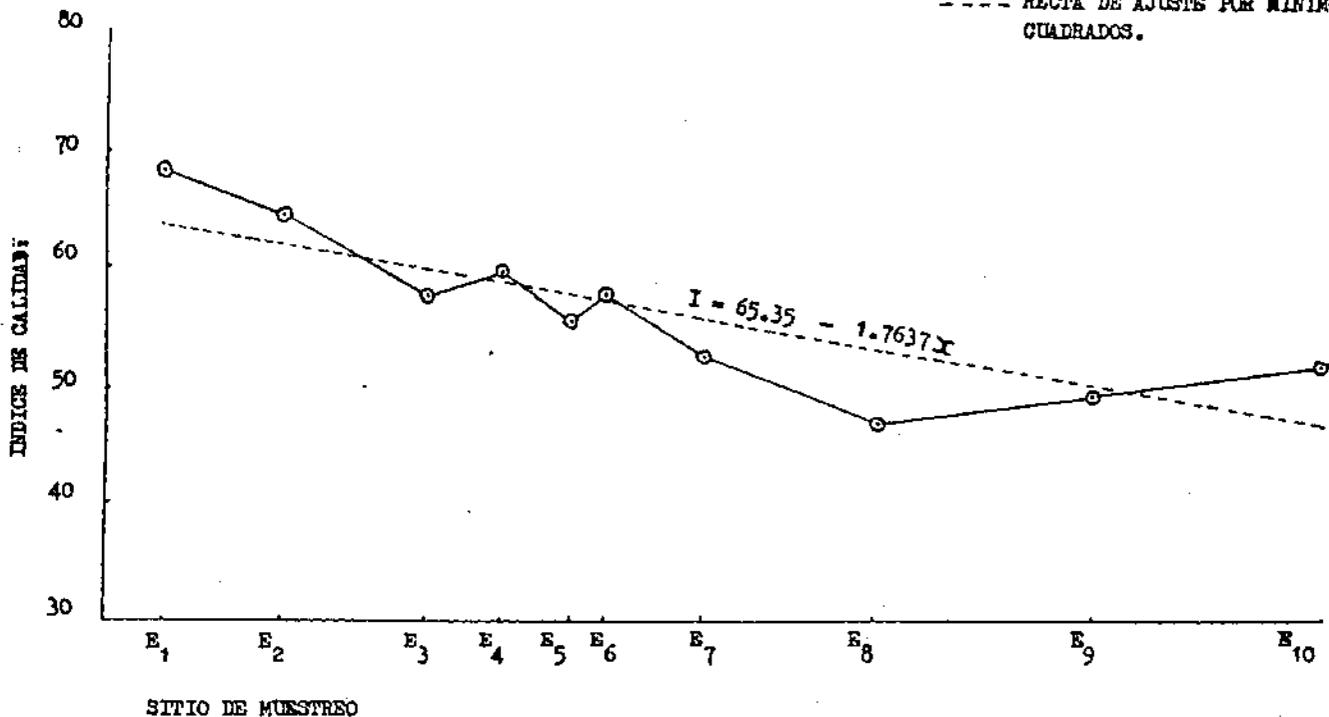
FIGURA No. 10

SIMBOLOGIA:

○ SITIO MUESTREADO.

— TRAYECTO DEL CAUCE MUESTREADO

- - - RECTA DE AJUSTE POR MINIMOS -
CUADRADOS.



ra el control de grasas y aceites que por encontrarse presentes en cantidades considerables, influyen en los aspectos de olor y sabor.

PARA EL USO AGRICOLA

Del análisis de los Cuadros 16 y 16-A que muestran las características de las aguas para riego agrícola, tenemos que:

Para los sitios E₁ Tacuro, E₂ Chilchota, E₃ Las Adjuntas, E₄ El Platanal, E₅ Los Solares, E₆ Celio, E₇ Arrio de Rayón, E₁₁ Río San Pedro, E₁₂ Canal El Tajo, E₁₃ Río Santuario, E₁₅ Río Camécuaro y E₁₇ Río Celio; en general, se trata de aguas de buena calidad en cuanto al contenido de sales solubles, de sodio, con respecto a otros cationes y de elementos tóxicos como el boro y los cloruros. No obstante, se exceden en el límite establecido para los coliformes fecales, parámetro cuya importancia depende del tipo de cultivos a irrigar; sin embargo, puede concluirse que la calidad del agua en estos sitios es aceptable para el riego.

En cuanto a los sitios E₆ La Estanzuela, E₉ Barraje de Ibarra 1, E₁₄ Río Tlazazalca, E₁₈ Dren "A" y E₁₉ Dren Chavinda, se trata de aguas que se encuentran excedidas en límite establecido para el contenido de bicarbonatos, coliformes y PSP, por lo cual resultan condicionadas por sodio.

Y por lo que se refiere a los sitios E₁₀ Barraje de Iba

rra 2 y E₁₆ Dren Los Solares, son aguas que exceden los límites permisibles establecidos para los bicarbonatos, coliformes, salinidad efectiva y P.S.P., por lo que resultan condicionadas por sales y sodio. Además, de que en el sitio E₁₀ - resultan condicionadas por C.S.R. y cloruros por excederse - también en dichos parámetros.

Cabe señalar que el deterioro de la calidad manifestado en el tramo final de la corriente principal y en algunos de sus aportadores, se debe a lo siguiente: para el sitio E₈ lugar donde El Duero ya ha recibido todas las aguas de retorno agrícola de los valles de Zamora y Chavinda, además de las aguas residuales municipales e industriales de las ciudades de Jacona y Zamora; para el tramo del río de La Estanzuela a la entrada de la presa sitio E₉ se tienen aprovechamientos directos; así como también existen aportaciones de aguas de retorno agrícola, por lo cual la calidad del agua del río en lugar de mejorar tiende a disminuir; y en cuanto a la desembocadura del Duero en el Lerma sitio E₁₀, no obstante que en el vaso de la presa no se tienen aprovechamientos sí se tienen descargas de aguas de retorno, junto con las aguas freáticas de la ciénega, por lo que el agua en este último tramo del río también tiende a deteriorarse.

Por lo que respecta a los aportadores, también son - - aguas de baja calidad, lo cual se explica para el Río Tlazazalca por ser aguas eminentemente de retorno agrícola, para el caso de los drenes Los Solares y Chavinda, por tratarse -

de aguas de retorno mezcladas con descargas municipales. Y por último, el Dren "A", por ser el receptor de las aguas de retorno agrícola de la Zona de Riego Valle de Zamora; además de las descargas municipales e industriales, provenientes de las poblaciones de Jacona y Zamora.

Por lo que se refiere a los diversos usos, tenemos que en el Cuadro 17 se aprecia que para el uso industrial que se da en El Platanal, no obstante excederse en los coliformes fecales y totales, se puede decir que son aguas aceptables para la generación de energía eléctrica que se da en este sitio.

Para el uso pecuario en este caso se consideraron los sitios E₂, E₆, E₈ y E₉ por el hecho de existir algún aprovechamiento o estructura para este uso, sino porque son los lugares donde se observó con mayor frecuencia el consumo directo por atajos de animales vacunos, principalmente.

Para los sitios de Chilchota y Celio se exceden en los rangos establecidos para los coliformes y las grasas y aceites; sin embargo, podemos concluir que son aceptables para abrevar ganado.

Y por lo que respecta a los sitios La Estanzuela y Barraje de Ibarra 1, no son recomendables por excederse demasiado en los coliformes y en las grasas y aceites.

Para el uso recreativo, para este caso se consideró el Río Camécuaro, se trata de aguas aceptables para la recreación, incluyendo el contacto directo, no obstante excederse-

ligeramente el límite establecido para los coliformes.

INDICES DE CALIDAD

Analizando la gráfica de la Figura 10 y tomando como referencia la Escala General de Evaluación de la Calidad del Agua para Diferentes Usos, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, se tienen las siguientes evaluaciones:

Para el tramo comprendido de E_1 a E_3 , la calidad del agua disminuyó dentro de un rango aceptable para el riego agrícola, en cambio requiere de tratamiento convencional para poderse utilizar en abastecimiento público.

De E_3 a E_4 , mejoró notablemente la calidad del agua por la aportación del Camécuaro, por lo cual siguen siendo de buena calidad para el uso agrícola e industrial (generación de energía eléctrica en El Platanal).

De E_4 a E_7 , este tramo de la corriente la calidad del agua presentó altibajos (disminuyó con la aportación del Dren Los Solares, se incrementó con la incorporación del Celio y posteriormente tendió a disminuir); sin embargo, se consideran aceptables para el riego.

De E_8 a E_9 , en el trayecto en cuestión disminuyó notablemente la calidad en el primer sitio, con la incorporación de las aguas de los Drenes "A" y "Chavinda" para posteriormente incrementarse levemente; no obstante, se consideran aguas de no muy buena calidad para el riego.

Y en el último tramo de la corriente, continúa mejorando ligeramente su calidad, lo cual se debe al tiempo de retención en el vaso de la presa; sin embargo, se consideran aguas de baja calidad para la agricultura.

BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRICULTURA

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La información obtenida a través de la realización del presente trabajo permite deducir las siguientes conclusiones:

- Sin lugar a dudas, el recurso hidráulico en la Cuenca del Río Duero es abundante y su calidad original muy buena, - apta para todos los usos, incluyendo el de abastecimiento de agua potable, previo tratamiento de desinfección.
- Sin embargo; su sobreexplotación se manifiesta ya, tanto en los acuíferos subterráneos cuya recarga y descarga se encuentran balanceados y en algunas zonas denotan ligeros concs de abatimiento, como también en los escurrimientos superficiales que de hecho o por derecho se encuentran ca si en su totalidad comprometidos.
- Asimismo, se le ha sometido a una creciente contaminación mediante la descarga de las aguas residuales generadas -- por las diversas actividades en la región, destacándose - las provenientes de los sistemas de alcantarillado y las de un número considerable de industrias en las localida-- des de Zamora y Jacona, las aguas de retorno agrícola en casi toda la cuenca y las pecuarias en diversos puntos de

la misma.

- Dichas descargas se efectúan, primeramente, sobre la infraestructura hidroagrícola de la región cuyas características de funcionamiento obligado las hace servir de canales de distribución y drenaje, a la vez, con la consecuente afectación de suelos y cultivos; y posteriormente, a través de los colectores agrícolas se descargan al dren general de la cuenca que es el Río Duero.
- Lo anterior ha dado origen, por una parte, a problemáticas puntuales complejas, principalmente en el Valle de Zamora, cuya producción agrícola se comercializa en un alto porcentaje en otros países. Y por otra parte, en la disminución de la calidad y cantidad de las aguas del Río Duero que de esta forma sufre la obstaculización de sus potenciales y, a la vez, se convierte en un aportador muy importante de carga contaminante sobre el Río Lerma y sobre el Lago de Chapala.
- En virtud de la disminución paulatina de su caudal, la capacidad de asimilación y dilución del Río Duero, una vez que comienza a recibir las aportaciones de aguas residuales y de retorno agrícola, no es suficiente para lograr su autodepuración, no obstante el tiempo de retención habida en sus últimos 20 kms, aproximadamente, en el vaso de la Presa Barraje de Ibarra; su calidad admite todos los usos, incluido el de abastecimiento de agua potable, previa desinfección, en los primeros 20 km; entre el km.-

20 y el km. 35 resulta aceptable para todos los usos, - - exceptuando los de abastecimiento de agua potable y servi cios públicos urbanos, y a partir del km. 35 hasta el km. 78, aproximadamente, sus aptitudes agrícolas se van limi- tando, hasta el grado de resultar inadecuado para el rie- go de hortalizas y fresa que resultan ser los cultivos de mayor interés en la región. Aún en el vaso de la Presa Ba rraje de Ibarra, antes de su desembocadura en el Lerma, - se le incorporan aguas freáticas y de retorno agrícola de la Ciénega de Chapala, a través del Sistema de Bombeo In- geniero Ballesteros, lo cual limita su autodepuración y - su uso en la agricultura a sólo cultivos altamente resis- tentes a las sales, básicamente a forrajes.

Por todo lo anterior y ante la necesidad de conservar e - incrementar la producción y productividad de la región en to do su potencial, es urgente implementar acciones que conlle- ven a restaurar la calidad del agua y a optimizar su aprove- chamiento, para lo cual se estiman convenientes las siguien- tes:

Reccmendaciones

1. Realizar una reglamentación de los aprovechamientos hi- - dráulicos.
2. Implementar y desarrollar un programa de saneamiento de- la cuenca que incluya los siguientes aspectos:
 - a) Recolección y tratamiento de las aguas residuales mu nicipales, prioritariamente las de Zamora y Jaccna,-

para su reuso en la agricultura.

- b) Reglamentación intensiva de las aguas residuales vertidas sobre la infraestructura hidroagrícola y sobre las corrientes de la región, promoviendo su recirculación y reutilización.
 - c) Implementación de sistemas adecuados para la recolección, disposición final y/o aprovechamiento de los desechos sólidos.
 - d) Intensificar la atención técnica en la agricultura poniendo especial cuidado en el uso y manejo de productos químicos y del agua.
 - e) Campañas de concientización a la población, en general, sobre la necesidad y beneficios de las acciones que se emprendan.
3. Rehabilitar y acondicionar adecuadamente la infraestructura hidroagrícola para incrementar su eficiencia.
 4. Reglamentar o acondicionar el cultivo de hortalizas y fresa a las zonas cuya calidad del agua de riego lo permita.
 5. Promover la implantación de técnicas de riego que optimicen el aprovechamiento del recurso.

IX. BIBLIOGRAFIA

- DEPARTAMENTO de Agricultura de los EE.UU. 1985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. 5a. ed.
- DIRECCION General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. 1979. Manual del Curso "Análisis de aguas y aguas de desecho". Vols. I, II y III. Subsecretaría de Planeación. SARH.
- GOBIERNO del Estado. 1979. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán.
- GOBIERNO del Estado. 1981. Michoacán, apuntes socio-económicos.
- MUÑOZ E.J. 1984. Estudio de la calidad del agua en las cuencas de los ríos Angulo y Duero. SEDLE. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua.
- PALACIOS O., y Aceves E. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Rama de Riego y Drenaje del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nal. de Agricultura.
- SECRETARIA de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1976. Reu-

so del agua en la agricultura, la industria, los municipios y en la recarga de acuíferos. Dirección General del Agua y Prevención de la Contaminación.

SECRETARIA de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1980. Investigación del comportamiento de la calidad del agua en función de descargas de contaminantes y su efecto en la flora y fauna acuática. Dic.-SP-79-C-4.

SUBSECRETARIA de Planeación, Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, Subdirección de Ingeniería. - SARH. 1978. Tendencias de la Contaminación del Agua en México. 1a. etapa.

WATER Quality Criteria. 1972. Environmental Protection Agency. U.S.A.