

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
ZAHUAPAN

(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

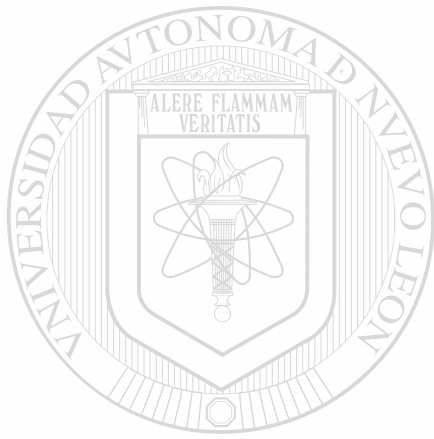
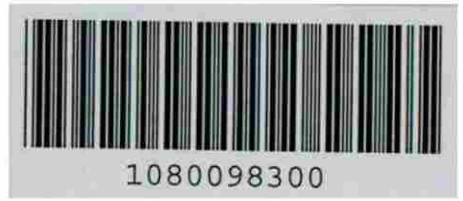
PRESENTA:

JACQUELINE GARCIA GARCIA

MONTERREY, N.L.

JULIO DE 1999.

TM
TD229
.T5
G3
1999
c.1



UANL

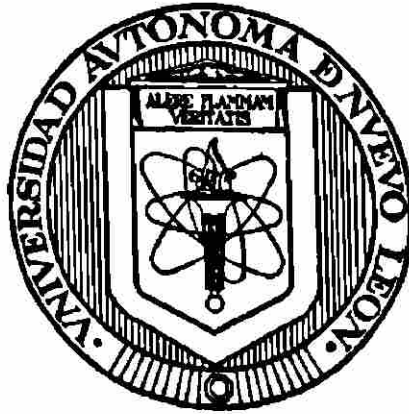
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
ZAHUAPAN**

(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ®
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

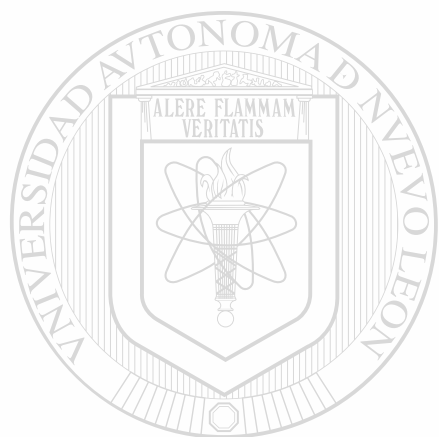
PRESENTA:

JACQUELINE GARCIA GARCIA

MONTERREY, N.L.

JULIO DE 1999.

TM
TD229
.TS
G3
1999



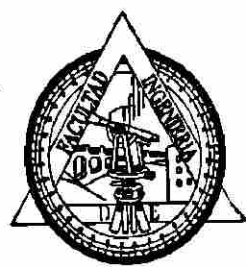
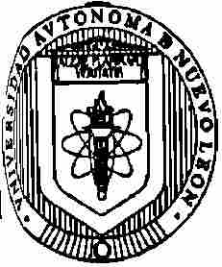
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: JACQUELINE GARCIA GARCIA

Tema de la tesis: EVALUACIÓN Y MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ZAHUAPAN

Este documento certifica la corrección del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(ninguna)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nombre y firma de quien corrigió:

Ramón Longoria
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Ricardo
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 8 de Julio de 1999.

Monterrey, N.L. a 29 de Junio de 1999.

**Dr. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PRESENTE**

Estimado Dr. González:

Por este conducto me permito comunicar a Usted, que la Ing. Jacqueline García García, pasante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido su trabajo de tesis titulado: **EVALUACION Y MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN (FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA SU RECUPERACIÓN)**, por lo que no tengo ningún inconveniente para par que se realicen los trámites correspondientes a fin de presentar el Examen de Grado bajo los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de su Institución.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente:



**M. en C. Ricardo Morales Juárez
Asesor Externo de Tesis**

Monterrey, N.L. a 29 de Junio de 1999.

**Dr. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PRESENTE**

Estimado Dr. González:

Por medio de la presente y de la manera más atenta me dirijo a Usted, para solicitar la tramitación correspondiente, para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, con la presentación del trabajo de tesis titulado: **EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN (FACTIBILIDAD TECNICA-ECONÓMICA PARA SU RECUPERACIÓN)** lo anterior de acuerdo al reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución.

Sin más por el momento, esperando que mi solicitud sea aprobada, aprovecho para enviarle un cordial saludo. ®

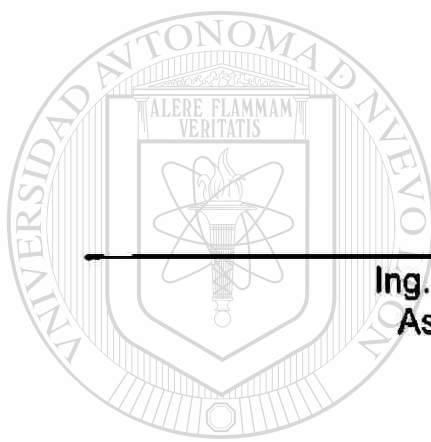
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Atentamente:


Ing. Jacqueline García García
Tesisista

**EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
RIO ZAHUAPAN
(FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)**

Aprobación de la Tesis:



Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia
Asesor Interno de la Tesis

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

M. en C. Ricardo Morales Juárez
Asesor Externo de la Tesis

Dr. Ricardo González Alcorta
Secretario de Postgrado

RESUMEN

Actualmente de acuerdo a lo que informa la Red Nacional de Monitoreo en lo que respecta a la calidad del agua, prácticamente todos los cuerpos de agua importantes tienen grandes problemas de contaminación.

Dentro de estos cuerpos importantes se encuentra el río Zahuapan por ser la principal corriente del estado de Tlaxcala y cuyo estudio en este trabajo tiene la finalidad de conocer la capacidad de asimilación y dilución del mismo (calidad del agua), mediante la aplicación del modelo matemático SICLACOR.

Una vez realizado el trabajo de campo, con los datos obtenidos se corrió el modelo SICLACOR y se hicieron simulaciones a corto, mediano y largo plazo, para conocer el comportamiento de la corriente, con estos datos se concluyó que actualmente la corriente del río Zahuapan tiene una calidad aceptable en su inicio y esta se ve disminuida conforme avanza, debido a la aportación de aguas residuales de origen municipal e industrial.

El modelo matemático SICLACOR es confiable cuando la corriente tiene capacidad para depurarse, sin embargo es muy limitado dado que la DBO es el parámetro básico usado para modelar y simular; lo que hace que los resultados que se obtienen sean parciales, de tal manera que estos no permiten describir el comportamiento global de la corriente en cuanto a contaminación orgánica.

Finalmente se recomendó tener una red de monitoreo continuo en 10 estaciones a lo largo del río Zahuapan, con el fin de conocer su comportamiento en las diferentes estaciones del año y de esta forma realizar un modelo específico para la corriente.

Es importante mencionar que además de los esfuerzos técnicos para su recuperación es muy importante la participación social y de las autoridades responsables para poder llevar a cabo una recuperación de la corriente.

DEDICATORIA

A mis padres: Medardo y Ma. de la Luz por su apoyo, consejos, paciencia y amor.

A mis hermanos: Loli y Vis por ser además de hermanos mis mejores amigos.

A mis amigos por todo el cariño que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas e instituciones que me apoyaron en la realización de esta tesis, especialmente a:

M. en C. Ricardo Morales Juárez. Mi asesor y amigo.

CNA Tlaxcala, en especial al personal que conforma el departamento de calidad.

M. en C. Martín Munive. Por su apoyo confianza y amistad.

Ing. Joel Molina Atonal. Gracias por sus consejos y ayuda.

Ing. Jorge Caro Bermúdez. Por su paciencia y confianza.

Quím. Eduardo Villaseñor, ECCAET Tlaxcala. Por su apoyo y amistad.

Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia. Por su paciencia y constante aliento.

INDICE

| Tema | Página |
|--|--------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Antecedentes Generales | 4 |
| 1.2 Justificación | 7 |
| 1.3 Objetivos | 9 |
| 2. Revisión Bibliográfica | 11 |
| 2.1 La Reología | 11 |
| 2.2 Condiciones físicas químicas y biológicas que afectan a una corriente | 12 |
| 2.2.1 Factores físicos | 12 |
| 2.2.2 Alteraciones químicas | 17 |
| 2.2.3 Alteraciones biológicas | 19 |
| 2.2.4 La demanda bioquímica de oxígeno y el factor tiempo | 20 |
| 2.3 Zonas de una corriente que recibe aguas residuales | 24 |
| 2.3.1 Zona Polisaprobia | 24 |
| 2.3.2 Zona α -mesosaprobia | 26 |
| 2.3.3 Zona β -mesosaprobia | 27 |
| 2.3.4 Zona Oligosaprobia | 27 |
| 3 Marco legal | 29 |
| 3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos | 29 |
| 3.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente | 30 |
| 3.3 Ley de Aguas Nacionales | 30 |
| 3.4 Criterios de la calidad de los cuerpos receptores | 32 |
| 3.5 Gobierno del Estado | 32 |
| 4. Modelos matemáticos | 34 |
| 4.1 Fórmula de Streeter-Phelps | 36 |
| 4.1.1 Determinación de las constantes que componen el modelo | 36 |
| 4.1.2 Parámetros que intervienen en el modelo | 40 |
| 4.1.3 Otros parámetros | 42 |
| 4.2 Método de Thomas para determinar la Capacidad de Asimilación de las corrientes | 47 |
| 4.3 Método de Churchil de la correlación lineal múltiple | 48 |
| 5. Metodología | 50 |
| 5.1 Actividades de gabinete | 50 |
| 5.2 Actividades de campo | 52 |
| 5.3 Actividades de laboratorio | 53 |

| | |
|---|------------|
| 6. Zona de Estudio | 55 |
| 6.1 Descripción de la corriente | 55 |
| 6.1.1 Aspectos geográficos | 55 |
| 6.1.2 Aspectos hidrológicos | 59 |
| 6.1.3 Infraestructura hidráulica | 64 |
| 6.2 Información socioeconómica | 65 |
| 6.3 Información hidrológica | 70 |
| | |
| 7. Modelación matemática | 84 |
| 7.1 Selección del modelo | 84 |
| 7.2 División de la corriente | 86 |
| 7.3 Gasto de diseño | 89 |
| 7.4 Balance hidráulico | 89 |
| 7.5 Consideraciones que se realizaron al correr el modelo | 90 |
| 7.6 Descripción de efluentes, descargas y aprovechamientos | 91 |
| 7.6.1 Integración de información básica | 95 |
| 7.7 Aplicación del modelo | 98 |
| 7.7.1 Condiciones actuales (con modificación de carga orgánica en tramos) | 104 |
| 7.7.2 Condiciones a mediano plazo | 109 |
| 7.7.3 Condiciones a largo plazo | 115 |
| | |
| 8. Análisis y Discusión | 121 |
| 8.1 Modelo matemático | 121 |
| 8.2 Simulación 1 | 121 |
| 8.3 Simulación 2 y 3 | 123 |
| 8.4 Análisis y discusión. Propuesta para saneamiento | 125 |
| 8.4.1 Simulación DBO máxima en descarga de 200 mg/l. | 125 |
| 8.4.2 Simulación DBO máxima en las descargas de 80 mg/l | 126 |
| 8.5 Análisis de la calidad de la Corriente | 127 |
| | |
| 9. Conclusiones y Recomendaciones | 134 |
| 9.1 Modelo | 134 |
| 9.2 Factibilidad económica | 138 |
| | |
| 10. Referencias | 139 |
| | |
| 11. Glosario | |

Indice de Tablas

| Número | Especificación | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Afluentes con mayor gasto en el río Zahuapan | 63 |
| 2 | Subcuencas sistema Atoyac-Zahuapan | 64 |
| 3 | Presas de almacenamiento en la cuenca del río Zahuapan | 66 |
| 4 | Municipios en la cuenca del río Zahuapan | 70 |
| 5 | Areas industriales dentro de la cuenca del río Zahuapan | 71 |
| 6 | Temperatura mínima anual | 75 |
| 7 | Temperatura mínima mensual | 75 |
| 8 | Padrón de usuarios uso público urbano | 77 |
| 9 | Padrón de usuarios uso agrícola | 78 |
| 10 | Padrón de usuarios aguas superficiales | 79 |
| 11 | Padrón de usuarios comercial y de servicio | 79 |
| 12 | Padrón de usuarios acuacultura | 80 |
| 13 | Padrón de usuarios domestico-abrevadero | 80 |
| 14 | Padrón de usuarios riego particulares | 80 |
| 15 | Principales plantas de tratamiento | 86 |
| 16 | Descargas industriales tratadas | 87 |
| 17 | Estaciones de monitoreo y división por tramos | 91 |
| 18 | Balance hidráulico por tramos | 94 |
| 19 | Afluentes del río Zahuapan | 97 |
| 20 | Descargas en el río Zahuapan | 98 |
| 21 | Aprovechamientos en el río Zahuapan | 98 |
| 22 | Integración de la información básica por tramos | 99 |
| 23 | División de la corriente por tramos y datos de campo | 100 |
| 24 | Parámetros básicos tramo 1 para la aplicación del modelo | 102 |
| 25 | Factor F | 105 |
| 26 | Resultados obtenidos para el tramo 1 | 107 |

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Indice de figuras

| No. de Figura | |
|---------------|--|
| 1 | Localización del estado de Tlaxcala en la República Mexicana |
| 2 | Cuenca del río Zahuapan |
| 3 | Tramo del río Zahuapan en estudio |
| 4 | División municipal del estado de Tlaxcala |
| 5 | Presas de almacenamiento en la RH18 (Cuenca Zahuapan) |
| 6 | División Hidrológica del estado de Tlaxcala |

Anexos

- 1. Tablas. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua**
- 2. Calendario de muestreo del río Zahuapan**
- 3. Calendario de visitas a plantas de tratamiento**
- 4. Recopilación de datos plantas de tratamiento ECCAET**
- 5. Graficas de resultados:**

- Comportamiento del Gasto en el Río Zahuapan (Situación actual)
- Comportamiento del OD inicial en el Río Zahuapan (Situación actual)
- Comportamiento de la DBO al inicio y final del tramo (Situación actual)
- Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Situación actual)
- Porcentaje de remoción en el Río Zahuapan (Situación actual)
- Comportamiento del Gasto en el Rio Zahuapan (Mediano plazo)
- Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Mediano plazo)
- Porcentaje de remoción en el río Zahuapan (Mediano plazo)
- Comportamiento del Gasto en el río Zahuapan (Largo plazo)
- Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (Largo plazo)
- Porcentaje de remoción en el río Zahuapan (Largo plazo)

6. Localización en plano de las estaciones de monitoreo y división por tramos

7. Resultados de laboratorio

8. NOM-001-ECOL-1996

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Abreviaturas

| | |
|---------------|---|
| a. aba. | Aguas abajo |
| a. arr | Aguas arriba |
| DBO | Demanda bioquímica de oxígeno |
| DBO5 | Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día |
| DBOobj | Demanda bioquímica de oxígeno objetivo |
| bca. | Barranca |
| CGE | Coordinación General de Ecología |
| CNA | Comisión Nacional del agua |
| Cs | Oxígeno de saturación |
| Dc | Déficit crítico |
| Do | Déficit inicial de oxígeno |
| DQO | Demanda química de oxígeno |
| ECCAET | Empresa para el control de la contaminación del agua en el estado de Tlaxcala |
| f | Factor de autopurificación |
| has. | Hectáreas |
| ICA | Índice de Calidad del Agua |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática |
| l | Litros |
| KD | Constante de desoxigenación |
| KDc | Corrección de KD por temperatura |
| LAN | Ley de Aguas Nacionales |
| Lc | Carga asimilable en el tramo |
| L2 | DBO en el tiempo t |
| L4 | DBO calculada para el siguiente tramo |
| Lr | Carga real transportada en el tramo |
| mmHg | Miligramos de mercurio |
| MI | Margen izquierdo |
| MD | Margen derecho |
| m2 | Metros cuadrados |
| m3 | Metros cubico |
| NOM | Norma Oficial Mexicana |
| OD Inicial | Oxígeno disuelto inicial |
| OD Permisible | Oxígeno disuelto permisible |
| Re | Porcentaje de remoción |
| SICLACOR | Sistema de clasificación de corrientes |
| TC | Tiempo crítico |
| TR | Tiempo de recorrido |

1.INTRODUCCION

El agua solo es pura en estado de vapor y empieza a acumular impurezas tan pronto como ocurre la condensación.

En las gotas que forman las nubes se disuelven gases: oxígeno, bióxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno; cuando estos gases se disuelven en el agua se producen ácidos minerales, dando lugar a la lluvia ácida alterando de esta forma las características del agua aún antes de tener contacto con la plataforma continental, pudiendo depositarse sobre esta ya con sus características de calidad alteradas.

Así mismo, al llegar a la superficie de la tierra el agua se percola dentro del suelo, convirtiéndose en agua subterránea o bien, escurre por la superficie en forma de arroyos, corrientes y ríos. Los minerales se disuelven, tanto en el agua superficial como en la subterránea; esta última tiene una mayor concentración de sales disueltas ya que existe un mayor contacto con el suelo.

Las impurezas químicas más comunes que se detectan en el agua en cantidades importantes son: calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, cloruros, sulfato, nitrato y silicatos. También se encuentran rastros de otros iones como: arsénico, plomo, cobre, hierro, manganeso y una amplia gama de compuestos orgánicos.

Toda comunidad produce residuos, tanto líquidos como sólidos. La parte líquida -aguas residuales- procede esencialmente del agua suministrada a la

comunidad después de haber sido contaminada por los diversos usos a que ha sido sometida. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, las aguas residuales pueden definirse como una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, instituciones públicas, así como de centros comerciales e industriales, a las que eventualmente, pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

En nuestro país, no se ha efectuado una planeación racional del recurso, por lo que es necesario establecer políticas que promuevan y mejoren los programas encaminados a un mejor aprovechamiento del recurso hidráulico, y de esta manera acrecentar y mantener el desarrollo social y económico. La carencia de este tipo de políticas, durante decenios, es la causa de que actualmente se tenga un inadecuado aprovechamiento del recurso, y que los problemas de contaminación en los cuerpos de aguas nacionales se agudicen (Munive de León, 1997).

Las descargas no controladas de las aguas residuales, municipales e industriales sin tratar, o pobremente tratadas y más recientemente los escurrimientos de las aguas utilizadas en el riego agrícola, implican la contaminación continua de las aguas, haciendo cada vez más difícil su aprovechamiento para usos múltiples.

La intervención del hombre puede modificar su calidad y no se piense que esto ocurre siempre en forma negativa, porque si en estado natural el agua no cumple para su uso, puede pasar por ciertos procesos que la convierten en útil; estos son los denominados procesos de tratamiento.

Pero lo que ocurre con demasiada frecuencia, es el cambio que el hombre produce en la calidad del agua, con un decremento, y esto, se debe al volumen de desechos en relación con la capacidad de dilución y de autopurificación de los cuerpos receptores, ya que anteriormente se seguía la práctica tan criticable actualmente, de verter los efluentes directamente sin tratamiento, a las corrientes.

Lo que ocurre es que se ha roto el equilibrio ecológico que gobierna esos fenómenos; interviniendo en esto dos grandes factores: 1) el incremento poblacional, con la consecuente mayor demanda del líquido y 2) el escaso volumen disponible de agua con buena calidad

Todas las aguas residuales afectan el ecosistema de una corriente. Cuando este efecto es suficiente para hacer que la corriente no sea aceptable para su mejor utilización, se dice que esta contaminada.

Un método para mantener la calidad de un río, se basa en establecer una clasificación de calidad y regular las descargas para mantener esta calidad o clasificación establecida previamente.

El término autopurificación está definido como el restablecimiento, por medios naturales del estado de pureza de un río después de una descarga de materia contaminante en él.

Para determinar el grado de autopurificación de cualquier cuerpo de agua es necesario hacer una serie de estudios y análisis, aplicando modelos matemáticos como herramientas analíticas que permiten simular el

comportamiento del cuerpo receptor y de esta forma determinar su grado de contaminación, capacidad de autopurificación, simular condiciones especiales y finalmente predecir el comportamiento de la corriente.

La finalidad de lo anterior, es fijar los parámetros de calidad que deben reunir las descargas de aguas residuales que se vierten en el cuerpo receptor, de acuerdo a la capacidad de asimilación y dilución inherentes al mismo, de tal forma que se mantenga su calidad para los usos que se requieran en la actualidad y provocar una mejoría continua para incrementar los usos.

1.1 Antecedentes Generales

El estado de Tlaxcala, a pesar de ser el más pequeño en territorio de los que comprende el país (representa el 0.2 % de la superficie del país) ha tenido un importante desarrollo industrial, basado principalmente en las fábricas textiles.

La población total del estado es de 883,630 habitantes, contando con 370 industrias manufactureras, 378 dedicadas a la construcción y 369 mineras. Con respecto al producto interno bruto comparado con el nacional, se tiene un 26.87 % en productos alimenticios, bebidas y tabaco; 18.24 % en textiles, prendas de vestir e industria del cuero; 26.70 % en sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico y un 17.46 % en productos minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo y carbón; entre los más importantes.

El desarrollo industrial del estado representa grandes beneficios económicos para los habitantes, pero dadas las características de los mismos, estos se llevan a cabo afectando los diferentes elementos del ambiente. Al ser el río Zahuapan el principal cuerpo receptor, se ha visto afectado de manera importante por las descargas tanto industriales como municipales. De esta forma con el crecimiento de la industria y la población, la contaminación generada ha ido en aumento por lo que los problemas a este cauce se agravan con el paso del tiempo.

La mayor parte (3051.370 km.²) del estado en sus porciones centro y sur queda comprendida dentro de la región hidrológica "Río Balsas", conocido también como Atoyac, Mezcala o Zacatula, este es uno de los más importantes ríos de la República Mexicana. Nace unos 40 km. al norte de la ciudad de Tlaxcala, Tlax.; en los límites de este estado con el de Puebla. En sus orígenes se llama río Zahuapan y al confluir con el Atoyac, unos 10 km. al norte de Puebla, toma este último nombre.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

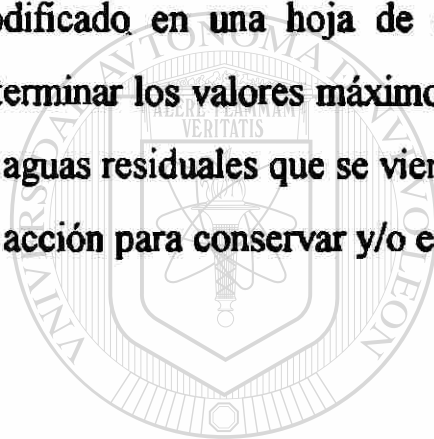
El río Atoyac que da origen al Balsas, se forma a partir de los escurrimientos que bajan por vertiente norte del Iztaccihuatl desde una altitud de 4000 m.s.n.m. en los límites de los estados México-Puebla.

En la cuenca Puebla-Tlaxcala, existe un desarrollo industrial importante. En lo que se refiere a la agricultura, la cuenca incluye el distrito de riego 030 Valsequillo con 345,340 has. regadas y al Atoyac-Zahuapan con 6,029 has.

regadas. Debe mencionarse que esta es la región más densamente poblada de la cuenca.

Sus afluentes principales son el Río Atoyac-San Martín Texmelucan, el lago Totolzingo y el Río Zahuapan.

Este último es la principal corriente de Tlaxcala y cuyo estudio en el presente trabajo, tiene la finalidad de conocer la capacidad de asimilación y dilución del río Zahuapan mediante la aplicación de un modelo matemático (SICLACOR modificado en una hoja de cálculo en excel 6.0 de Microsoft), así como determinar los valores máximos permisibles que deberán cumplir las descargas de aguas residuales que se viertan en la corriente con el fin de establecer líneas de acción para conservar y/o en su caso recuperar el río Zahuapan.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.2. Justificación.

La explotación de los recursos hidráulicos debe realizarse en forma racional en un marco de desarrollo sustentable, a fin de no provocar desequilibrios ecológicos y sobreexplotación del recurso, por lo que es necesario controlar las descargas de aguas residuales que se vierten a los cuerpos receptores, y una de las etapas para lograrlo es contar con Estudios de Clasificación de los cuerpos receptores que nos indique la calidad de sus aguas, así como la calidad de las aguas residuales que se reciben, su localización y su influencia en otros cuerpos receptores (CNA, 1992)

Es importante por todo lo que conlleva a la preservación de las corrientes superficiales, no perturbar los mecanismos de las mismas, por lo que las descargas de aguas residuales tanto municipales como industriales, deberán tener características tales que la afectación al cuerpo de agua sea mínima.

Con la información de la Red Nacional de Monitoreo en lo que respecta a calidad del agua, se evaluaron las condiciones que prevalecen en las principales cuencas del país, mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA) que toma en cuenta 16 parámetros. Se concluyó que prácticamente todos los cuerpos de agua importantes tienen grandes problemas de contaminación. Se considera que por su nivel de contaminación se requiere atención prioritaria, en las siguientes cuencas: Pánuco, Lerma, Balsas, ... Mayo y Bajo Bravo. (Programa Hidráulico 1995-2000)

Para poder recuperar y preservar el Río Zahuapan, es indispensable realizar estudios específicos y sistemáticos, para determinar cual es la capacidad del cuerpo de agua y cuales son las restricciones para las descargas de cada uno de los aportadores, debiéndose establecer para las diferentes condiciones del cuerpo receptor. Asimismo para la eficiente operación de las plantas de tratamiento existentes en el estado que son alimentadas por el cauce del río.

El Gobierno Federal, ha establecido planes y programas de desarrollo para la población, cuyos objetivos en relación al factor agua, son; conocer de cuanta se dispone en el país, de que calidad, donde se localiza y a que usos se destina, con el fin de reglamentar su conservación y manejo en forma racional y adecuada en beneficio de la población.(LAN, 1992)

La clasificación de las corrientes superficiales permitirá conocer su capacidad de dilución y asimilación y las cargas de contaminantes que éstas puedan recibir. Así también, verificar si la calidad del agua es adecuada para los usos actuales y potenciales, de no ser así, regular las fuentes de contaminación que se viertan en estas.

El estudio de clasificación de la corriente servirá para elaborar las declaratorias de clasificación, las cuales serán la base técnico-jurídica en las que se basará la CNA conforme al Artículo 89 de la Ley de Aguas Nacionales, para otorgar los permisos a los responsables de las descargas de aguas residuales, que se viertan o verterán a ella.

1.3 Objetivos.

Generales.

-Determinar la capacidad de asimilación y dilución de la corriente y las cargas de contaminantes que ésta pueda recibir; mediante información de calidad del agua.

- Determinar los parámetros y sus valores máximos permisibles que deberán cumplir las descargas de aguas residuales, que se viertan o verterán a la corriente

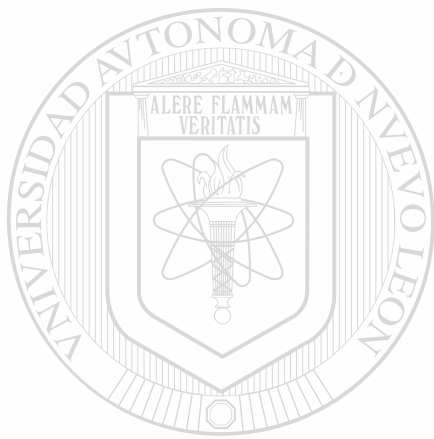
Particulares.

- Determinar las características y condiciones de la corriente, obtenidas en laboratorio y campo, y evaluadas mediante la aplicación de expresiones matemáticas.

- Determinar las metas de calidad del agua de la corriente, de acuerdo a su uso actual y potencial, y los plazos (corto, mediano y largo) para alcanzarlas.

- Establecer la factibilidad técnica de las descargas para cumplir con los valores de los parámetros fijados.

- Definir las estrategias generales de las líneas de acción para restaurar o mejorar el Río Zahuapan.
- Identificar los usos actuales del río Zahuapan, así como las fuentes de contaminación de la corriente.
- Clasificar la corriente con base en los diferentes usos del agua que se tienen a lo largo de su recorrido, considerando los actuales y potenciales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 La reología.

(Morales Juárez, 1996).

Los primeros estudios reológicos fueron realizados en la segunda mitad del Siglo XIX en el río Croult, cerca de París, por el Sr. Gerardin quien encontró condiciones nocivas resultantes de descargas de desechos orgánicos. Hacia el año de 1884 tuvieron lugar estudios en el río Illinois de los Estados Unidos del Norte de América, efectuados por Kofoid.

Los países que han dado la importancia necesaria al estudio de la contaminación de corrientes superficiales son pocos, sin embargo, los conocimientos obtenidos por los países más desarrollados son amplios y complejos y desde que su difusión se incrementó en los países que no habían tomado en cuenta el aspecto de contaminación de las aguas, se logró que éstos pudieran aprovechar experiencias y estudios muy valiosos, inclusive hasta la fecha.

Con el desarrollo de la Ecología y Microscopía se ha llegado a una mejor comprensión en el estudio de la autodepuración de corrientes.

2.2 Condiciones físicas, químicas y biológicas que afectan a una corriente.

La corriente de agua de un río proviene de las precipitaciones pluviales en la cuenca de recogida de las aguas. Las avenidas se presentan merced a la lluvia o a la fusión de nieves. En los períodos de secas la corriente se mantiene por el agua de los lagos, pantanos o por almacenamientos subterráneos.

El escurrimiento de una cuenca es la cantidad de agua que es captada por dicha cuenca. Una corriente fluvial es la parte visible del escurrimiento, incluye al agua que entra en el cauce, procedente del terreno, así como la que es conducida transitoriamente en la cuenca y evacuada posteriormente a la corriente fluvial.

Los factores que afectan a una corriente son numerosos y varían de acuerdo a la localización geográfica de la misma.

A continuación se exponen las condiciones físicas, químicas, y biológicas más importantes.

2.2.1 Factores físicos

Los factores físicos más importantes en una corriente por los efectos que producen son: temperatura, insolación, turbiedad, movimiento del agua, la sedimentación y los sedimentos bentales, así como la topografía.

A) Temperatura . Se entiende por temperatura a la energía cinética de las partículas de una sustancia, que en nuestro caso es el agua. La temperatura de una corriente varia de acuerdo con las estaciones del año y según sea el valor de ella se producen variaciones en el plancton (todos los microorganismos vivos que se encuentran en suspensión) del río.

En las corrientes existe una estratificación térmica cuya diferencia vertical es afectada por el movimiento del agua, es por esto que es más observable en los cuerpos de agua estancada, como lagos; sin embargo la estratificación térmica en una corriente puede ser evidente en los remansos o lugares donde la velocidad sea baja.

Las lecturas de temperatura se toman con termómetros especiales. Temperaturas inferiores a la normal indica la incorporación de agua subterránea o superficial.

A temperaturas más altas (hasta 60°C aprox.) la actividad biológica es mayor, de ahí que se haga una diferenciación entre las bacterias saprófitas del tipo mesofílico, termofílico y psicofílico.

Las lecturas de temperatura se aplican en los cálculos de las distintas formas de alcalinidad y en estudios de estabilidad y saturación con respecto al carbonato de calcio.

B) Insolación .- Las condiciones de luz en las corrientes son distintas de las que privan en aguas estancadas, debido a que la materia en suspensión no se sedimenta tan rápidamente.

En corrientes que arrastran mucha materia en suspensión la turbiedad disminuye la luz y como consecuencia la fotosíntesis se ve disminuida. La estructura de la luz producida por turbiedad también está sujeta a fluctuaciones que dependen de la cantidad de agua superficial recibida en la corriente que afectan el poder de arrastre del agua.

La cantidad e intensidad de luz que recibe una corriente varía también con la orientación de la misma, su localización geográfica y estación del año.

Debido al proceso fotosintético queda almacenada cierta cantidad de energía en vegetales como las algas, que contienen clorofila.

Absorción de la Luz. La energía solar dirigida a una masa de agua no penetra en su totalidad por la superficie de ésta, sino que alguna es reflejada aumentando esta en cantidad a medida que el ángulo de incidencia va siendo más agudo. La reflexión aumenta cuando el viento provoca ondulaciones en la superficie del agua.

Los investigadores James y Birge realizaron estudios sobre la absorción de la luz por el agua de los lagos y dieron a conocer valores de velocidad proporcional y longitudes de onda próximas al valor medio para cada color del espectro visible. (Morales Juárez 1996)

La distribución espectral de la energía solar cambia conforme aumenta la profundidad. Debido al color verdadero (sustancias disueltas) y al color aparente (sustancias en suspensión) que contienen las aguas naturales.

C) Turbiedad.- La turbiedad del agua es la apariencia oscura que está presente debido a la presencia de sólidos suspendidos, tanto orgánicos como inorgánicos, entre los que se puede citar la arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos.

La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra de agua que hace que los rayos luminosos se dispersen y absorban en lugar de que se transmitan en línea recta a través de ella.

Los intentos para relacionar la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos suspendidos son prácticos, porque el tamaño, forma e índice de refracción de las partículas son ópticamente de menor importancia.

Las corrientes presentan fluctuaciones grandes de turbiedad sobre todo en época de avenidas.

Tanto el reoplancton como las plantas sumergidas son afectadas por la turbiedad, valores pequeños de la misma no afectan al proceso fotosintético excepto a profundidades grandes o valores de turbiedad mayores de 50 mg/l. en

los que la luz puede ser cortada casi completamente, excepto en los estratos cercanos a la superficie.

Como se puede deducir de lo expuesto, la calidad y carácter de los sólidos suspendidos varía de acuerdo con la estructura geológica de la cuenca y en aguas que han sido contaminadas, con el volumen y naturaleza de los desechos descargados en la corriente.

Los valores de turbiedad se expresan numéricamente con unidades que corresponden a turbiedades producidas por el equivalente en mg/l de sílice finamente dividido. No todo el material que produce turbiedad tiende a depositarse por gravedad. Las partículas inorgánicas forman bancos de lodos que se descomponen produciendo compuestos orgánicos e inorgánicos, los cuales se integran al agua. Los lodos bentales proporcionan abrigo a gusanos, larvas y formas más evolucionadas de vida animal.

D) Movimiento del Agua.- La acción del oleaje que es una consecuencia de la acción del viento no es tan proporcionada en las corrientes como en los grandes lagos.

Las zonas amplias de los ríos y sus recodos están sujetos a disturbios constantes en su superficie que son transmitidos a los estratos inferiores, sin embargo los efectos dinámicos y los producidos por las corrientes son de mayor importancia.

Condiciones moderadas de velocidad de escurrimiento permiten que los procesos vitales de la mayoría de los organismos unicelulares continúen prácticamente iguales que en aguas estancadas, sin embargo las formas filamentosas y adheridas de algas son afectadas considerablemente.

En el caso de escurrimiento turbulento los organismos más frágiles son destruidos y sobreviven los más resistentes; de ahí se desprende que existan especies distintas en las cercanías de la ribera de los ríos a las que viven en su parte central; así mismo la distribución de velocidades en la sección transversal de una corriente está reflejada por el desarrollo de organismos que se presentan en distintas partes de la corriente.

2.2.2 Alteraciones Químicas

Las alteraciones químicas en el agua son producidas por compuestos químicos vertidos, y son quizá los más importantes y los más comunes, tanto por los efectos que producen como por las consecuencias funestas que acarrearán, estos compuestos químicos causantes de las alteraciones pueden ser de tipo orgánico e inorgánicos.

Los principales compuestos orgánicos que se encuentran en el agua, son los carbohidratos, proteínas y lípidos, los cuales entran en descomposición biológica agotando el oxígeno disuelto.

Los compuestos inorgánicos provienen de todas las fuentes de contaminación, se presentan en forma de solución, coloidales y material suspendido, estas

sustancias no presentan un mayor problema, a menos que se encuentren en concentraciones muy altas aumentando la salinidad del agua.

Sustancias inorgánicas como sales de fósforo, nitrógeno y azufre, tienen una importancia relevante por ser los principales nutrientes requeridos para el desarrollo de la vida acuática, sin embargo en cantidades excesivas provocan un desequilibrio ecológico en el cuerpo de agua.

La mayor parte de las sustancias inorgánicas (cloruros, sulfatos silicatos, óxidos metálicos, etc.) son relativamente estables y no están sujetos a procesos de biodegradación, por lo que el grado de autopurificación que presentan los cuerpos de agua con respecto a estos contaminantes estará en función de su poder de dilución y de la sedimentabilidad de dichos compuestos.

Sustancias tóxicas (sales mercuriales, sustancias químicas, plaguicidas, compuestos radioactivos, etc.) que no se degradan en el cuerpo de agua o lo hacen muy lentamente pueden exhibir dos tipos de toxicidad: efectos inmediatos o efectos a largo plazo.

Estos contaminantes no solo se acumulan, sino que además resultan a menudo “magnificados biológicamente” a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas alimenticias en el cuerpo de agua.(E.P. Odum; 1972)

2.2.3 Alteraciones Biológicas

Las alteraciones biológicas son por una parte, el aumento en la presencia de microorganismos patógenos (principalmente bacterias y virus) capaces de producir enfermedades y por otra, la ausencia de animales y plantas debido a la carencia de oxígeno disuelto en el medio acuático.

Aguas provenientes de la agricultura y de pequeñas comunidades rurales generalmente son enviadas a los cuerpos receptores ocasionando con ello una contaminación localizada o en su caso un incremento en la contaminación. Reconociendo que la contribución per cápita bacteriana es del orden de los 200 millones por día podemos entender el significado de este tipo de contaminación. (Clarence J. Velz ;1970)

La contaminación microbiana de los cuerpos receptores cobra una gran importancia por sus repercusiones sobre la salud humana ya que muchos microorganismos causantes de enfermedades son ampliamente distribuidos en las aguas, este tipo de contaminación proviene en su mayoría de excretas humanas y animales.

Muchas especies de patógenos son capaces de sobrevivir en agua y mantener sus capacidades infecciosas por largos periodos de tiempo; estos patógenos incluyen diversas especies de bacterias, virus, protozoos y helmintos.

2.2.4 La Demanda Bioquímica de Oxígeno y el factor tiempo.

Se conoce como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a la representación de oxígeno disuelto molecularmente que necesitan los microorganismos aerobios para la estabilización de la materia orgánica, en condiciones específicas de temperatura, tiempo y dilución,

Procesos de Descomposición: Aerobio y Anaerobio.

En la naturaleza existen dos ciclos muy importantes involucrados con la descomposición de la materia orgánica:

- a).- El ciclo de descomposición aerobia, en el que los microorganismos utilizan oxígeno para descomponer a la materia orgánica
- b).- El ciclo de descomposición anaerobia, en el que no se utiliza oxígeno .

Tanto el nitrógeno como el azufre son dos elementos importantes en la síntesis y descomposición de la materia orgánica, pero no son los únicos; existen otros elementos involucrados que pueden ser incluidos en los diagramas de flujo.

Etapas de la DBO.

La DBO se lleva a efecto en dos etapas .

a) Primera etapa:

En esta etapa la mayoría de la materia carbonácea es oxidada (se desdobla) y es convertida en CO_2 , simultáneamente se lleva a efecto la oxidación de materias nitrogenadas a amoníaco.

La etapa comienza inmediatamente y finaliza alrededor de los primeros veinte días de incubación de una muestra de agua a 20°C y se caracteriza por una continua caída de la DBO para cada espacio de tiempo. Si se considera una incubación de la muestra a 20°C durante cinco días y un coeficiente de velocidad de reacción de 0.1 se tiene que la DBO obtenida corresponde al 68% de la última demanda de DBO requerida para la completa estabilización de la materia orgánica.

b).- Segunda etapa.

Esta etapa incluye la oxidación de la materia nitrogenada la cual es transformada en nitritos y nitratos, comienza inmediatamente después de la primera etapa y su duración es bastante larga.

Se considera que a los 100 días o más es posible lograr la estabilización completa de las aguas residuales.

Estabilidad Relativa.

Como la satisfacción de la DBO se produce ajustándose a periodos de tiempo bien definidos, la realización de exámenes que determinan cuando se agota el oxígeno contenido en una agua contaminada o en el efluente de una planta de tratamiento, darán a conocer también la cifra en la que se ha satisfecho la DBO correspondiente a la primera fase.

Se ha establecido una prueba de laboratorio que consiste en adicionar una pequeña cantidad de azul de metileno anilina a una muestra de agua. Cuando se ha agotado el oxígeno el líquido se encontrará en las condiciones anaerobias y el color del tinte disminuirá debido a los compuestos sulfurosos.

El tiempo necesario para decolorar la muestra indica la proporción en que se ha satisfecho la demanda de la primera fase o, considerando que en estas condiciones se ha llegado a la estabilidad, indicará la estabilidad relativa. Por medio de la ecuación siguiente se puede calcular la estabilidad relativa si se conoce el tiempo necesario para la decoloración:

$$S = \left(\frac{S_t}{La_t} \right) 100 = 100(1 - 10^{-k_t})$$

que puede expresarse como :

$$S = 100(1 - 0.794^{t(20)}) \quad \text{ó} \quad S = 100(1 - 0.605^{t(37)})$$

Donde :

S = estabilidad relativa en porciento ;

t_{20} ó t_{37} = tiempo en días necesario para la decoloración cuando las muestras se mantienen a 20 y 37 °C respectivamente.

Los efluentes de las plantas de tratamiento que no se decoloran en 4 días se consideran prácticamente estables y no deben ser perjudiciales si se vierte en una corriente.

El examen de la estabilidad relativa es tosco y por ello no debe sustituir a la determinación de la DBO; no tiene valor para el ensayo de aguas residuales crudas o que sólo hayan pasado por una sedimentación.

El factor Tiempo.

El tiempo medio de exposición del agua a las fuerzas de autodepuración es, en términos matemáticos :

$$\frac{C}{Q} \text{ ó } \frac{L}{v}$$

Donde :

C = Capacidad volumétrica de la unidad de tratamiento.

Q = Velocidad del flujo.

L = Longitud o profundidad de la unidad de tratamiento.

v = Velocidad a través del área de la sección transversal de la unidad.

Como se ha visto la depuración de una corriente depende del tiempo, dicha dependencia se expresa como una constante **K** de velocidad específica de reacción con unidades de tiempo a la -1 .

2.3 Zonas de una corriente que recibe aguas residuales

(Lora Soria F. y Miro Chavarria; 1978)

2.3.1 Zona Polisaprobia.

Esta zona comienza con el punto de vertido de aguas usadas y se prolonga aguas abajo. La concentración de oxígeno disminuye progresivamente e incluso puede desaparecer por completo. Las aguas tienen un aspecto sucio y, a lo largo del río, se transforman en no aptas para el desarrollo de la vida superior, cuyas formas se sustituyen paulatinamente por otras inferiores.

A partir de este punto en el que la concentración de oxígeno desciende por debajo del 45 % del punto de saturación, los peces mueren por asfixia. Los metazoos son escasos, pero se encuentran algunos rotíferos y larvas de diversos insectos.

El numero de bacterias es muy elevado (1-10 millones/ml) desarrollándose algunas típicas de las aguas residuales (*Sphaerotillus natans*, *leptomitus* y *achlya*). Estos organismos, llamados impropriamente hongos de aguas negras, forman grandes masas filamentosas, que a veces, se adhieren a los materiales del fondo o paredes del cauce o a cualquier objeto, especialmente a los tallos y piedras de las orillas. También se encuentran verdaderos hongos que sustituyen a las plantas verdes y que se alimentan con materia orgánica.

En esta zona las aguas contienen sustancias orgánicas muy diversas, que provienen de la degradación parcial de la materia orgánica. Si las aguas residuales añadidas al río son de origen municipal, contienen, entre otras materias: proteínas y productos de descomposición de éstas. También se encuentran CO y SH_2 , procedentes de la descomposición biológica de las proteínas y de la reducción de SO_4 .

Una característica de esta zona es el depósito de lodos negruzcos que señalan la presencia de sulfuro de hierro. El depósito de lodos contaminados en una corriente de agua es uno de los factores que hay que tener en cuenta en el estudio de la contaminación. Aunque en el caso de vertidos intermitentes, la contaminación de las aguas puede ser un fenómeno transitorio.

Tomando las demandas biológica y química de oxígeno DBO_5 y DQO como parámetros globales del contenido de materia orgánica, esta zona se caracteriza por unos valores que oscilan entre 15 y 60 mg/l de oxígeno para la DBO_5 y 150 mg/l de oxígeno para la DQO .

2.3.2 Zona α -mesosaprobia.

En esta zona se inicia la recuperación del río. Las características que presentan sus aguas son muy semejantes a las de las aguas residuales diluidas; aunque se siguen produciendo fenómenos de oxidación de la materia orgánica, el contenido de oxígeno disuelto ya es suficiente para la vida de los organismos superiores.

El número de bacterias (0.1 - 1 millón/ml) disminuye, mientras que el de protozoos, rotíferos y crustáceos aumenta progresivamente. También viven diversas especies de peces que toleran los cambios bruscos en la concentración de oxígeno (ciprinidos).

Los habitantes típicos son *Oscillatoria*, *Euglena* y *Navicula*. También abundan los hongos *Fusarium* y larvas de insectos.

El contenido de oxígeno de esta zona es mayor que en la polisaprobia aunque experimenta grandes variaciones a lo largo del día, pues en parte, se origina en la función clorofílica de diversos organismos verdes que en ella habitan. Por tanto, durante la noche, al faltar la función clorofílica, se produce un déficit de oxígeno disuelto pues la cantidad de éste que se requiere para oxidar la materia orgánica, es todavía muy elevada.

Una diferencia notable entre los lodos depositados en las zonas polisaprobias y mesosaprobias es que en estas últimas no son negruzcos, ya que la

descomposición de la materia orgánica se realiza preferentemente por vía aerobia y no se producen grandes cantidades de H₂S.

El lodo suele tener un color verde, debido a la presencia de algas cianofíceas. Sobre estos sedimentos se desarrollan poblaciones de diversos gusanos (anélidos, poliquetos, tubifex), moluscos y larvas de insectos.

Los valores de demanda biológica y química de oxígeno son, respectivamente, DBO₅ 5 - 10 mg/l y DQO 20 - 50 mg/l de oxígeno.

2.3.3 Zona β-mesosaprobia.

Al llegar a esta zona la recuperación del río ya está muy adelantada y es en ella en la que se completa el proceso de autodepuración.

Las aguas son ricas en oxígeno y con frecuencia pueden llegar a la saturación; el número de bacterias disminuye hasta menos de 100,000/ml.

Por último, se registra la presencia de un gran número de especies de microflora y microfauna, así como de peces.

2.3.4 Zona oligosaprobia.

En esta zona las aguas del río ya han alcanzado el aspecto y características que presentan en el estado natural; la vida vegetal y animal se desarrolla

normalmente, con la única limitación impuesta por el clima y las condiciones de la región por donde aquel escurre.

En la zona oligosaprobia tienen lugar los procesos de mineralización de la materia orgánica que está presente en el agua de modo natural y que proviene principalmente de las actividades metabólicas de la fauna y flora así como de la descomposición de las especies muertas.

El número de bacterias es inferior a 10,000/ml y la fauna y la flora son muy variadas y abundantes y existe una gran cantidad de larvas de insectos que sirven de alimento a los peces.

Al igual que en la zona mesosaprobia, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua son muy elevadas.

Los fenómenos de descomposición bioquímica se realizan por vía aerobia, los lodos en estado de putrefacción han desaparecido por completo y no se registra ningún desprendimiento de burbujas gaseosas.

La DBO_5 oscila entre 2 y 4 mg/l y la DQO entre 10 y 20 mg/l.

3. Marco Legal

La clasificación de cuerpos receptores a nivel cuenca persigue la mejor planeación y administración del recurso hidráulico, a través de la determinación de los usos actuales y potenciales del agua, de las características de calidad que deben conservarse para mantener dichos usos y de la capacidad autopurificadora de los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales, así mismo, la realización de estos estudios garantiza el uso óptimo del agua y recomienda los dispositivos de tratamiento. (Flores, 1986)

Es derecho y obligación de la Federación aprovechar adecuadamente los recursos naturales y disponer los instrumentos legales que permitan enfrentar los problemas de contaminación.

3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Constitución política es la base de la legislación ambiental, marcando en su artículo 27 la propiedad de las tierras y aguas comprendidas en el territorio nacional.

3.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA en el Título tercero “Aprovechamiento sustentable de los elementos naturales”, capítulo III que se refiere a la prevención y control de la contaminación del agua de los ecosistemas acuáticos, menciona que:

Artículo 117. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

- I.** La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;
- II.** Corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

Artículo 118. Los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua serán considerados en:

- VII.** La clasificación de cuerpos receptores de descarga de aguas residuales, de acuerdo a su capacidad de asimilación y dilución y la carga contaminante que estos puedan recibir.

3.3 Ley de Aguas Nacionales

En su Título Séptimo para la prevención y control de la contaminación de las aguas, artículo 86 menciona que: la CNA tendrá a su cargo formular

programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas hidrológicas y acuíferos, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua.

Artículo 87. La CNA determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia.

Las declaratorias contendrán:

- I. Delimitación del cuerpo de agua clasificado;
- II. Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los periodos previstos en el reglamento de esta ley;
- III. La capacidad del cuerpo de agua para diluir y asimilar contaminantes; y
- IV. Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga

La Ley de Aguas Nacionales se apoya en el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas.

3.4 Criterios de la calidad de los cuerpos de agua.

En la república mexicana, como en la gran mayoría de los países se han establecido las normas y criterios que rigen a la calidad del agua para los diferentes usos; con fecha 13 de Diciembre de 1989, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el último documento al respecto.

Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (Anexo 1 Tablas, Definiciones, Criterios Ecológicos de calidad del agua)

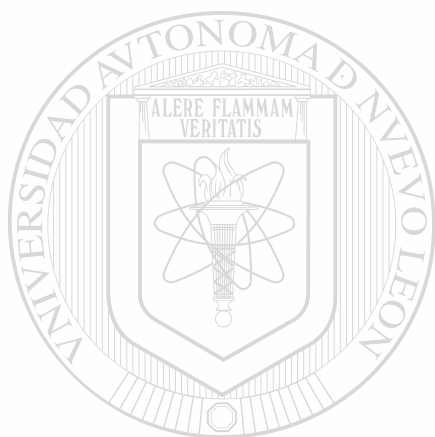
3.5 Gobierno del Estado

Es importante mencionar que de acuerdo en lo descrito en el plan de Trabajo estatal descrito en el periódico oficial del Gobierno del Estado de Tlaxcala 1993-1999 uno de los objetivos esenciales es revertir el proceso de deterioro ecológico y preservar los recursos naturales.

De tal manera que dentro de las políticas y lineamientos de acción en este rubro las más significativas son:

- Estimular la investigación científica y el desarrollo tecnológico de orientación agropecuaria, forestal y ecológica, acorde a las circunstancias de la entidad.

- Impulsar proyectos abocados a la preservación ecológica, concientizando y capacitando acerca de técnicas disponibles para el ahorro y uso eficiente del agua.
- Fomentar la ejecución de programas anuales de conservación de las principales corrientes y drenes
- Promover el manejo integral de cuencas, que generen alternativas para evitar el deterioro de las mismas.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4. Modelos matemáticos

La elección de estrategias y acciones correctivas para saneamiento de una corriente superficial afectada por el vertimiento de contaminantes en su cauce o la implantación de medidas preventivas para conservar la calidad de un cuerpo de agua, debiera estar sustentada en la simulación del comportamiento de la calidad con respecto a la distancia y al tiempo, con el objeto de garantizar que sean realistas y eficaces a la vez.

La forma más sencilla y accesible para realizar una simulación de calidad del agua, es emplear modelos matemáticos correlacionando los parámetros de interés sanitario o ambiental de los que existen datos provenientes de mediciones y cuyos mecanismos de evolución en el medio acuático sean conocidos.

Al emplear un modelo matemático deberá tomarse en cuenta que sólo va a proporcionar una representación aproximada de las condiciones reales, y que, mientras mayor precisión sea requerida, será mayor el número de variables que deban agregarse al modelo, con las consiguientes complicaciones debidas al cúmulo de información requerida y por incrementarse significativamente las necesidades de tiempo para los cálculos a efectuar, de ahí que al escoger un modelo será suficiente con que se consideren las principales entradas y salidas de materia y energía del sistema.

Actualmente se han desarrollado diferentes modelos para simular la calidad del agua en corrientes superficiales, centrados principalmente en el

comportamiento del oxígeno disuelto, ante la presencia de materia orgánica provenientes de distintos tipos de descargas de aguas residuales, en virtud de que el contenido de oxígeno disuelto es fundamental para el sostenimiento de la vida acuática aerobia, así como para cualesquiera de los usos a que el agua se destinen.

Para efectuar el balance de oxígeno, algunos modelos consideran solamente las principales entradas y salidas, como la reaeración a través de la superficie del cuerpo de agua, la solubilidad en función de la temperatura y la remoción debida a la actividad microbiana sobre la materia orgánica carbonosa. En cambio modelos más detallados incluyen además la producción de oxígeno por la actividad fotosintética de las algas, la solubilidad en función de la presión barométrica y la remoción por oxidación del nitrógeno amoniacal en el proceso de nitrificación, por la demanda bioquímica de oxígeno de los sedimentos y por la respiración de las algas.

Algunos modelos han sido diseñados para simular otros parámetros distintos al oxígeno disuelto, que pueden o no estar relacionados con él; por ejemplo: la demanda bioquímica de oxígeno, la temperatura, nitrógeno orgánico amoniacal, nitritos, nitratos, fósforo orgánico y soluble, algas (como clorofila), coliformes fecales y constituyentes conservativos.

Obviamente que mientras más parámetros puedan ser simulados por un modelo, mayor es su utilidad en programas de administración de la calidad del agua, pero su calibración y validación deben estar soportadas por una base de datos adecuada y confiable.

4.1 Fórmula de Streeter-Phelps

(Nemerow N. L., 1975).

4.1.1 Determinación de las constantes que componen el modelo

Constante de Desoxigenación (K_D)

Esta constante indica la velocidad con que se consume el oxígeno disuelto en un tramo de estudio como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica carbonosa y nitrogenada que contiene, y se calcula con el objeto de conocer la cantidad de oxígeno que pierde el cuerpo receptor.

La utilización de oxígeno disuelto en el río sigue una reacción de primer orden como en el caso de la utilización de oxígeno disuelto en un frasco de DBO por bio-oxidación, en un tramo determinado del río con características químicas y biológicas semejantes, se puede determinar en el laboratorio al hacer las siguientes consideraciones:

La desoxigenación es constante a lo largo del tramo de la corriente

La reacción en la corriente y en los frascos es de primer orden. La DBO_u es la medición de la materia orgánica total presente en el tramo de la corriente

Se conservan condiciones fijas a lo largo del tramo considerado

$$K_D = \frac{1}{T_R} * \ln \frac{L_0}{L}$$

Donde:

K_D = DBOu al inicio (mg/l)

L = DBO en el tiempo t

T_R = Tiempo de recorrido en días

Constante de remoción de DBO (K_R)

Quando la remoción de DBO es producida por otros mecanismos aparte de la bio-oxidación como son sedimentación y absorción, se debe incluir en el modelo la constante K_R .

$$K_R = K_D + K_3$$

Donde:

K_3 = Tasa de remoción debida a la sedimentación y/o absorción

Quando los fenómenos mencionados no existen $K_R = K_D$.

Constante de reaereación (K_2)

La reaereación del agua de un río es un proceso natural de transferencia de masa. La tasa de transferencia de masa de oxígeno en un río depende de las características del agua, temperatura, del gradiente de oxígeno y del gradiente de presiones parciales, así como del aire del segmento donde la transferencia es el tipo de difusión molecular.

La forma general deducida en base a la primera ley de Fick es:

$$K_2 = aU^m H^{-n}$$

En donde:

U y H = Velocidad y profundidad media respectivamente

K_2 = Coeficiente de reaereación

a, m y n = Parámetros característicos de cada río en particular

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Formula propuesta por O'Connor para una temperatura de 20 °C

$$K_2 = \frac{4.0 * U^{1/2}}{H^{3/2}}$$

Donde:

U = Velocidad media en m/s

H = Profundidad media en m

Corrección por temperatura

La temperatura es uno de los más importantes factores en cualquier sistema biológico. Los cambios de temperatura producen aumento o reducción de la velocidad de reacción así como en la transferencia de oxígeno.

Cuando se requiere conocer las tasas de reacción y reoxigenación a diferentes temperaturas se emplea la expresión propuesta por Van't Hoff-Arrhenius.

$$K_t = K_{20}(\theta)^{T-20}$$

Donde:

T = Temperatura en la corriente en °C

θ = Coeficientes de temperatura

Corrección por volumen de escurrimiento

Los diferentes volúmenes de escurrimiento afectan a la autopurificación mediante la relación con la tasa de reacción (K_2). Investigaciones llevadas a cabo en relación a lo anterior han dado por resultado la ecuación siguiente.

$$K_2 = a * Q^b$$

En donde la tasa de reaeración varia directamente proporcional a una constante “a” y en forma potencial a una constante “b” para cada río en especial.

Para obtener las constantes mencionadas se debe contar con un mínimo de tres valores de K_2 , para tres diferentes Q, en esta forma se puede establecer la ecuación.

$$\log K_2 = \log a + \log b * Q$$

Los tres valores diferentes se grafican en papel logarítmico y se determinan los valores a y b.

4.1.2 Parámetros que intervienen en el modelo

Oxígeno Disuelto

El valor de oxígeno disuelto que se emplee en el modelo será el determinado estadísticamente por el percentil 25 en base a los datos obtenidos en campo.

Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno utilizada es la llamada de termino largo o DBO_u. Se debe obtener la relación de DBO_u a DBO₅ cuando se determine la K_D . Este valor se empleará después con el valor de DBO₅ seleccionado que

será para cada punto a analizar, el percentil 75 de los valores de campo medidos.

Volumen de escurrimiento

Para la calibración del modelo se utilizará el gasto de los siete días consecutivos más secos durante la etapa de muestreo y mediciones de campo. Lo anterior sirve para ajustar las constantes tanto de desoxigenación, remoción de DBO o reoxigenación.

Efecto de la carga bental.

Cuando el agua residual lleva muchos sólidos en suspensión capaces de sedimentarse, se efectúa una remoción más rápida de la DBO por este fenómeno y se obtiene la tasa K_R en ese tramo, sin embargo los sólidos sedimentables ejercen una DBO en el agua que escurre encima de ellos.

Esta carga debe ser considerada y agregada al modelo cuando este fenómeno sucede. El término que se agrega es:

$$Ds_B = \frac{s_B}{HK_2} * (1 - e^{K_2 t'})$$

Donde:

Ds_B = Déficit originado por la carga bental

K_2 = Tasa de reoxigenación

s_B = Demanda de lodos bentaes

t = Tiempo

H = Profundidad media en la corriente

Cuando el fenómeno antes descrito tiene lugar en una corriente la ecuación general se convierte en:

$$D = D_0 e^{-K_2 t} + \frac{K_D L_0}{K_2 - K_R} [e^{-K_R t} - e^{-K_2 t}] + \frac{S_B}{K_2 H} [1 - e^{-K_2 t}]$$

4.1.3 Otros parámetros

Demanda bioquímica de la materia nitrogenada

Cuando este fenómeno se presenta, el déficit de oxígeno ocasionado se calcula con la siguiente expresión:

$$D_N = 4.57^{K_n N_0} (e^{-K_n t} - e^{-K_2 t})$$

Donde:

K_n = Tasa de desoxigenación de la materia orgánica nitrogenada

N_0 = Concentración de la materia orgánica nitrogenada inicial

t = Tiempo

K_2 = Tasa de reoxigenación

Fotosíntesis y respiración

La solución general de estos dos fenómenos es:

$$D_F = \frac{R - P_o}{K_2} [1 - e^{-K_2 t}]$$

$$P_o = \frac{t_p}{24} * \frac{2}{P} * P_{max}$$

En donde:

D_F = Déficit de oxígeno por efecto de la fotosíntesis y respiración

R = Consumo de oxígeno por la respiración del plancton

P_{max} = Producción máxima de oxígeno por efecto de la fotosíntesis

K_2 = Tasa de reoxigenación

t_p = Tiempo de producción

t = Tiempo de paso

Carga remanente

Consiste en verificar que la carga orgánica al inicio de un tramo cualquiera sea sensiblemente igual a la carga removida por la corriente en este tramo más la no removida, en función del coeficiente de remoción y del tiempo de recorrido.

Esta se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_t = L_0 - L_0 e^{-K_R t}$$

Donde:

L = Carga orgánica como DBOu después de un tiempo t

L_0 = Carga orgánica como DBOu al inicio del tramo

K_R = Coeficiente de remoción

t = Tiempo de recorrido en el tramo en días

Balance de materia

El balance de materia o carga orgánica consiste en verificar que la carga orgánica al inicio de un tramo cualquiera sea sensiblemente igual a la carga inicial del tramo anterior menos la carga removida por la corriente en función al coeficiente de remoción y del tiempo de recorrido.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El balance de materia permite calibrar las constantes y verificar los resultados reportados por el laboratorio de DBO₅.

Déficit de Oxígeno

Al oxígeno disuelto necesario para que la corriente se equilibre se le llama “déficit de oxígeno” y se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = D_0 e^{-K_2 t} + \frac{K_D L_0}{K_2 K_R} (e^{-K_R t} - e^{-K_2 t})$$

Donde:

D = Déficit de OD en el tiempo t

D_0 = Déficit de OD inicial

L_0 = DBO última al inicio

K_2 = Tasa de reoxigenación

K_D = Tasa de desoxigenación

T_R = Tasa de remoción de DBO

t = Tiempo en días

L = DBO en el tiempo t

Tiempo crítico

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Es el tiempo necesario para la completa recuperación del río

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$T_c = \frac{1}{K_{Dc}(f-1)} \ln \left(f \left(1 - (f-1) \left(\frac{D_0}{L_0} \right) \right) \right)$$

Donde:

T_c = Tiempo crítico de recorrido en días

K_D = Tasa de desoxigenación

f = Factor de autopurificación

D_0 = Déficit inicial de oxígeno

L_0 = Carga orgánica en el tramo

El factor de autopurificación f es una constante de la autopurificación que se puede obtener en tablas (Ver tabla 25 Factor F) o bien calcularse

$$F = \frac{K_2}{K_D}$$

Donde :

F = Factor de autopurificación

K_2 = Constante de reaeración

K_D = Constante de desoxigenación

Carga Asimilable

Se refiere a la cantidad de materia orgánica que puede asimilar el río

$$L_c = \frac{D_c * f}{e^{(-k_D * T_R)}} (86.4)(Q)$$

Donde:

D_c = Déficit crítico de oxígeno

Q = Gasto

T_R = Tiempo crítico

f = Factor de autopurificación

$K_{Dc} = K_D$ corregida

Porcentaje de remoción en el cuerpo receptor

La cantidad de materia orgánica que puede removerse en un tramo de la corriente con respecto a la carga orgánica real y a la carga asimilable, se conoce como porcentaje de remoción

$$\%R_s = \left[\frac{(L_r - L_c)}{L_r} \right] 100$$

Donde:

L_r = Carga orgánica real que recibe el cuerpo receptor

L_c = Carga orgánica asimilable

4.2 Método de Thomas para determinar la Capacidad de Asimilación de las Corrientes.

Thomas ha desarrollado una útil simplificación de las ecuaciones de Streeter-Phelps para calcular las posibilidades de asimilación de una corriente. En este método, las constantes de la corriente K_1 y K_2 se calculan como en el punto anterior. Sin embargo, propone la utilización de un nomograma para determinar el déficit de oxígeno en cualquier momento aguas abajo de un vertido contaminante.

Inversamente se puede calcular la carga contaminante que produce un déficit crítico en la concentración de oxígeno disuelto, aplicando el mismo gráfico.

Thomas considera que la ecuación de Streeter-Phelps es difícil de aplicar y en gran parte de las aplicaciones solo se puede resolver después de varias pruebas; Considera que esta desventaja se puede evitar con la utilización de este gráfico.

Antes de utilizarlo hay que determinar K_1 , K_2 , DA y LA . Trazando una línea recta que una el valor apropiado de DA/LA en las ordenadas con el punto que represente el tiempo adecuado por la constante (K_{2t}), en la curva K_2/K_1 que corresponda, se obtiene entonces el valor D/LA en la intersección con las ordenadas.

Finalmente el valor apropiado del déficit al final del día se obtiene multiplicando LA por el valor en la intersección.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

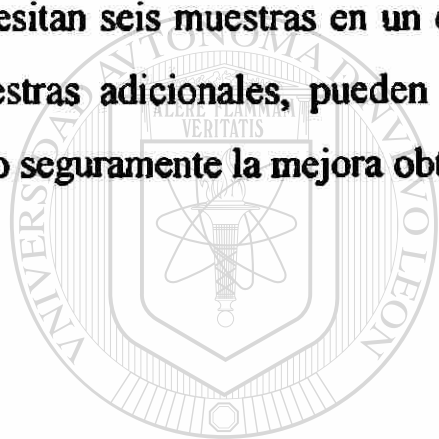
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.3 Método de Churchill de la Correlación Lineal Múltiple.

Del estudio de 24 muestras de un río tomadas en puntos apropiados Churchill y Buckingham encontraron que existía una adecuada correlación entre la DBO, OD, temperatura y caudal. En otras palabras, que la curva del oxígeno disuelto en la corriente depende sólo de tres variables DBO, temperatura y caudal.

Por el método de los mínimos cuadrados se puede obtener la línea de correlación, de forma que se puede predecir la curva del oxígeno, para cualquier carga. Este método elimina el problema de la determinación molesta y difícil de averiguar el tiempo de paso entre los puntos de muestras y las constantes resultantes (K_1 , K_2 y K_3).

Nelson N. Nemerow ha encontrado que el método de Churchill y Buckingham da una buena correlación, si cada muestra del río se recoge y analiza en condiciones máximas o mínimas de una de las tres variables. Solamente se necesitan seis muestras en un estudio para obtener unos resultados confiables, muestras adicionales, pueden producir una cierta exactitud complementaria, pero seguramente la mejora obtenida no compensa los esfuerzos realizados.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5 METODOLOGIA

El éxito de cualquier estudio de contaminación de corrientes se basa principalmente en la metodología utilizada dentro del proyecto, ya que esta debe ser clara y sencilla para poder obtener como resultado final la validez de los datos que se requieran y que servirán de base para evaluar la calidad del agua de la corriente en estudio.

5.1 Actividades de Gabinete

Se determina el área de trabajo con la ayuda de la cartografía disponible y actualizada proporcionado por INEGI, Gobierno del Estado y CNA, realizándose una revisión bibliográfica de los trabajos e investigaciones existentes de los temas relacionados con la recuperación de corrientes.

Se recopila la información existente sobre la cuenca en estudio, así como se visitan diferentes dependencias de gobierno (CGE, ECCAET, CNA) para obtener información específica sobre la corriente, los sistemas de tratamiento de agua existentes, el entorno general, localización, aspectos hidrológicos, climatológicos, y socioeconómicos entre otros.

Se establecen los tramos, estaciones y frecuencia de muestreo, de acuerdo al programa existente en la CNA (Calendario de muestreo en el río Zahuapan) para la clasificación del río Zahuapan y el programa de monitoreo continuo.

Se modifica el modelo matemático SICLACOR desarrollado por la CNA para realizar los estudios de clasificación de ciertos ríos, en una hoja de cálculo (Excel 6.0 de Microsoft) que es una compilación bibliográfica de Metcalf-Eddy (1994), Ramalho (1991), Fair Feyer, Okun (1996), Rivas (1978), Nemerow (1977) y CNA (1992), dado que el manual del modelo SICLACOR no contempla todos los parámetros incluidos en la modificación.

Se aplica el modelo matemático modificado del SICLACOR con los datos obtenidos en campo y laboratorio determinando la capacidad de asimilación y dilución de la corriente por tramos.

Se realizan las simulaciones a corto mediano y largo plazo para conocer las condiciones de descarga más representativas de la corriente con el fin de obtener una calidad de agua específica para los diversos tramos de la corriente de acuerdo a la calidad del agua que se pretende alcanzar.

Con los datos obtenidos en la modelación y simulación se evalúa la capacidad de asimilación, dilución, porcentaje de remoción y carga contaminante que puede recibir la corriente mediante las características de calidad del agua.

Se realiza un programa de visitas a las plantas de tratamiento más representativa tanto industriales como municipales, valorándose en base a los listados de la CNA, de acuerdo al volumen descargado al cuerpo receptor y a los valores descargados de los parámetros usados en el modelo. (Ver Tabla anexo 3. Plantas de tratamiento visitadas)

Se determinan los límites máximos permisibles de contaminantes para las descargas de aguas residuales, de acuerdo con las metas de calidad del agua, estimando los cambios de la situación actual debido al desarrollo previsto a corto y mediano plazo obteniendo el comportamiento de la corriente con dichos cambios.

Se evalúa la factibilidad técnica de cambio en las plantas de tratamiento actuales para la recuperación de la corriente y se definen acciones a realizar para mejorar la calidad del agua, de acuerdo a las metas establecidas para regular las descargas de aguas residuales.

5.2 Actividades de Campo

Después de conocer el área en base a la investigación bibliográfica y cartográfica se realiza un recorrido de la corriente para actualizar la información obtenida, validando las estaciones propuestas por la CNA en trabajos anteriores y dividiendo la corriente, de acuerdo a las variaciones en volúmenes, descargas, tomas, derivaciones y confluencias con otras corrientes, determinando también los parámetros a evaluar de forma directa sobre el río.

Los puntos de muestreo y aforo se establecen antes y después de las descargas, afluentes y aprovechamientos detectados, durante los meses de estiaje, recolectando tres muestra simples en cada punto establecido. La toma de muestras se realiza conforme a lo establecido en la normatividad vigente

(NMX-AA-003 Aguas residuales. Muestreo y NOM 001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales).

Se visitan los sistemas de tratamiento y/o descargas más representativas sobre la corriente considerando el gasto y la contaminación de la descarga como puntos específicos. Se realiza un recorrido por las instalaciones de la planta, con el objeto de conocer el tren de tratamiento de la misma; se entrevista al operador, además de verificar los registros internos de funcionamiento sobre los siguientes puntos: Variación del flujo, calidad del agua tratada, eficiencia de la planta, problemas de operación y puntos de descarga.

5.3 Actividades de Laboratorio

Los análisis y/o determinaciones requeridos en el estudio de la corriente se llevan a cabo en el laboratorio de la CNA delegación Tlaxcala, aplicándose las técnicas contenidas en las normas oficiales mexicanas que se presentan a continuación:

NMX-AA-007-1980. Aguas. Determinación de la temperatura. Método visual con termómetro.

NMX-AA-008/1980. Aguas. Determinación de pH. Método potenciométrico.

NMX-AA-028-1981. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno. Método de incubación por diluciones.

NMX-AA-030-1981. Análisis de aguas. Demanda química de oxígeno. Método de reflujo de dicromato.

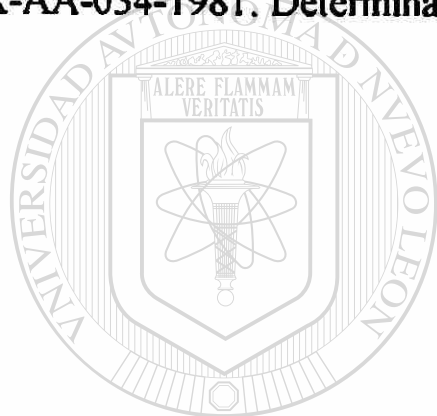
NMX-AA-042-1987. Aguas. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. Método de tubos múltiples de fermentación.

NMX-AA-077-1982. Aguas. Determinación de oxígeno disuelto.

NMX-AA-004-1977. Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales. Método del cono Imhoff.

NMX-AA-020-1980. Aguas. Determinación de sólidos disueltos totales. Método gravimétrico.

NMX-AA-034-1981. Determinación de sólidos en agua. Método gravimétrico.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6. ZONA DE ESTUDIO

6.1 Descripción de la corriente

El río Zahuapan es la principal corriente del Estado de Tlaxcala, tiene su origen en los escurrimientos que descienden de la vertiente sur del accidente orográfico conocido como sierra de Puebla. Escurre inicialmente al suroeste de la población de Atlangatepec, internándose al centro del estado de Tlaxcala con un curso irregular hasta que confluye con el río Atoyac.

Desde su nacimiento hasta confluir con el río Atoyac en el Estado de Puebla, el río Zahuapan recorre 82.75 km pasando a través de 42 municipios de los 60 existentes en el estado de Tlaxcala.

6.1.1 Aspectos Geográficos

Localización Geográfica

El estado de Tlaxcala se localiza en la parte centro oriente del país, entre las coordenadas geográficas extremas: al norte 19° 06' de latitud norte, al este 97° 37' y al oeste 98° 44' de longitud oeste. (Figura 1)

Se encuentra situado en las tierras altas del eje neovolcánico sobre la meseta de Anáhuac, a una altura por arriba de los 2,000 ms.n.m. y colindando al norte con

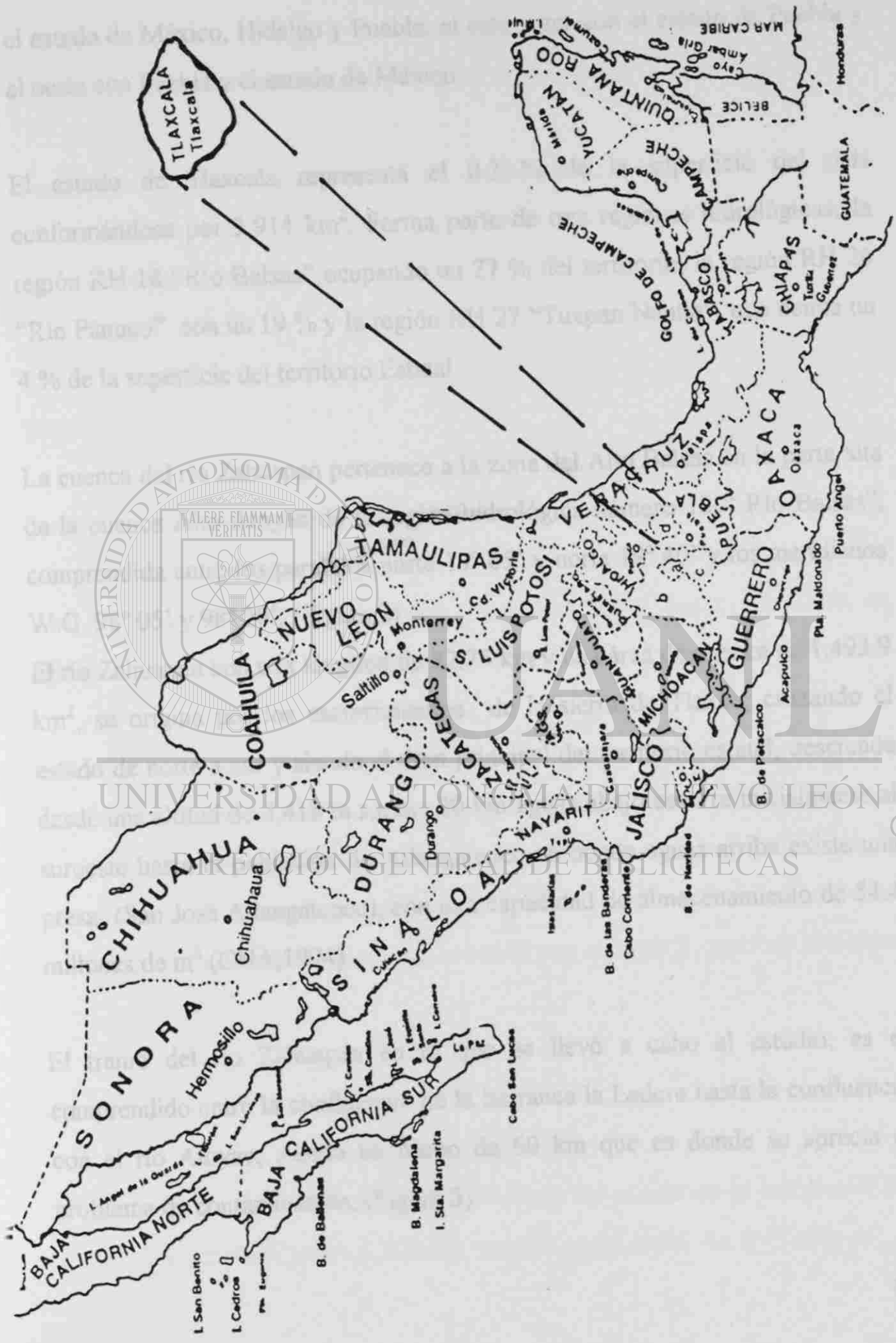


Fig 1. Localización del Estado de Tlaxcala en la República Mexicana

el estado de México, Hidalgo y Puebla; al este y sur con el estado de Puebla y al oeste con Puebla y el estado de México.

El estado de Tlaxcala representa el 0.2 % de la superficie del país conformándose por 3,914 km². Forma parte de tres regiones hidrológicas; la región RH 18 “Río Balsas” ocupando un 77 % del territorio; la región RH 26 “Río Pánuco” con un 19 % y la región RH 27 “Tuxpan Nautla” que ocupa un 4 % de la superficie del territorio Estatal.

La cuenca del río Zahuapan pertenece a la zona del Alto Balsas en la parte alta de la cuenca Alto Atoyac de la región hidrológica número 18 “Río Balsas”, comprendida entre los paralelos norte 19° 05' y norte 19° 40' y los meridianos W.G. 98° 05' y 98° 20'. (Figura 2)

El río Zahuapan con una longitud de 82.75 km y una área de cuenca de 1,493.9 km², se origina por los escurrimientos de la sierra de Tlaxco, cruzando el estado de norte a sur y siendo el dren principal del territorio estatal, desciende desde una altitud de 3,418 m.s.n.m., 20 km aguas abajo escurre inicialmente al suroeste hasta la población de Atlangatepec en donde aguas arriba existe una presa (San José Atlangatepec), con una capacidad de almacenamiento de 54.4 millones de m³ (CNA,1994).

El tramo del río Zahuapan en el que se llevó a cabo el estudio, es el comprendido entre la confluencia de la barranca la Ladera hasta la confluencia con el río Atoyac, siendo un tramo de 60 km que es donde se aprecia el problema de contaminación. (Figura 3)

Municipios que atraviezan la corriente en su recorrido

Dentro de esta cuenca se ubican 42 de los 60 municipios con que cuenta el estado, concentrándose el 72 % de la población total en la subcuenca de esta corriente con un 37 % del territorio total estatal. (Ver tabla 4)

Vegetación

La vegetación existente en el estado es predominantemente representativa de climas templados fríos con especies como pino, encino, oyamel y sabino, los bosques existentes son de coníferas y encinos, los cuales se localizan en altitudes de 2,568 m.s.n.m o más abarcando un 13.38 % de la superficie estatal.

Los sistemas de gran llano con lomeríos al este, la llanura de piso rocoso con lomeríos al oeste y los lomeríos al sur de la entidad, están dedicados actualmente a las labores agrícolas, por lo que no son representativos de la vegetación del estado y son los únicos en donde no existe bosque, presentándose además vegetación secundario con chaparral y pastizal inducido.

Climatología

Un factor importante que influye en el clima del estado es la incidencia del viento. A Tlaxcala llegan dos tipos de vientos: por el norte, los del Golfo de

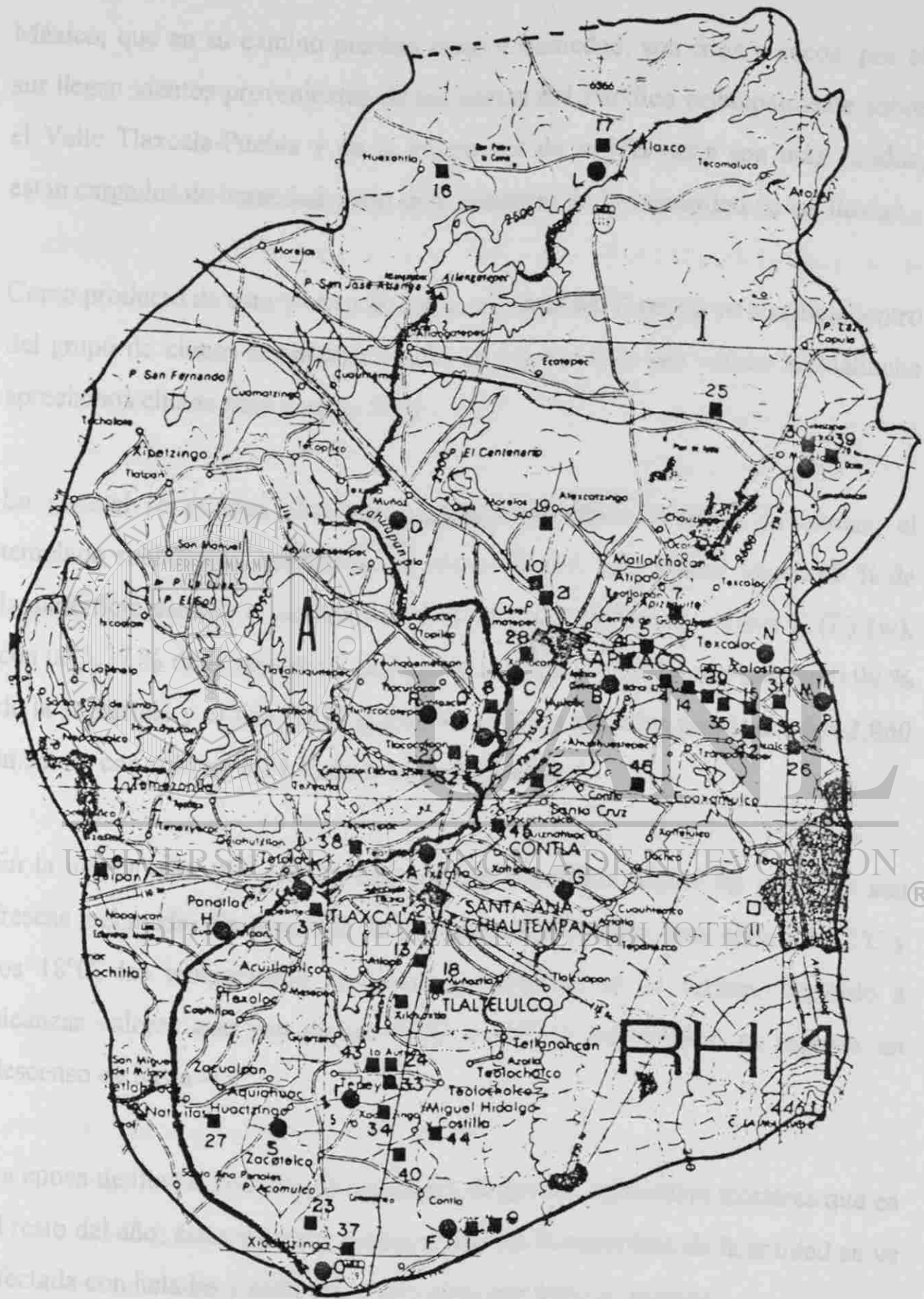


Fig 2. Cuenca del Río Zahuapan

México, que en su camino pierden calor y humedad, son fríos y secos; por el sur llegan vientos provenientes de las costas del Pacífico principalmente sobre el Valle Tlaxcala-Puebla y en la ladera sur de la Malinche son más cálidos, están cargados de humedad y son determinantes en la intensidad de las lluvias.

Como producto de esto y otros factores, el clima de Tlaxcala se clasifica dentro del grupo de climas templados y sólo en las cumbres del volcán la Malinche apreciamos climas fríos y muy fríos.

En general se pueden observar cuatro tipos representativos de climas; el templado subhúmedo con lluvias en verano C (w), que abarca un 93.40 % de la superficie estatal; el semifrío subhúmedo con lluvias en verano C (E) (w), con un 5.37 % de la superficie; el semiseco templado BS1k con solo un 0.99 % de la superficie y el frío E (T) que se localiza en altitudes mayores a los 2,860 m.s.n.m. con solo un 0.24 % de la superficie estatal.

En la mayor parte del año en casi toda la superficie estatal las mañanas son frescas y el medio día templado, la temperatura promedio varía entre los 12°C y los 18°C, las temperaturas máximas se registran en el verano, llegando a alcanzar valores que van de los 28°C a 30°C y en invierno se registra un descenso de hasta -1°C.

La época de lluvias comprende los meses de junio a septiembre mientras que en el resto del año, éstas son muy escasas, además la superficie de la entidad se ve afectada con heladas y cada dos o tres años por severas sequías.

Precipitación.

La precipitación representa la principal forma de recarga en los acuíferos y generadora de escurrimientos, no existiendo otra aportación tanto para aguas subterráneas como superficiales.

Se ha podido estimar (Programa Hidráulico 1995-2000) la precipitación anual promedio en el estado en 713 mm, con ello se ha calculado que el volumen precipitado anual es de 2,789 Mm³.

La precipitación media anual en la entidad, es más abundante en la zona centro poniente y sur del estado, donde varían valores de 628 hasta 1,100 mm, en tanto en la región oriente y sur poniente las precipitaciones son menores a los 700 mm.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

6.1.2 Aspectos hidrológicos

Delimitación de la región hidrológica

La región hidrológica 18 “Balsas” cuenta con una superficie total de 45,362 km², representando la cuenca del río del mismo nombre que se encuentra dividida en siete subcuencas, de estas, parte de dos de ellas se encuentran dentro del estado de Tlaxcala; la subcuenca río Atoyac o alto Balsas, donde la

corriente principal es el río Atoyac que junto con su diversos afluentes da origen al río Balsas y la subcuenca Cerrada del Valle Libres-Oriental.

El río Zahuapan, nace en la serranía de Tlaxco casi en los límites entre los estados de Puebla y Tlaxcala, desciende de las faldas del Peñón del Rosario desde una altitud de 3,418 m.s.n.m.; atraviesa los municipios de Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas, Xaltocan y Apizaco, 6 km al suroeste de esta localidad, recibe por la margen izquierda al río Apizaquito, a partir de esta confluencia empieza a describir una curva cuya dirección es hacia el suroeste del estado, en esta parte bordea los abanicos aluviales formados por las corrientes que descienden del flanco occidental del volcán La Malinche, siguiendo su curso hacia el sur, cruza por la parte norte a la ciudad de Tlaxcala, donde recibe por la margen derecha al río Totolac, río abajo recibe en la margen izquierda al río Viejo, el cual conduce una serie de escurrimientos, entre los que destacan las barrancas Briones y Seca, finalmente el río Zahuapan escurre al sur-sureste para confluir con el río Atoyac en el Estado de Puebla.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por su extensión y recursos de agua, el sistema Atoyac-Zahuapan, representa hidrológicamente hablando la zona más importante del estado; esta constituido principalmente por dos corrientes, el río Zahuapan que corre de norte a sur y el río Atoyac que escurre de poniente a oriente, uniéndose entre sí a la altura de la población de Xicohtzinco en el estado de Tlaxcala, para continuar hacia el sur hasta entrar al vaso de la presa Valsequillo (Manuel Avila Camacho) en el estado de Puebla.

Tabla 1. Afluentes naturales con mayor gasto en el río Zahuapan

| Afluente | Gasto m ³ /s |
|----------------------------------|-------------------------|
| 1. Arroyo San Benito o Atixtaca | 0.048 |
| 2. Río Ocotoxco-Tlatlahuquitepec | 0.03 |
| 3. Río Atenco o Tequisquiatl | 0.36 |
| 4. Río dos arroyos | 0.01 |
| 5. Arroyo Metlahuapan | 0.015 |
| 6. Arroyo sin nombre | 0.01 |
| 7. Río Totolac | 0.116 |
| 8. Río Viejo | 0.11 |
| 9. Barranca de Guardia | 0.038 |
| 10. Barranca Corazón de Jesús | 0.019 |
| Total | 0.756 |

Fuente: CNA. 1996

- Existen 18 afluentes más de la corriente con un gasto menor a 0.01 m³/s

Hidrografía y Fisiografía de la cuenca.

La cuenca del sistema Atoyac-Zahuapan tiene forma irregular con una área de drenaje de 3,923 km² localizada en la provincia fisiográfica denominada eje neovolcánico, que se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos iniciados a mediados del terciario (unos 35 millones de años atrás) y continuados hasta el presente, esto también indica la presencia de estratovolcanes que componen la cima nevada como el Popocatepetl (5,465 m.s.n.m.), el Iztaccíhuatl (5,230 m.s.n.m.) y la Malinche (4,461 m.s.n.m.) que lo comparten los estados de Puebla y Tlaxcala.

Fisiográficamente, la cuenca se encuentra localizada en la subprovincia de los lagos y volcanes del Anáhuac, en una llanura aluvial con lomeríos bajos, constituidos por roca basáltica.

Hidrometría.

A lo largo de la corriente del río Zahuapan existen 3 puntos de aforo (Atlangatepec, Tlaxcala y Xicohtzinco) mediante los que se observa el comportamiento de las corrientes; delimitando una área tributaria o subcuenca.

(Figura 4)

Tabla 2. Subcuencas del Sistema Atoyac-Zahuapan (Estado de Tlaxcala)

| No. de Subcuenca | Denominación | Area (Km ²) |
|------------------|--------------|--------------------------|
| I | Atlangatepec | 220.30 |
| II | Tlaxcala | 812.20 |
| III | Xicohtzinco | 461.40 |
| IV | San Jacinto | 1,305.00 |

Escurremientos

La determinación de los escurrimientos en las tres subcuencas que se localizan dentro del área de estudio queda de la siguiente manera, constituyendo principalmente los generados por las precipitaciones en época de lluvias.

Subcuenca I Atlanga.

El promedio anual escurrido por cuenca propia en esta área equivale a los volúmenes de entrada al vaso de la presa del mismo nombre, estos se estiman en 15.97 millones de m³.

Subcuenca II Tlaxcala.

En este punto existe estación de aforos con período de registro continuo y confiable, sin embargo, el gasto medio equivale al proporcionado por cuenca propia, más el volumen desfogado al río por la Presa de Atlanga para ser utilizado en la segunda unidad del distrito en la Derivadora de Panotla.

El volumen escurrido medio anual observado fue del orden de 112 millones de m³, en un período de 1977 a 1992; con un volumen anual máximo de 150 millones de m³ en 1981 y un mínimo de 78 millones de m³ en el año de 1977.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Subcuenca III Xicohtzingo

En este punto, la determinación de los volúmenes anuales escurridos se realiza por medio del método indirecto del coeficiente de escurrimiento, el cual toma en cuenta las características fisiográficas de la cuenca, además de las lluvias precipitadas en la cuenca conforme a una estación climatológica base.

6.1.3 Infraestructura hidráulica

Actualmente en el estado se cuenta con 15 presas de almacenamiento, con una capacidad total de diseño de 80.781 millones de m³, de las cuales 6 se localizan en la región hidrológica 18; las cuales se muestran en la tabla 3.

Además de las obras descritas existen 20 presas derivadoras, 7 bordos, 16 plantas de bombeo, 15 tomas directas y cuatro galerías filtrantes.

Así mismo en la cuenca Atoyac-Zahuapan existen 688 pozos de los cuales 104 son industriales, 216 de uso público urbano, 40 de uso doméstico-abrevadero, 108 comerciales y de servicios y 220 agrícolas.

Tabla 3. Presas de almacenamiento localizadas en la Región hidrológica 18 (Cuenca Zahuapan).

| Nombre de la presa | Capacidad total m ³ | Capacidad útil m ³ | Uso |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------|
| Las Cunetas | 1080.000 | 1060.000 | R |
| Atlangatepec | 54400.000 | 50900.000 | C, R, P, O |
| El sol y la luna | 1780.000 | 1500.000 | R |
| El Centenario | 760.000 | 660.000 | R |
| Mariano Matamoros | 5400.000 | 4900.000 | C, R, P |
| Recova | 1480.000 | 1430.000 | R |

C = Control de Avenidas
 R = Riego
 P = Piscícola
 O = Otros

Figura 5 Plano de ubicación
 presas de almacenamiento

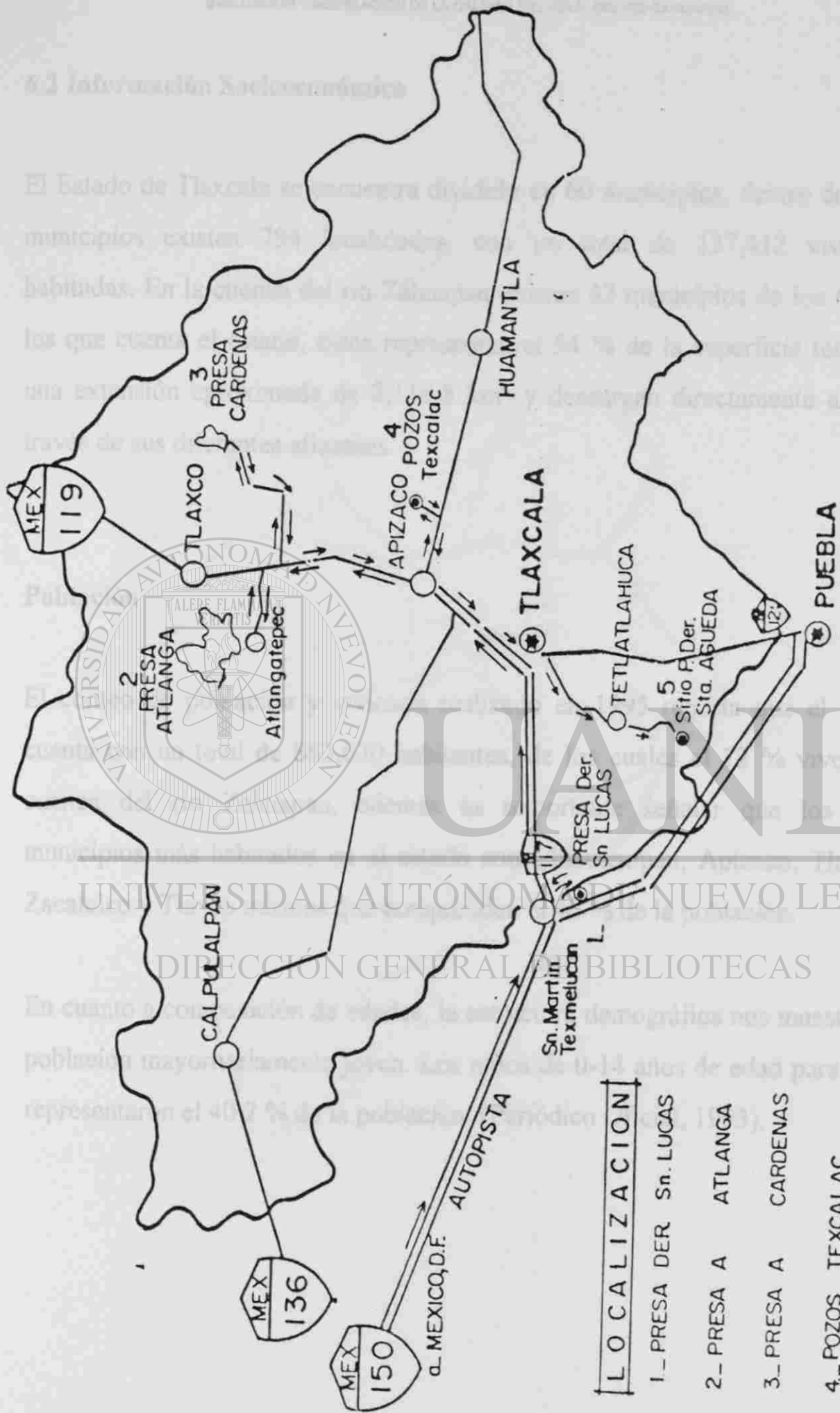


Fig. 5. Presas de Almacenamiento en la RH 18

6.2 Información Socioeconómica

El Estado de Tlaxcala se encuentra dividido en 60 municipios, dentro de estos municipios existen 794 localidades, con un total de 137,412 viviendas habitadas. En la cuenca del río Zahuapan existen 42 municipios de los 60 con los que cuenta el estado, estos representan el 54 % de la superficie total con una extensión aproximada de 2,119.8 km² y descargan directamente al río a través de sus diferentes afluentes.

Población

El conteo de población y vivienda realizado en 1995 reporta que el estado cuenta con un total de 883,630 habitantes, de los cuales el 72 % vive en la cuenca del río Zahuapan, además es importante señalar que los cinco municipios más habitados en el estado son Chiautempan, Apizaco, Tlaxcala, Zacatelco y Tlaxco mismos que comprenden el 40 % de la población.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En cuanto a composición de edades, la estructura demográfica nos muestra una población mayoritariamente joven. Los niños de 0-14 años de edad para 1990, representaron el 40.7 % de la población. (Periódico Oficial, 1993).

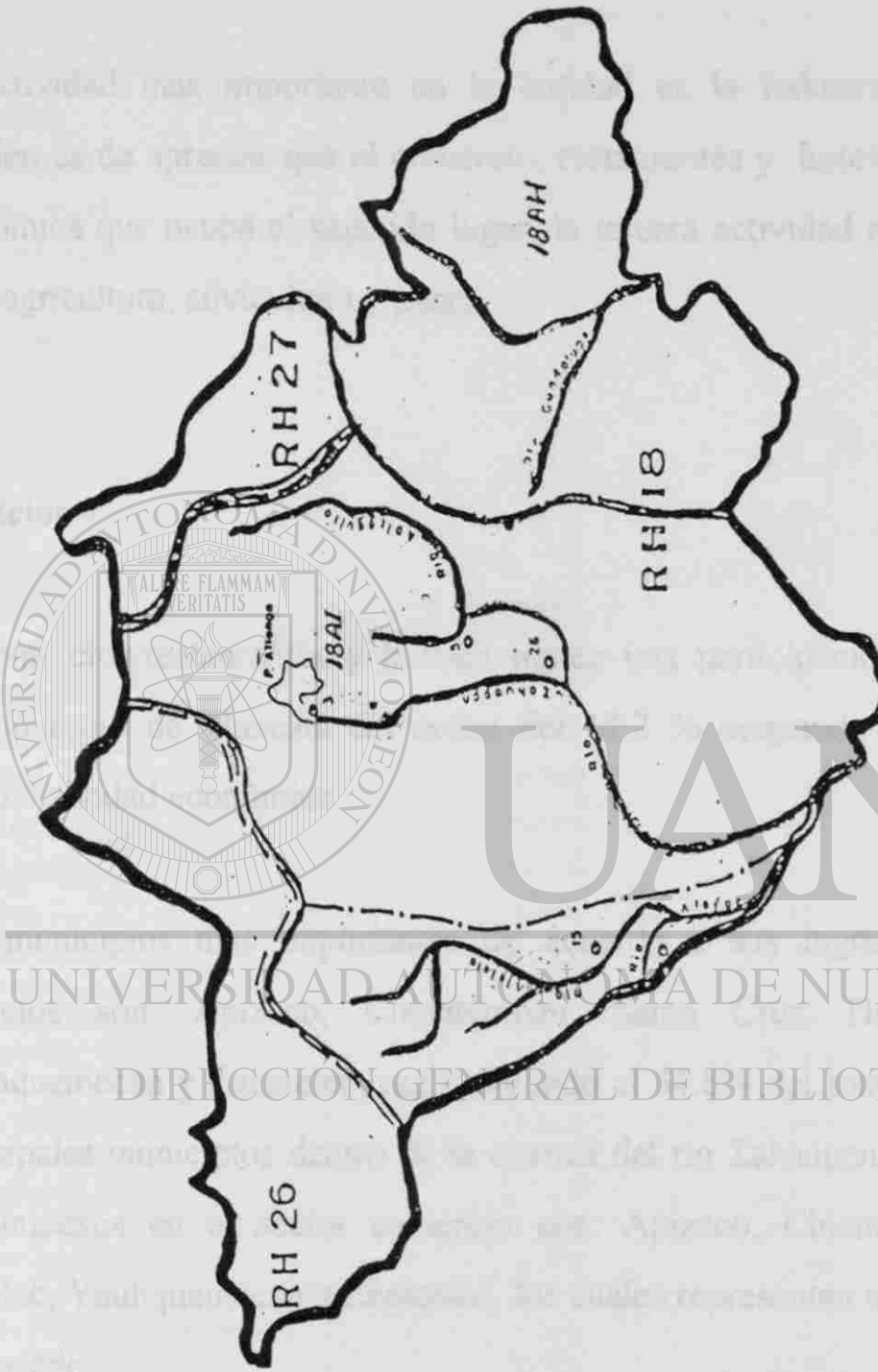


Fig 6. División Hidrológica del Estado de Tlaxcala

Principales Actividades económicas.

La actividad más importante en la entidad es la industria manufacturera, también es de apreciar que el comercio, restaurantes y hoteles es la actividad económica que ocupa el segundo lugar, la tercera actividad relevante se ubica en la agricultura, silvicultura y pesca.

Servicios

El comercio, restaurantes y hoteles tienen una participación en el producto interno bruto de Tlaxcala del orden del 17.2 % ocupando el segundo lugar como actividad económica.

Los municipios más importantes de acuerdo a sus ingresos en el sector servicios son: Apizaco, Chiautempan, Santa Cruz Tlaxcala, Tlaxcala, Yauhquemecan y Zacatelco, representando el 54.8% del total del estado y los principales municipios dentro de la cuenca del río Zahuapan que destacan por sus ingresos en el sector comercio son: Apizaco, Chiautempan, Tlaxcala, Totolac, Yauhquemecan y Zacatelco, los cuales representan un 55.8 % del total del estado.

Tabla 4. Municipios en la cuenca del río Zahuapan (INEGI, 1996)

| Municipio | Población actual | Proyección al 2000 | Proyección al 2012 |
|-------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Amaxac de Guerrero | 7,133 | 8,189 | 11,031 |
| 2. Apetatitlan | 10,895 | 13,255 | 21,070 |
| 3. Apizaco | 62,698 | 73,392 | 104,279 |
| 4. Atlangatepec | 4,666 | 5,357 | 7,461 |
| 5. Cuaxomulco | 3,887 | 4,376 | 5,816 |
| 6. Chiautempan | 53,231 | 65,076 | 105,403 |
| 7. Domingo Arenas | 3,781 | 4,469 | 6,674 |
| 8. Hueyotlipan | 12,473 | 14,530 | 20,950 |
| 9. Ixtacuixtla | 28,794 | 35,201 | 57,005 |
| 10. José Ma. Morelos | 7,407 | 8,218 | 10,538 |
| 11. Juan Cuamatzi | 26,744 | 30,704 | 42,759 |
| 12. Miguel Hidalgo | 4,257 | 4,840 | 6,579 |
| 13. Nativitas | 20,245 | 22,905 | 30,722 |
| 14. Panotla | 20,752 | 23,709 | 32,637 |
| 15. Santa Cruz | 11,678 | 13,472 | 18,977 |
| 16. Teolochohco | 15,846 | 20,032 | 35,153 |
| 17. Tepeyanco | 8,672 | 10,602 | 16,762 |
| 18. Tetla | 19,726 | 26,523 | 53,968 |
| 19. Tetlatlahuca | 10,230 | 11,462 | 14,756 |
| 20. Tlaxcala | 61,514 | 73,413 | 112,220 |
| 21. Tlaxco | 30,766 | 35,439 | 50,011 |
| 22. Tocatlan | 4,213 | 4,583 | 5,609 |
| 23. Totolac | 16,80 | 4,751 | 18,473 |
| 24. Tzompantepec | 7,361 | 8,207 | 10,656 |
| 25. Xalostoc | 15,494 | 18,049 | 26,029 |
| 26. Xaltocan | 6,908 | 7,664 | 9,835 |
| 27. Xicohtzinco | 9,486 | 10,019 | 11,424 |
| 28. Yauquemecan | 16,858 | 20,314 | 27,307 |
| 29. Zacatelco | 30,580 | 35,623 | 51,384 |
| 30. La Magdalena Tlaltelulco | 12,551 | 15,344 | 20,319 |
| 31. San Damian Texoloc | 4,102 | 4,596 | 5,383 |
| 32. San Fco. Teilananohcan | 8,075 | 9,047 | 10,601 |
| 33. San Jerónimo Zacualpan | 3,196 | 3,581 | 4,194 |
| 34. San José Teacalco | 4,581 | 5,108 | 5,940 |
| 35. San Juan Huactzingo | 5,510 | 6,736 | 8,918 |
| 36. San Lorenzo Acxocomanitla | 4,266 | 4,969 | 6,145 |
| 37. San Lucas Tecopilco | 2,819 | 3,128 | 3,646 |
| 38. Santa Ana Nopalucan | 5,302 | 6,482 | 10,489 |
| 39. Santa Apolonia Teacalco | 3,707 | 4,194 | 5,633 |
| 40. Santa Catarina Ayometla | 6,998 | 8,152 | 12,157 |
| 41. Santa Cruz Quilehtla | 4,572 | 5,073 | 6,504 |
| 42. Santa Isabel Xiloxotla | 3,395 | 4,150 | 6,715 |

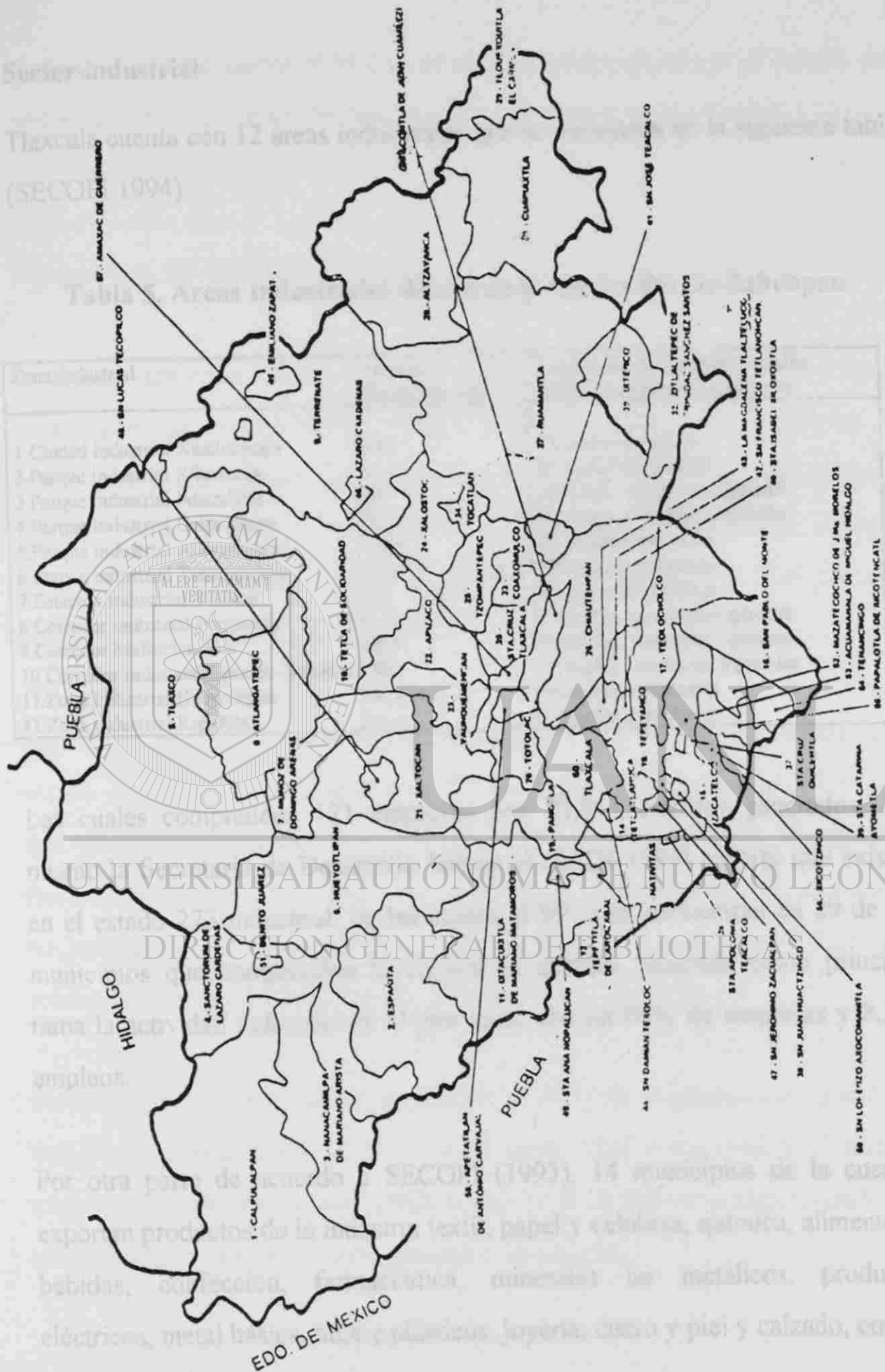


Fig 4. División Municipal en el Estado de Tlaxcala

Sector industrial

Tlaxcala cuenta con 12 áreas industriales que se muestran en la siguiente tabla (SECOFI 1994).

Tabla 5. Areas Industriales dentro de la cuenca del río Zahuapan

| Zona industrial | Terreno disponible (has) | Tamaño de las compañías establecidas o que puedan establecerse |
|---|--------------------------|--|
| 1.Ciudad industrial Xicohtencatl | 34.5 | Medianas a grandes |
| 2.Parque industrial Xiloxoxtla | ----- | Pequeñas a medianas |
| 3.Parque industrial Ixtacuixtla | 20 | pequeñas, medianas o grandes |
| 4.Parque industrial Calpulalpan | 53 | Pequeñas, medianas o grandes |
| 5.Parque industrial Atlangatepec | 21.5 | Pequeñas a medianas |
| 6.Parque industrial Tequexquitla | 110 | Pequeñas a medianas |
| 7.Estación industrial Velasco | 20 | Pequeñas a medianas |
| 8.Corredor industrial Panzacola | ----- | Pequeñas, medianas o grandes |
| 9.Corredor Malinche | 105 | Pequeñas, medianas o grandes |
| 10.Corredor industrial Apizaco-Xalostoc | 100 | Pequeñas, medianas o grandes |
| 11.Zona industrial Hueyotlipan | 10 (22.5) | Pequeñas a medianas |
| 12.Zona industrial Española | ----- | Pequeñas a medianas |

Las cuales comprenden 121 empresas con 13,811 empleos generados. Así mismo la Secretaría de Desarrollo Industrial (SEDI 1994) reporta que existen en el estado 273 industrial, de las cuales el 89 % se encuentran en 29 de los municipios que comprenden la cuenca en estudio, teniendo como principal rama la actividad industrial en el giro textil con un 99% de empresas y 8,365 empleos.

Por otra parte de acuerdo a SECOFI (1993), 14 municipios de la cuenca, exportan productos de la industria textil, papel y celulosa, química, alimentos y bebidas, confección, farmacéutica, minerales no metálicos, productos eléctricos, metal básica, hule y plásticos, joyería, cuero y piel y calzado, con 67

empresas que representan el 65.5 % de la capacidad instalada en el estado, con destino a diferentes países de América, Asia, Africa, Europa y Oceanía.

Agricultura, Silvicultura y Pesca

La tercera actividad relevante se ubica en la agricultura, silvicultura y pesca. Tlaxcala es un estado eminentemente agrícola, aunque solo 17 de los 60 municipios se caracterizan por su alta producción de maíz, trigo, cebada, papa, frijol y hortalizas, de ellos únicamente 6 se ubican en la cuenca del Zahuapan: Hueyotlipan, Xaltocan, Españita, Nativitas, Ixtacuixtla y Tetlatlahuca, representando el 32.6% de la superficie laborable de dicha cuenca.

Para 1991, el 91.1 % de la superficie dedicada a actividades agrícolas en el estado era de temporal y apenas el 8.9 % de riego. A su vez el 97.5 % se dedicó a cultivos de ciclo corto y el resto (2.5 %) a plantaciones de maguey y frutales. Prevalece la agricultura de subsistencia, recurriendo al trabajo familiar no asalariado y en determinadas fases del ciclo productivo acudiendo a la solidaridad social, frecuente en las comunidades Tlaxcaltecas.

Se considera que en la cuenca de estudio el 75 % de la producción agrícola se destina al autoconsumo, el 14 % a la venta local o nacional y el resto a exportación, éste último caso señala al municipio de Nativitas caracterizado por ser productor hortícola y único productor de amaranto.

En cuanto a porcentaje territorial ocupado para la agricultura, se observa que el 84.25 % de la superficie estatal es sembrada con maiz, frijol, cebada, trigo y papa; el 13.38 % de la superficie estatal se encuentra cubierta por bosque, principalmente de ocote, sabino, oyamel y encino; y finalmente el 2.37 % de la superficie estatal es pastizal donde se encuentra zacate banderita y zacate navajita.

Ganadería

La ganadería es la segunda actividad del sector agropecuario, con especies como bovinos, porcinos, aves de corral, caprinos y ovinos; los porcinos son los que representan mayor proporción en el estado y en la cuenca, con el 62 % del total; el destino de la producción es para autoconsumo y venta local.

6.3 Información Hidrológica

Aspectos Hidrológicos complementarios

Dentro de la cuenca del río Zahuapan se tienen ubicadas dos estaciones meteorológicas, estas se encuentran ubicadas entre los 15° 19' 00" de latitud norte y los 98° 38' 00" de longitud oeste. Estas estaciones reportan los siguientes datos:

Tabla 6. Temperatura mínima anual (Grados centígrados)

| Estación | Periodo | Temperatura promedio | Temperatura año más frío | Temperatura año más caluroso |
|-----------|-----------|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| Tlaxcala | 1964-1995 | 10.1 | 9.2 | 13.1 |
| El Carmen | 1967-1995 | 9.3 | 6.9 | 12.4 |

Fuente: INEGI Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala, Edición 1996

Tabla 7. Temperatura mínima mensual (Grados centígrados)

| Estación | Periodo | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------------|-----------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Tlaxcala | 1995 | 5.8 | 6.4 | 8.3 | 11.5 | 13.7 | 14.4 | 13.8 | 14.2 | 12.5 | 10.5 | 8.5 | 5.7 |
| Promedio | 1964-1995 | 4.7 | 5.3 | 8.1 | 11.4 | 13.6 | 14.4 | 13.6 | 13.2 | 12.8 | 11.2 | 7.8 | 5.5 |
| Año más frío | 1988 | 2.7 | 5.3 | 8.4 | 10.3 | 12.2 | 14.1 | 13.2 | 13.3 | 11.3 | 10.2 | 5.5 | 4.2 |
| Año más caluroso | 1986 | 16.4 | 3.9 | 5.3 | 10.8 | 16.3 | 16.4 | 15.6 | 16.1 | 15.9 | 15.1 | 14.3 | 1.5 |

| Estación | Periodo | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------------|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| El Carmen | 1995 | 2.3 | 1.2 | 5.8 | 9.7 | 12.7 | 10.9 | 10.0 | 10.8 | 10.1 | 6.0 | 3.7 | 0.3 |
| Promedio | 1967-1995 | 4.3 | 5.2 | 8.1 | 10.8 | 12.6 | 13.3 | 11.4 | 12.3 | 11.9 | 10.4 | 6.6 | 4.4 |
| Año más frío | 1995 | 2.3 | 1.2 | 5.8 | 9.7 | 12.7 | 10.9 | 10.0 | 10.8 | 10.1 | 6.0 | 3.7 | 0.3 |
| Año más caluroso | 1978 | 6.0 | 8.5 | 10. | 14.4 | 16.6 | 17.2 | 15.8 | 15.5 | 13.9 | 12.5 | 10.7 | 8.0 |

Fuente: INEGI Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala, Edición 1996

Usos actuales del agua

El agua de la corriente en estudio se utiliza únicamente para riego agrícola, principalmente para cultivos del distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan y pequeños ejidos ubicados en la zona sur del estado, pertenecientes al distrito de desarrollo rural 164 de Tlaxcala.

El volumen de agua que es aprovechado en el distrito de riego 056 es de 15.16 millones de m³ (CNA Gerencia Estatal Tlaxcala) para riego de la segunda y tercera unidad (Panotla y Atlangatepec respectivamente).

En la unidad Panotla se tiene una superficie de 1,183 has. Dedicadas principalmente al cultivo de maíz, cebada, alfalfa, haba, frijol y forrajes utilizando un volumen de 10.08 millones de m³ anuales.

En la unidad Atlangatepec la fuente de abastecimiento es la presa Atlanga utilizando un volumen de 5.08 millones de m³ anuales para irrigar una superficie de 417 has. Dedicadas al cultivo de maíz, cebada, trigo y forrajes.

Dentro del distrito de riego rural 164 Tlaxcala, cuatro ejidos son los que aprovechan el agua del río Zahuapan para riego en sus cultivos por medio de 5 represas y una presa, localizadas todas ellas sobre la corriente, con un volumen promedio anual de 14.56 millones de m³, siendo los principales cultivos las hortalizas, maíz y alfalfa.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 8. Padron de Usuarios de Aguas superficiales en uso Público Urbano, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Volumen anual (m ³) | Subcuenca |
|-------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------|
| 1. Sistema Metecatlan | Amamaxac de Gro. | 55,503 | R. Zahuapan |
| 2. Sistema Tecolotla | Antonio Carbajal | 45,096 | R. Zahuapan |
| 3. Sistema Belen | Antonio Carbajal | 150,111 | R. Zahuapan |
| 4. Sistema Apizaco | Apizaco | 1,860,624 | R. Zahuapan |
| 5. Sistema Apizaquito | Apizaco | 84,832 | R. Zahuapan |
| 6. Sistema Apatlaco | Panotla | 7,569 | R. Zahuapan |
| 7. Sistema Huexoyucan | Panotla | 150,111 | R. Zahuapan |
| 8. Sistema Texantla | Panotla | 34,059 | R. Zahuapan |
| 9. Sistema Huiloapan | Panotla | 250,396 | R. Zahuapan |
| 10. Sistema Tetzotzocola | Santa Cruz Tlax. | 9,461 | R. Zahuapan |
| 11. Sistema Tepetlalcingo | Santa Cruz Tlax. | 12,614 | R. Zahuapan |
| 12. Sistema Tizatlan | Tlaxcala | 216,652 | R. Zahuapan |
| 13. Sistema Tlaxco | Tlaxco | 349,419 | R. Zahuapan |
| 14. Sistema Huexotitla | Tlaxco | 27,436 | R. Zahuapan |
| 15. Sistema Acopinalco del P. | Tlaxco | 3,154 | R. Zahuapan |
| 16. Sistema Teopa | Tlaxco | 8,199 | R. Zahuapan |
| 17. Sistema Xalostoc | Tlaxco | 31,536 | R. Zahuapan |
| 18. Sistema Huixcolotepec | Xaltocan | 126,144 | R. Zahuapan |
| 19. Sistema Acuixcuixcatepec | Xaltocan | 76,632 | R. Zahuapan |
| 20. Sistema Yauhquemecan | Yauhquemecan | 463,579 | R. Zahuapan |
| 21. Sistema Atencingo | Yauhquemecan | 21,129 | R. Zahuapan |
| 22. Sistema Xaltocan | Yauhquemecan | 209,714 | R. Zahuapan |
| 23. Sistema Ursula Z. | Yauhquemecan | 78,525 | R. Zahuapan |

Fuente: CNA, Padrón de Usuarios, Gerencia Estatal Tlaxcala

Tabla 9. Padrón de Usuarios de Aguas superficiales RH 18 “Alto Balsas”, en uso agrícola.

| Nombre de URDERAL | Volumen titulado | Hectáreas | Municipio |
|-------------------------|------------------|-----------|------------------|
| 1. Palo Huérfano M | 108,000 | 18-00-00 | Amaxac de Gro. |
| 2. Amaxac No. 3 PB | 204,060 | 34-01-00 | Amaxac de Gro. |
| 3. El molino Deriv. | 93,024 | 15-50-40 | Amaxac de Gro. |
| 4. La trinidad PD | 360,000 | 60-00-00 | Amaxac de Gro. |
| 5. Metecatlan | 240,000 | 40-00-00 | Amaxac de Gro. |
| 6. Belen PD | 27,006 | 04-50-01 | Antonio Carbajal |
| 7. Cuahutle | 60,000 | 10-00-00 | Antonio Carbajal |
| 8. Tlatempan | 142,500 | 19-00-00 | Antonio Carbajal |
| 9. Las cunetas PA | 738,000 | 123-00-00 | Apizaco |
| 10. Vecinos San Luis A. | 453,600 | — | Apizaco |
| 11. Atlangatepec PB | 1507,500 | 251-25-0 | Atlangatepec |
| 12. El sol y la luna | 721,000 | 123-32-16 | Hueyotlipan |
| 13. Jaguey Sn. Fco. | 181,500 | 30-25-00 | Hueyotlipan |
| 14. Jaguey Sn. Manuel | 110,000 | 17-00-00 | Hueyotlipan |
| 15. Presa de torres | 97,500 | 18-25-00 | Hueyotlipan |
| 16. Rosario PB | 882,660 | 147-11-00 | Ixtacuixtla |
| 17. Trinidad No.2 PD | 796,233 | 132-721 | Ixtacuixtla |
| 18. Xochitecatitla | 560,190 | — | Nativitas |
| 19. Grande PA | 360,001 | 60-08-0 | Tepeyanco |
| 20. Huactzingo Deriv. | 210,000 | 35-00-00 | Tepeyanco |
| 21. Zacamana Deriv. | 420,000 | 70-00-00 | Tepeyanco |
| 22. Tetla PB | 1118,820 | 186-47-00 | Tetla |
| 23. Santa Ana Portales | 1039,500 | 173-25-00 | Tetlatlauca |
| 24. Tetlatlauca Deriv. | 895,500 | 482-75-00 | Tetlatlauca |
| 25. Molinito | 480,000 | 0-00-00 | Tlaxcala |
| 26. Totolac P Deriv. | 480,000 | 800-00 | Totolac |
| 27. San Diego Deriv | 480,318 | 80-30 | Tzompantepec |
| 28. La Barbosa | 552,000 | 92-00-00 | Xicohtzinco |
| 29. Atlihuetzia PD | 300,000 | 50-00-00 | Yahuquemecan |
| 30. Atlihuetzia PB | 204,102 | 34-01-20 | Yahuquemecan |
| 31. Riego Derivación | 159,950 | 26-66-00 | Yahuquemecan |
| 32. Zacatepec | 287,052 | 47-84-20 | Yahuquemecan |
| 33. Ametoxtla PB. | 709,518 | 118-00-00 | Zacatelco |
| 34. Ateozintla | 342,162 | 57-02-70 | Zacatelco |
| 35. Cuacualoya | 2100,000 | 350-00-00 | Zacatelco |
| 36. Santa Agueda PD | 2916,000 | 486-00-00 | Zacatelco |
| 37. Xostla Derivación | 360,000 | 60-00-00 | Zacatelco |

Fuente: CNA, Padrón de usuarios, Gerencia Estatal Tlaxcala

Tabla 10. Padrón de Usuarios por uso industrial de aguas superficiales, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Vol. anual | Fuente de Aprovechamiento |
|------------------------|--------------|------------|---------------------------|
| 1. Loreto y Peña Pobre | Yauhquemecan | 294,000 | Manantial Atlixteca |
| 2. Textiles Tenexac | Xicohtencatl | 6,000 | Manantial S/N |

Tabla 11. Padrón de Usuarios por uso comercial y servicios de aguas superficiales, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Vol. anual | Fuente de Aprovechamiento |
|-----------------------|-----------------------|------------|---------------------------|
| 1. IMSS Trinidad | La Sta. Cruz Tlaxcala | 86,400 | Río Tequixquiatl |
| 2. IMSS Trinidad | La Sta. Cruz Tlaxcala | 36,835 | Manantial S/N |
| 3. Baños Cruz el P. | T. Sta. Ixtacuixtla | 39,420 | Manantial La Cienega |
| 4. Balneario Pinos | los Chiautempan | 10,091 | Manantial S/N |
| 5. FFCC Apizaco | Est. Apizaco | 126,144 | Manantial Actipa |
| 6. Balneario Huerfano | Palo Amaxac de Gro | 9,305 | Manantial Atotonilco |

Tabla 12. Padrón de Usuarios por uso en acuacultura de aguas superficiales, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Vol. anual | Fuente de Aprovechamiento |
|---------------------|--------------|------------|---------------------------|
| 1. Delegación Pesca | Atlangatepec | 262,800 | Presa Atlanga |

Tabla 13. Padrón de Usuarios por uso Doméstico-Abrevadero de aguas superficiales, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Vol. anual | Fuente de Aprovechamiento |
|---------------------------|-------------|------------|---------------------------|
| 1. Adolfo Sánchez Anaya | Tlaxco | 985 | Manantial Toltecapa |
| 2. Jorge Calderón Herrera | Ixtacuixtla | 1,895 | Manantial S/N |

Tabla 14. Padrón de Usuarios por uso de Riego Particulares-DTO de aguas superficiales, RH 18 Alto Balsas

| Usuario | Municipio | Vol. anual | Fuente de Aprovechamiento |
|------------------------------|--------------|------------|---------------------------|
| 1. Alfonso Sánchez | Tlaxco | 31,536 | Manantial Toltecapa |
| 2. Ema García F. | Apizaco | 12,960 | Río Atenco |
| 3. Rafael Sánchez C. | Españita | 18,144 | Bca. El Bautisterio |
| Distrito de riego 056 | | | |
| 4. Modulo IV Canal | Panotla | 598,000 | Río Zahuapan |
| 5. Modulo V Canal | Atlangatepec | 2 846,000 | Río Zahuapan (P. Atlanga) |

Fuentes de Contaminación

La contaminación del agua consiste en la degradación de sus características físicas, químicas y/o biológicas; provocadas principalmente por causas naturales o como consecuencia de las actividades humanas.

Sea cual fuere la forma de evacuación utilizada para estas aguas, dará origen a la aparición de fenómenos de contaminación en grado variable, que serán tanto más intensos cuanto menor sea el grado de depuración de las aguas usadas.

De manera natural el agua de lluvia absorbe los gases y vapores que se encuentran normalmente presentes en la atmósfera, barre las partículas del aire y cuando la lluvia humedece la superficie de la tierra, el agua empieza a adquirir las propiedades que le caracterizan los elementos con los que tiene contacto. Con el tiempo el agua superficial, en la misma forma que el escurrimiento de la lluvia, penetra en estanques, lagos, ríos y finalmente mares.

En principio las aguas residuales pueden dividirse en dos grandes grupos: aguas residuales domésticas o municipales y aguas residuales industriales (Federico de Lora Soria 1978).

Aguas residuales municipales.

Aguas residuales fruto de la actividad normal de los habitantes de un núcleo urbano y que provienen preferentemente de los retretes, cocinas y baños. Si el sistema de alcantarillado es unitario, algunas veces estas aguas están mezcladas

con las de lluvia, que arrastran y disuelven las materias presentes en las vías urbanas.

Aguas residuales industriales.

Su composición es tan variable que no se puede dar una composición media, en algunas industrias predominan los compuestos orgánicos mientras que en otras prevalecen los inorgánicos. En cuanto a sus propiedades físicas hay sustancia insolubles en el agua, que forman suspensiones mientras que otras son solubles u oleaginosas. Según el tipo de industria predominarán unos determinados compuestos químicos. Por lo tanto es preciso estudiar cada caso concreto por separado.

Por su parte Clarence J. Velz, (1970) dice que pueden clasificarse las diferentes formas de contaminación en cinco tipos principales:

1. Aguas residuales de tipo orgánico.

2. Aguas residuales con un alto contenido microbiológico.

3. Aguas radioactivas.

4. Aguas residuales de tipo inorgánico.

5. Aguas residuales con una temperatura muy elevada.

Dentro del estado de Tlaxcala se generan aproximadamente 45 millones de m³ al año (1,416 lps) de aguas residuales, de las cuales 35 millones de m³ al año (1,080 lps) son de origen doméstico y los restantes (336 lps) provienen de la industria. Del total se vierten sin tratamiento previo 788 lps a cuerpos receptores (775 lps domésticos y 13 lps industriales), que actualmente representan 30 millones de m³ al año, recibiendo únicamente tratamiento el 32 % de las aguas que se generan (CNA Programa Hidráulico 1995-2000).

Se cuenta con 40 sistemas de tratamiento de aguas residuales, de ellas opera 6 la Coordinación General de Ecología (CGE) y 34 los municipios, mismas que cuentan con una capacidad instalada de 910 lps; sólo que por diversas circunstancias sólo tratan 305 lps de origen doméstico, así como 170 lps de origen industrial; por otra parte la industria trata otros 153 lps directamente, a través de plantas de tratamiento de diversos tipos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Descargas Municipales

De la cortina de la presa Atlangatepec hasta la confluencia con el río Atoyac, el río Zahuapan recibe las descargas de aguas residuales de 42 municipios, los cuales descargan directamente al río, o por medio de sus afluentes, alterando de manera significativa la calidad del agua de dicha corriente.

Son 94 las descargas de tipo doméstico o municipales que existen en la cuenca de este río, 9 de las cuales reciben tratamiento antes de ser descargadas, con un volumen tratado de 19,5 millones de m³ por año.

Descargas Industriales

El río Zahuapan además de recibir las descargas municipales, recibe también las descargas de aguas residuales de los principales asentamiento industriales comprendidos en los diferentes parques, corredores y zonas industriales.

46 industrias descargan directamente al cuerpo receptor, cuyos giros son: papelera, química, textil, metal-mecánica, plásticos y componentes eléctricos.

Control de las fuentes de contaminación

Cuando se arrojan aguas residuales, sin depurar, a un río, se producen daños de diversos tipos que, en mayor o menor grado, afectan a los diversos usos del agua corriente aguas abajo del punto donde se efectúan los vertidos. La magnitud de estos daños depende del volumen del vertido, de su concentración en materias o especies biológicas y del caudal del río receptor.

El grado de tratamiento que se necesita en estas descargas depende especialmente del estado y utilización posterior de la corriente receptora. Un tratamiento excesivo de los vertidos, constituye una pesada carga; si el tratamiento es menos de lo necesario, es sólo una pérdida de esfuerzo y de

dinero. Por lo tanto se comprende fácilmente, el valor de calcular, tan exactamente como sea posible, las cargas contaminantes que se puedan verter, sin crear problemas en un curso de agua.

Plantas de tratamiento de descargas municipales

Las principales plantas de tratamiento municipales que descargan al río Zahuapan son cuatro, estas aportan el mayor porcentaje de volumen descargado al cuerpo receptor.

1.Unidad Apizaco “A”

Esta planta consiste en dos lagunas aeradas, una laguna facultativa y una laguna de maduración, con un gasto de 110 lps, da servicio principalmente a poblaciones comprendidas dentro del municipio de Apizaco.

2. Unidad Apizaco “B”

Esta planta consiste en cuatro filtros biológicos, dos sedimentadores primarios y dos sedimentadores secundarios, operando con un gasto de 120 lps, da servicio a 4 localidades: Apizaco, Zimatepec, Yauhquemecan y San Benito Xaltocan, además de prestar servicios a 15 empresas.

3. Unidad Tlaxcala

Consta de 4 lagunas aereadas, operando con un gasto de 30 lps, da servicio a 16 localidades: Tlaxcala, Ixtulco, Atempa, Tizatlan, Chimalpa, Chiautempan, Cuahuxmatla, Ixcotla, Tepeticpac, Tenotlalpan, Ocotelulco, Ixcotla del río, Tlamahuco, Quiahuixtlan y Trinidad Chimalpa, además de prestar el servicio a 61 industrias donde predomina la rama textil,

4. Apetatitlan

Consta de 2 lagunas de estabilización, operando con un gasto de 10 lps, da servicio a 7 localidades: San Pablo Apetatitlan, Tlatempa, Tecolotla, Contla, Santa Cruz Guadalupe, Guadalupe Ixcotla y Chalma, , además de 13 industrias.

5. Panotla

Esta planta consiste en 2 lagunas de estabilización, las localidades beneficiadas son Panotla, 23 zona militar y Fraccionamiento Santa Elena, con un gasto de 7 lps.

Tabla 15. Principales plantas de tratamiento municipales en cuanto a volumen tratado

| Identificación de la planta | Tratamiento | Capacidad instalada (m3/scg) | No. de habitantes beneficiados |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Apizaco "A" | Lagunas aereadas | .1000 | 21347 |
| Apizaco "B" | Filtros biológicos | .1800 | 43966 |
| Tlaxcala | Lagunas aereadas | .2500 | 94471 |

Fuente: CNA, 1996, Inventario de Plantas de Tratamiento, Subgerencia Técnica

Plantas de tratamiento de descargas industriales

En el siguiente cuadro se presentan las empresas cuya descarga tratada es la más representativa dentro de la zona de estudio

Tabla 16. Descargas de aguas residuales industriales tratadas al río Zahuapan

| Razón social | Giro | Tratamiento | Volumen Tratado (m ³ /día) |
|--|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| ATLAX Celulosa de fibras Mexicanas | Metal básica Papelería | Lodos activados Floculación | 2,160 2,178 |
| Centro vacacional IMSS Trinidad | Recreativo | Lodos activados-Fosa séptica | 144.4 |
| Forjas Spicer. Granitos naturales | Metal básica Mineral no metálica | Biodiscos Sedimentación | 1,250 266.7 |
| BETA HOVOMEX | Papelera | Flotación | 1,427 |
| Industria Química del Istmo | Química | Neutralización-Lodos activados | 130 |
| Leche industrializada CONASUPO | Leche y derivados | Lodos activados | 259.6 |
| Loreto y Peña Pobre poliestireno y derivados | Papelera Plásticos | Filtros biológicos Neutralización-Fosa séptica | 4,000 583 |
| Schneider Electric de México | Componentes eléctricos | Floculación-Lodos activados | 160 |

Fuente: CNA, 1996, Gerencia Estatal en Tlaxcala, Subgerencia Técnica.

7. MODELACION MATEMÁTICA

7.1 Selección del modelo (criterios)

Como se mencionó anteriormente dentro de la planeación de la calidad del agua se han desarrollado modelos que simulan el comportamiento de una corriente. El modelo de calidad del agua cubre un amplio ámbito de análisis con variaciones en la cantidad del agua, condiciones de la corriente y variaciones en el tiempo.

Las expresiones matemáticas utilizadas para realizar el presente estudio son las de Streeter y Phelps, que han sido simplificadas en un sistema de computo denominado SICLACOR que simula el comportamiento real de una corriente (sistema actualmente usado en la CNA.)

Por medio del sistema SICLACOR modificado en una hoja de cálculo en excel 6.0 de Microsoft para poder tener un mejor manejo de los datos suprimiendo alguna limitaciones con el, se determina el oxígeno de saturación, el déficit inicial de oxígeno, déficit crítico, tiempo crítico, carga real de materia orgánica, carga orgánica asimilable y el porcentaje de remoción de materia orgánica.

Para simular la calidad del agua en corrientes superficiales, es común centrarse principalmente en el comportamiento del oxígeno disuelto ante la presencia de materia orgánica proveniente de distintos tipos de descarga, en virtud de que el

contenido de oxígeno disuelto es fundamental para el sostenimiento de la vida acuática aerobia, así como para cualesquiera de los usos a que el agua se destine.

Al efectuar el balance de oxígeno este modelo considera solamente las principales entradas y salidas, la solubilidad en función de la temperatura y la remoción debida a la actividad microbiana (DBO sobre la materia orgánica carbonosa). De tal manera que tomando como principales parámetros la DBO y OD las expresiones matemáticas de Streeter y Phelps permiten manejar los datos de la corriente para simular su comportamiento obteniendo las constantes K_D , K_1 y K_2 para el río Zahuapan.

En cambio modelos más detallados incluyen además la producción de oxígeno por la actividad fotosintética, la remoción por oxidación del nitrógeno amoniacal en el proceso de nitrificación, por la demanda bioquímica de oxígeno de los sedimentos, por la respiración de algas o algunos otros parámetros distintos que pueden o no estar relacionados con el oxígeno disuelto. Obviamente que mientras más parámetros puedan ser simulados por un modelo, mayor es su utilidad en programas de administración de la calidad del agua, pero su calibración y validación deben estar soportados por una base de datos adecuada y confiable.

7.2 División de la corriente

A lo largo de la corriente se localizaron 109 puntos de monitoreo los cuales consisten en 14 extracciones, 21 descargas, 28 afluentes y 46 puntos que se tomaron como representativos por tener un gasto considerable o valores de DBO y DQO altos sobre el río Zahuapan.

La corriente se dividió en 10 tramos considerando las distancias existentes entre los puntos de monitoreo, altitudes sobre el nivel del mar, el tipo de aprovechamiento, extracción o aportación y el efecto de la carga contaminante que recibe el cuerpo receptor.

El estudio de caracterización se realizó a partir de la confluencia del río Zahuapan con la barranca “la ladera”, tomando en cuenta que después de este punto se encuentran las primeras descargas considerables.

Las estaciones de monitoreo y la división por tramos se muestra en la siguiente tabla.(Se presentan solo los puntos principales sin mostrar las estaciones que se tomaron aguas arriba y aguas abajo de los mismos)

Tabla 17. Estaciones de monitoreo y división por tramos

| Tramo | Descripción | Distancia m | DBOu mg/l | Longitud m |
|--|--|----------------|--------------|---------------|
| 1 | Río Zahuapan confluencia barranca "la ladera" | 0.00 | 35.64 | 6,100 |
| | Barranca Texopa-Tlaxcantitla (MD) | 3,250 | 17.85 | |
| | Barranca Analco (MD) | 1,925 | 28.32 | |
| | Barranca S/N | 925 | 65.12 | |
| | Río Zahuapan a. abajo Barranca S/N | | | |
| 2 | Río Zahuapan a. arriba Barranca S/N A (Xaltocan) | | | 10,775 |
| | Barranca S/N A (Xaltocan) | 3,025 | 128029 | |
| | Descarga Xaltocan (MD) | 325 | 305.85 | |
| | Barranca S/N B (Xaltocan) (MD) | 250 | 350.99 | |
| | Barranca Zacatepec (MI) | 3,450 | 47.08 | |
| | Manantiales San Dionisio (MI) | 1,900 | 11.52 | |
| | Descarga 1 Planta de Trat. Apizaco "B" (MI) | 1,600 | 119.82 | |
| | Descargas 2 Planta de Trat. Apizaco "B" (MI) | 75 | 304.58 | |
| | Arroyo San Benito o Atlixnac (MI) | 150 | 63.91 | |
| Río Zahuapan a. abajo Arroyo San Benito | | | | |
| 3 | Río Zahuapan a. arriba Arroyo Huacaltzingo | | | 6,075 |
| | Arroyo Huacaltzingo (MI) | 1,000 | 331.63 | |
| | Planta de bombeo Atlihuetzia (MD) | 1,525 | 95.34 | |
| | Drenaje de riego Atlihuetzia (MD) | 350 | 87.63 | |
| | Derivación Atlihuetzia (MD) | 1,100 | 107.36 | |
| | Presa Metecatlan (MI) | 2,000 | 57.73 | |
| | Descarga Atlihuetzia (Fosa séptica) (MD) | 100 | 339.8 | |
| Río Zahuapan a. abajo Descarga Atlihuetzia | | | | |
| ** | Cascada Atlihuetzia 20 m de caída | | | |
| 4 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Hotel Misión | | | 475 |
| | Descarga Hotel Misión (MD) | 350 | 343.15 | |
| | Río Ocotoxco (MD) | 125 | 82.42 | |
| | Río Zahuapan a. abajo Río Ocotoxco | | | |
| 5 | Río Zahuapan a. arriba Manantiales Palo Huerfano | | | 5,725 |
| | Manantiales Palo Huerfano (MI) | 850 | 11.81 | |
| | Arroyo excedentes de riego manantiales Palo H. | 175 | 24.51 | |
| | Río Atenco o Tequisquiall (MI) | 900 | 29.53 | |
| | Derivación Belen (MD) | 200 | 51.40 | |
| | Río dos arroyos (MI) | 1,000 | 21.46 | |
| | Manantiales Belen (MI) | 825 | 11.29 | |
| | Arroyo Metlahuapan (MI) | 1,025 | 14.84 | |
| | Manantiales el molinito (MD) | 500 | 7.87 | |
| Arroyo S/N (MD) | 250 | 13.23 | | |
| Río Zahuapan a. abajo Arroyo S/N | | | | |

| Tramo | Descripción | Distancia | DBOu | Longitud |
|---|--|-----------|----------|----------|
| 6 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Contla | | | 8,600 |
| | Descarga Contla (MI) | 675 | 284.12 | |
| | Descarga Lag. De Ox. San Pablo Apetatitlan (MI) | 75 | 413.66 | |
| | Barranca El Cristo | 950 | 7 | |
| | Río Los Negros | 1,100 | 164.75 | |
| | Descarga cruda No. 1 de Tlaxcala | 1,550 | 1,052.98 | |
| | Descarga cruda No. 2 de Tlaxcala | 325 | 363.75 | |
| | Descarga cruda No. 3 de Tlaxcala | 350 | 829.98 | |
| | Descarga cruda No. 4 de Tlaxcala | 300 | 743.43 | |
| | Barranca Totolac (MD) | 1,300 | 990.99 | |
| | Descarga 1 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 175 | 619.44 | |
| | Descarga 2 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 100 | 693.51 | |
| | Descarga 3 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 75 | 297.74 | |
| | Descarga Totolac | 275 | 447.34 | |
| | Planta de Bombeo Panotla (MD) | 1,200 | 228.36 | |
| | Canal lateral derecho Presa Panotla | 100 | 228.36 | |
| Canal lateral izquierdo Presa Panotla | 50 | 228.36 | | |
| Río Zahuapan a. abajo Canal lateral izq. Presa P. | | | | |
| 7 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Laguna de Ox. P. | | | 6,200 |
| | Descarga Laguna de Ox. Panotla (MD) | 3,325 | 145.93 | |
| | Barranca Monterrey (MI) | 1,925 | 364.91 | |
| | Río Totolac (MI) | 950 | 188.33 | |
| 8 | Río Zahuapan a. arr. Represa Ejido Sta. Apolonia | | | 4,225 |
| | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 3,700 | 192.17 | |
| | Descarga No. 1 quesería Tetlatlahuca (MI) | 150 | 729.82 | |
| | Descarga No. 2 quesería Tetlatlahuca (MI) | 150 | 706.34 | |
| | Descarga Tetlatlahuca (MI) | 225 | 1,141.32 | |
| Río Zahuapan a. abajo Descarga Tetlatlahuca | | | | |
| 9 | Río Zahuapan a. arr. Represa 1 Ejido Tetlatlahuca | | | 4,850 |
| | Represa 1 ejido Tetlatlahuca (MI) | 425 | 206.34 | |
| | Represa 1 ejido La Concordia (MD) | 725 | 202.57 | |
| | Represa 2 Ejido Tetlatlahuca (MI) | 50 | 202.57 | |
| | Represa 3 ejido Tetlatlahuca (MI) | 1,575 | 194.74 | |
| | Represa 2 ejido La Concordia (MD) | 175 | 194.25 | |
| | Presa Santa Agudea | 1,900 | 191.18 | |
| Río Zahuapan a. abajo Presa Sta. Agueda | | | | |
| 10 | Río Zahuapan a. arriba Río Viejo | | | 6,975 |
| | Río Viejo (MI) | 4,225 | 70.56 | |
| | Barranca de Guardia (MI) | 900 | 81.09 | |
| | Barranca Corazón de Jesús (MI) | 200 | 235.41 | |
| | Barranca S/N (MD) | 250 | 164.85 | |
| | Descarga San Buena Ventura (MI) | 1,250 | 534.96 | |
| | Descarga Corredor industrial Xicotzinco (MI) | 150 | 59.85 | |
| | Río Zahuapan antes de la confluencia con el Atoyac | 100 | 115.96 | |

7.3 Gasto de diseño

Se obtuvo la información de gasto en el río Zahuapan mediante las dos estaciones hidrométricas existentes en el tramo de estudio, (estaciones Tlaxcala y Xicohtzingo del servicon hidrométrico de la CNA, Gerencia Estatal en Tlaxcala) tomándose el promedio de los siete días consecutivos más secos mensuales y anuales registrados en un periodo de 10 años.

Los datos obtenidos fueron:

Estación Tlaxcala : 0.888 m³/seg

Estación Xicohtzingo 0.345 m³/seg

Para el estudio de caracterización del río Zahuapan se tomó el valor de la estación Xicohtzingo como el gasto de diseño por considerarse un valor crítico.

7.4 Balance hidráulico

Mediante la información hidrométrica de la cuenca, el gasto de diseño empleado para el estudio y los aforos correspondientes se efectuó el balance hidráulico, comprobando que el gasto de un tramo cualquiera sea sensiblemente igual al gasto del tramo anterior más las aportaciones y menos las extracciones existentes.

$$Q' = Q + A - E$$

Donde:

Q' = Gasto de la corriente después de la descarga o extracción

Q = Gasto de la corriente antes de la descarga o extracción

A = Aportaciones

E = Extracciones

El balance hidráulico efectuado se presenta en la siguiente tabla

Tabla 18. Balance Hidráulico por tramos

| Tramo | Gasto inicial m ³ /s | Aporte m ³ /s | Extracción m ³ /s | Gasto final m ³ /s |
|-------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.0346 | 0.0070 | 0 | 0.0416 |
| 2 | 0.416 | 0.1577 | 0 | 0.1993 |
| 3 | 0.1993 | 0.0081 | -0.0350 | 0.1724 |
| 4 | 0.1724 | 0.0330 | 0 | 0.2054 |
| 5 | 0.2054 | 0.3905 | -0.0013 | 0.5946 |
| 6 | 0.5946 | 0.3598 | -0.4187 | 0.5357 |
| 7 | 0.5357 | 0.1310 | 0 | 0.6667 |
| 8 | 0.6667 | 0.0133 | -0.0130 | 0.6670 |
| 9 | 0.6670 | 0 | -0.4894 | 0.1776 |
| 10 | 0.1776 | 0.1844 | 0 | 0.3620 |

7.5 Consideraciones que se realizaron al correr el modelo

Los tramos se dividieron en general de acuerdo a: distancias, aportaciones, extracciones y carga contaminante.

Se agruparon las descargas, afluentes y/o extracciones que no tenían un efecto significativo en el cuerpo receptor, es decir la concentración de materia orgánica en el río se mantenía prácticamente constante.

En el tramo 4 se reinicia la modelación ya que antes de este se encuentra la cascada Atlihuetzia, de aproximadamente 20 m de caída.

Para calcular el gasto de los aprovechamientos (extracciones), se uso el número de hectáreas regadas.

Para el caso de las plantas de tratamiento de tipo municipal, el gasto se calculó en base a la cobertura de población, ya que el gasto en estas descargas es muy variable.

En el tramo 5, para el Río Atenco o Tequisquiatl, se usó la DBO resultante del estudio de clasificación de este río (CNA, 1995).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7.6 Formulación de Resultados

Afluentes

Son 28 los afluentes del río Zahuapan (Tabla 19), de los cuales 12 son barrancas, 4 manantiales, 5 arroyos, 6 ríos y un drenaje de riego, de éstos se consideran de mayor importancia los ríos Atenco, Totolac y río Viejo, por su volúmen de aportación, los que contribuyen con la mayor contaminación son: el

río de Los Negros, barranca Totolac, barranca Monterrey, río Totolac y barranca Corazón de Jesús, esto debido a que en su cauce circulan en su mayoría aguas residuales que son vertidas aguas arriba sin tratamiento.

Por otro lado se encuentran los manantiales, cuya contaminación puede considerarse muy baja no afectando de forma negativa al cauce del río Zahuapan, excepto en coliformes que arrojan resultados muy altos (4×10^5 NMP/100 ml).

Descargas

Las descargas de aguas residuales son 21 (Tabla 20), de las cuales 17 son de origen municipal, una de servicios y 3 industriales. Es importante observar que las descargas que aportan mayor volumen son las de ECCAET, tanto en la ciudad de Tlaxcala como en la ciudad de Apizaco, con niveles de contaminación considerablemente altos.

Aprovechamientos

Los aprovechamientos existentes a lo largo del tramo en estudio son 14 divididos de la siguiente manera (Tabla 21): 2 plantas de bombeo, 5 presas derivadoras (para la presa derivadora Panotla se consideraron los canales laterales por separado) y 6 tomas derivadoras; de estas las de mayor importancia en la zona, tanto por el volumen de extracción como por la

superficie beneficiada son: la Presa Panotla con dos canales de derivación y la Presa Santa Agueda, así como las tomas 1 del ejido La Concordia y la toma No. 1 del ejido Tetlatlahuca.

Tabla 19. Afluentes del Río Zahuapan

| No. | Descripción | Gasto m ³ /s | DBO ₅ mg/l | DBO _u mg/l |
|-----|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Barranca Texopa- Tlaxcantitla | 0.001 | 14.75 | 17.85 |
| 2 | Barranca Analco | 0.001 | 23.4 | 28.32 |
| 3 | Barranca S/N | 0.005 | 53.8 | 65.12 |
| 4 | Barranca S/N A (Xaltocan) | 0.0003 | 106 | 128.29 |
| 5 | Barranca S/N B (Xaltocan) | 0.0001 | 290 | 350.99 |
| 6 | Barranca Zacatepec | 0.005 | 38.9 | 47.08 |
| 7 | Arroyo San Benito o Atlixteca | 0.048 | 52.8 | 63.91 |
| 8 | Arroyo de Huacaltzingo | 0.006 | 274 | 331.63 |
| 9 | Drenaje de riego Atlihuetzia | 0.0013 | 72.4 | 87.63 |
| 10 | Río Ocotoxco-Tlatlahuquitepec | 0.03 | 68.1 | 82.42 |
| 11 | Arroyo exedentes de riego manantial P.H. | 0.001 | 20.25 | 24.51 |
| 12 | Río Atenco o Tequisquiatl | 0.36 | | 29.53 |
| 13 | Río Dos Arroyos | 0.01 | 17.73 | 21.46 |
| 14 | Arroyo Metlahuapan | 0.015 | 12.26 | 14.84 |
| 15 | Arroyo S/N | 0.01 | 10.93 | 13.23 |
| 16 | Barranca El Cristo | 0.005 | 5.79 | 7.0 |
| 17 | Río Los Negros | 0.0076 | 136.12 | 164.75 |
| 18 | Barranca Totolac | 0.008 | 818.78 | 990.99 |
| 19 | Barranca Monterrey | 0.008 | 301.5 | 364.91 |
| 20 | Río Totolac | 0.1169 | 155.6 | 188.33 |
| 21 | Río Viejo | 0.11 | 58.3 | 70.56 |
| 22 | Barranca de Guardia | 0.038 | 67 | 81.09 |
| 23 | Barranca Corazón de Jesús | 0.019 | 194.5 | 235.41 |
| 24 | Barranca S/N (Drenaje de riego) | 0.0014 | 136.2 | 164.85 |
| 25 | Manantiales San Dionicio | 0.001 | 9.52 | 11.52 |
| 26 | Manantiales Palo Huerfano | 0.004 | 9.76 | 11.81 |
| 27 | Manantiales Belen | 0.0005 | 9.33 | 11.29 |
| 28 | Manantiales El Molinito | 0.008 | 6.5 | 7.87 |

Tabla 20. Descargas al Río Zahuapan

| No. | Descripción | Tipo | Gasto m3/s | DBO5 mg/l | DBOu mg/l |
|-----|--|------------|---------------|--------------|--------------|
| 1 | Descarga Xaltocan | Municipal | 0.0063 | 252.7 | 305.85 |
| 2 | Descarga 1 Planta de Tratamiento Apizaco "B" | Combinada | 0.095 | 99 | 119.82 |
| 3 | Descarga 2 Planta de Tratamiento Apizaco "B" | Combinada | 0.002 | 251.65 | 304.58 |
| 4 | Descarga Atlahuetzia (Fosa Séptica) | Municipal | 0.0008 | 280.75 | 339.80 |
| 5 | Descarga Hotel Misión | Servicios | 0.003 | 286 | 346.15 |
| 6 | Descarga Contla | Municipal | 0.001 | 234.75 | 284.12 |
| 7 | Descarga Laguna de Ox. San Pablo Apetatitlán | Municipal | 0.01 | 341.78 | 413.66 |
| 8 | Descarga Cruda No. 1 de Tlaxcala | Municipal | 0.01 | 870 | 1052.98 |
| 9 | Descarga Cruda No. 2 de Tlaxcala | Municipal | 0.0015 | 300.54 | 363.75 |
| 10 | Descarga Cruda No. 3 de Tlaxcala | Municipal | 0.005 | 685.75 | 829.98 |
| 11 | Descarga Cruda No. 4 de Tlaxcala | Municipal | 0.002 | 614.24 | 743.43 |
| 12 | Descarga No. 1 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | Combinada | 0.2057 | 511.8 | 619.46 |
| 13 | Descarga No. 2 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | Combinada | 0.01 | 573 | 693.51 |
| 14 | Descarga No. 3 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | Combinada | 0.089 | 246 | 297.74 |
| 15 | Descarga Totolac | Municipal | 0.005 | 369.6 | 447.34 |
| 16 | Descarga laguna de Ox. Panotla | Municipal | 0.007 | 120.58 | 145.94 |
| 17 | Descarga No. 1 quesería Tetlatlahuca | Industrial | 0.005 | 603 | 729.82 |
| 18 | Descarga No. 2 quesería Tetlatlahuca | Industrial | 0.0003 | 583.6 | 706.34 |
| 19 | Descarga Tetlatlahuca | Combinada | 0.008 | 943 | 1141.33 |
| 20 | Descarga San Buena Ventura | Municipal | 0.002 | 442 | 534.96 |
| 21 | Descarga Corredor industrial Xicotzingo | Industrial | 0.006 | 49.45 | 59.85 |

Tabla 21. Aprovechamientos en el Río Zahuapan

| No. | Descripción | Tipo | Capacidad | Superficie Beneficiada |
|-----|---------------------------------------|------------------|-----------|---------------------------|
| 1 | Planta de Bombeo Atlahuetzia | Presa Derivadora | 0.009 | 34 |
| 2 | Derivación Atlahuetzia | Presa Derivadora | 0.014 | 50 |
| 3 | Presa Metecatlan | Presa Derivadora | 0.012 | 40 |
| 4 | Derivación Belen | Presa Derivadora | 0.0013 | 4.5 |
| 5 | Planta de Bombeo Panotla | Planta de Bombeo | 0.0057 | 20 |
| 6 | Canal lateral derecho Presa Panotla | Presa Derivadora | 0.373 | 1382 |
| 7 | Canal lateral izquierdo Presa Panotla | Presa Derivadora | 0.04 | 138 |
| 8 | Represa Ejido Santa Apolonia | Toma Derivadora | 0.013 | 43 |
| 9 | Represa 1 Ejido Tetlatlahuca | Toma Derivadora | 0.14 | 482 |
| 10 | Represa 1 Ejido La Concordia | Toma Derivadora | 0.13 | 438 |
| 11 | Represa 2 Ejido Tetlatlahuca | Toma Derivadora | 0.0144 | 50 |
| 12 | Represa 3 Ejido Tetlatlahuca | Toma Derivadora | 0.025 | 88 |
| 13 | Represa 2 Ejido La Concordia | Toma Derivadora | 0.04 | 138 |
| 14 | Presa Santa Agueda | Presa Derivadora | 0.14 | 486 |

7.6.1 Integración de Información Básica

Con los resultados de laboratorio obtenidos, división de la corriente, ubicación de las extracciones, afluentes, aforos del río y el balance hidráulico, se aplicó el modelo matemático, para poder obtener los coeficientes y constantes, el balance de carga, capacidad de asimilación y dilución del río.

En las siguientes tablas se integra la información básica para correr el modelo.

Tabla 22. Integración de la Información Básica por Tramos

| Tramo | Velocidad m/s | Longitud m | O.D. inic. Mg/l | Temperatura del agua en °C | Pres. Atmosférica mmHg |
|-------|------------------|---------------|--------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0.0500 | 6,100 | 5.40 | 16 | 580.00 |
| 2 | 0.0933 | 10,775 | 4.30 | 18 | 580.00 |
| 3 | 0.2018 | 6,075 | 3.28 | 17 | 580.00 |
| 4 | 0.1915 | 475 | 5.56 | 17 | 580.00 |
| 5 | 0.1726 | 5,725 | 5.20 | 19 | 580.00 |
| 6 | 0.3351 | 8,600 | 4.30 | 18 | 580.00 |
| 7 | 0.1707 | 6,200 | 3.30 | 18 | 580.00 |
| 8 | 0.1733 | 4,225 | 3.70 | 19 | 580.00 |
| 9 | 0.1115 | 4,850 | 1.82 | 22 | 580.00 |
| 10 | 0.1617 | 6,975 | 3.90 | 20 | 580.00 |

Tabla 23. División de la Corriente por Tramos y Datos de Campo

| | Descripción | DBO ⁵ mg/l | DBO _u mg/l | Aforo m ³ /s | Long. m | Velocidad m/s |
|----|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------|------------------|
| 1 | Río Zahuapan confluencia barranca "la ladera" | 29.45 | 27.16 | 0.346 | 6100 | 0.0500 |
| | Barranca Texopa-Tlaxcantitla (MD) | 14.75 | 17.85 | 0.0010 | | |
| | Barranca Analco (MD) | 23.40 | 28.32 | 0.0010 | | |
| | Barranca S/N | 53.80 | 65.12 | 0.0050 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Barranca S/N | | 31.53 | 0.0416 | | |
| 2 | Río Zahuapan a. arriba Barranca S/N A (Xaltocan) | 40.30 | 27.14 | 0.0416 | 10775 | 0.0933 |
| | Barranca S/N A (Xaltocan) | 119.85 | 128.28 | 0.0030 | | |
| | Descarga Xaltocan (MD) | 181.96 | 305.86 | 0.0063 | | |
| | Barranca S/N B (Xaltocan) (MD) | 290.00 | 350.99 | 0.0001 | | |
| | Barranca Zacatepec (MI) | 39.90 | 47.08 | 0.0050 | | |
| | Manantiales San Dionisio (MI) | 9.52 | 11.52 | 0.0010 | | |
| | Descarga 1 Planta de Trat. Apizaco "B" (MI) | 38.90 | 119.82 | 0.0950 | | |
| | Descargas 2 Planta de Trat. Apizaco "B" (MI) | 68.95 | 304.58 | 0.0020 | | |
| | Arroyo San Benito o Atlixlac (MI) | 75.05 | 63.91 | 0.0480 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Arroyo San Benito | | 139.10 | 0.1993 | | |
| 3 | Río Zahuapan a. arriba Arroyo Huacaltzingo | | 88.23 | 0.1993 | 6075 | 0.2018 |
| | Arroyo Huacaltzingo (MI) | 171.15 | 331.63 | 0.0060 | | |
| | Planta de bombeo Atlhuetzia (MD) | 95.34 | 95.34 | -0.0090 | | |
| | Drenaje de riego Atlhuetzia (MD) | 87.63 | 87.63 | 0.0013 | | |
| | Derivación Atlhuetzia (MD) | 93.78 | 93.78 | -0.0140 | | |
| | Presa Metecatlan (MI) | 90.20 | 90.20 | -0.0120 | | |
| | Descarga Atlhuetzia (Fosa séptica) (MD) | 214.61 | 339.80 | 0.0080 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Descarga Atlhuetzia | | 505.22 | 0.1724 | | |
| ** | Cascada Atlhuetzia 20 m de caída | | | | | |
| 4 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Hotel Misión | 85.00 | 86.14 | 0.1724 | 475 | 0.1915 |
| | Descarga Hotel Misión (MD) | 286.00 | 346.15 | 0.0030 | | |
| | Río Ocotoxco(MD) | 68.10 | 82.42 | 0.0300 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Río Ocotoxco | | 81.34 | 0.2045 | | |
| | Río Zahuapan a. arriba Manantiales Palo Huerfano | 17.93 | 89.36 | 0.2045 | 5725 | 0.1726 |
| | Manantiales Palo Huerfano (MI) | 9.76 | 11.82 | 0.0040 | | |
| | Arroyo excedentes de riego manantiales Palo H. | 20.25 | 24.51 | 0.0010 | | |
| | Río Atenco o Tequisquiatl (MI) | 31.65 | 29.53 | 0.3420 | | |
| | Derivación Belen (MD) | 28.85 | 51.40 | -0.0013 | | |
| | Río dos arroyos (MI) | 22.30 | 21.46 | 0.0100 | | |
| | Manantiales Belen (MI) | 12.16 | 11.29 | 0.0005 | | |
| | Arroyo Metlahuapan (MI) | 11.52 | 14.84 | 0.0150 | | |
| | Manantiales el molinito (MD) | 6.50 | 7.87 | 0.0080 | | |
| | Arroyo S/N (MD) | 10.93 | 13.23 | 0.01 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Arroyo S/N | | 27.93 | 0.5946 | | |

| | Descripción | DBO ⁵ | DBOu | Aforo | Long. | Velocidad |
|---|--|------------------|---------|---------|-------|-----------|
| 6 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Contla | | 47.52 | 0.5946 | 8600 | 0.3355 |
| | Descarga Contla (MI) | 234.26 | 284.12 | 0.0010 | | |
| | Descarga Lag. De Ox. San Pablo Apetatitlan (MI) | 285.39 | 413.66 | 0.0100 | | |
| | Barranca El Cristo | 5.79 | 7.00 | 0.0050 | | |
| | Río Los Negros | 116.96 | 164.75 | 0.0076 | | |
| | Descarga cruda No. 1 de Tlaxcala | 541.95 | 1052.98 | 0.0100 | | |
| | Descarga cruda No. 2 de Tlaxcala | 272.72 | 363.75 | 0.0015 | | |
| | Descarga cruda No. 3 de Tlaxcala | 685.75 | 829.98 | 0.0050 | | |
| | Descarga cruda No. 4 de Tlaxcala | 614.24 | 743.43 | 0.0020 | | |
| | Barranca Totolac (MD) | 516.34 | 990.99 | 0.0080 | | |
| | Descarga 1 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 511.80 | 619.44 | 0.2057 | | |
| | Descarga 2 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 573.00 | 693.51 | 0.0100 | | |
| | Descarga 3 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 246.00 | 297.74 | 0.0890 | | |
| | Descarga Totolac | 284.95 | 447.34 | 0.0050 | | |
| | Planta de Bombeo Panotla (MD) | 145.98 | 228.36 | -0.0057 | | |
| | Canal lateral derecho Presa Panotla | 228.36 | 228.36 | -0.3730 | | |
| Canal lateral izquierdo Presa Panotla | 228.36 | 228.36 | -0.0400 | | | |
| Río Zahuapan a. abajo Canal lateral izq. Presa P. | | 228.36 | 0.5357 | | | |
| 7 | Río Zahuapan a. arriba Descarga Laguna de Ox. P. | 66.06 | 215.64 | 0.5357 | 6200 | 0.1707 |
| | Descarga Laguna de Ox. Panotla (MD) | 120.56 | 145.93 | 0.0070 | | |
| | Barranca Monterrey (MI) | 245.30 | 364.91 | 0.0080 | | |
| | Río Totolac (MI) | 28.45 | 188.33 | 0.1160 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Río Totolac | | 205.85 | 0.6667 | | |
| 8 | Río Zahuapan a. arr. Represa Ejido Sta. Apolonia | 29.20 | 192.17 | 0.6667 | 4225 | 0.1733 |
| | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 143.35 | 192.17 | -0.0130 | | |
| | Descarga No. 1 quesería Tetlatlahuca (MI) | 729.82 | 729.82 | 0.0050 | | |
| | Descarga No. 2 quesería Tetlatlahuca (MI) | 706.34 | 706.34 | 0.0003 | | |
| | Descarga Tetlatlahuca (MI) | 891.40 | 1141.3 | 0.0080 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Descarga Tetlatlahuca | | 207.82 | 0.6670 | | |
| 9 | Río Zahuapan a. arr. Represa 1 Ejido Tetlatlahuca | 76.57 | 206.34 | 0.6670 | 4850 | 0.1115 |
| | Represa 1 ejido Tetlatlahuca (MI) | 206.34 | 206.34 | -0.1400 | | |
| | Represa 1 ejido La Concordia (MD) | 202.57 | 202.57 | -0.1300 | | |
| | Represa 2 Ejido Tetlatlahuca (MI) | 218.22 | 202.57 | -0.0144 | | |
| | Represa 3 ejido Tetlatlahuca (MI) | 194.74 | 194.74 | -0.0250 | | |
| | Represa 2 ejido La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | -0.0400 | | |
| | Presa Santa Agudea | 191.18 | 191.18 | -0.1400 | | |
| | Río Zahuapan a. abajo Presa Sta. Agudea | | 160.15 | 0.1776 | | |
| 10 | Río Zahuapan a. arriba Río Viejo | 19.40 | 144.57 | 0.1776 | 6975 | 0.1617 |
| | Río Viejo (MI) | 70.56 | 70.56 | 0.1100 | | |
| | Barranca de Guardía (MI) | 60.16 | 81.09 | 0.0380 | | |
| | Barranca Corazón de Jesús (MI) | 194.50 | 235.41 | 0.0190 | | |
| | Barranca S/N (MD) | 136.20 | 164.85 | 0.0014 | | |
| | Descarga San Buena Ventura (MI) | 442.00 | 534.96 | 0.0020 | | |
| | Descarga Corredor industrial Xicotzinco (MI) | 106.01 | 59.85 | 0.0060 | | |
| | Río Zahuapan antes de la confluencia con el Atoyac | 115.96 | 115.96 | 0.3620 | | |

7.7 Aplicación del Modelo Matemático

Tabla 24. Parámetros básicos del tramo 1 para la aplicación del modelo

| Estación | Longitud m | Gasto m ³ /s | Velocidad m/s | O.D. mg/l | DBOu mg/l | T agua °C |
|----------|---------------|----------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 6100 | 1.1346 | 0.050 | 5.4 | 35.64 | 16 |
| 2 | | 1.0346 | | | 27.16 | |
| 3 | | 0.001 | | | 17.85 | |
| 4 | | 0.001 | | | 28.32 | |
| 5 | | 0.005 | | | 65.12 | |
| 6 | | 0.0416 | | | 31.53 | |

Ejemplo para el tramo 1

Tiempo de Recorrido (T_R).

$$T_R = \frac{\text{Long} / \text{Vel}}{86400} = \frac{6100 / 0.050}{86400} = 1.41 \text{ dias}$$

Constante de Desoxigenación (K_D)

$$K_D = \left(\frac{1}{T_R} \right) \left\{ \ln \left[\frac{DBO_1}{DBO_{2,1}} \right] \right\} = \left(\frac{1}{1.41} \right) \left\{ \ln \left(\frac{35.64}{27.16} \right) \right\} = 0.19 \text{ dia}^{-1}$$

Corrección de K_D por temperatura (K_{DC}).

$$K_{DC} = (K_D)(1.047^{(temp-20)}) = (0.19)(1.047^{(16-20)}) = 0.16 \text{ dia}^{-1}$$

Demanda Bioquímica de oxígeno en el tiempo t (L_2).

$$L_2 = (DBO_1)(e^{(-K_{DC} * T_2)}) = (35.64)(e^{(-0.16 * 1.41)}) = 28.44 \text{ mg / l}$$

DBO para el siguiente tramo (L_4).

$$L_4 = \frac{L_2 Q_2 + L_3 Q_3}{Q_2 + Q_3}$$

$$L_4 = \frac{(27.16 * 0.0346) + (17.85 * 0.001) + (28.32 * 0.001) + (65.12 * 0.005)}{0.0346 + 0.001 + 0.001 + 0.005} = 31.53 \text{ mg / l}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Oxígeno de Saturación (C_s).

$$C_s = (14.625 - 0.3943(T) + 0.0077(T^2) - 0.0000646(T^3)) \frac{P_{atm}}{760}$$

$$C_s = (14.625 - 0.3943(16) + 0.0077(16^2) - 0.0000646(16^3)) \frac{580}{760} = 7.65 \text{ mg / l}$$

Déficit inicial de oxígeno (Do).

$$Do = Cs - OD_1 = 7.65 - 5.4 = 2.25 \text{mg / l}$$

Déficit crítico (Dc).

$$Dc = CS - OD_{perm} = 7.65 - 3.2 = 4.45 \text{mg / l}$$

Tiempo crítico (Tc).

Para poder obtener Tc, es necesario conocer el valor del factor de autopurificación (f), el factor "f" es una constante de la autopurificación que se puede obtener en tablas o bien calcularse.

En este caso el valor se obtuvo de la siguiente tabla.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 25. Factor f

| Velocidad de la corriente | Factor f |
|---------------------------|----------|
| V≤0.02 | 1.0 |
| 0.02<V≤0.056 | 1.1 |
| 0.056<V≤0.092 | 1.2 |
| 0.092<V≤0.128 | 1.3 |
| 0.128<V≤0.164 | 1.4 |
| 0.164<V≤0.2 | 1.5 |
| 0.2<V≤0.26 | 1.6 |
| 0.26<V≤0.32 | 1.7 |
| 0.32<V≤0.38 | 1.8 |
| 0.38<V≤0.44 | 1.9 |
| 0.44<V≤0.5 | 2.0 |
| 0.5<V≤0.66 | 2.1 |
| 0.66<V≤0.72 | 2.2 |
| 0.72<V≤0.88 | 2.3 |
| 0.88<V≤1.04 | 2.4 |
| 1.04<V≤1.20 | 2.5 |
| 1.20<V≤1.36 | 2.6 |
| 1.36<V≤1.52 | 2.7 |
| 1.52<V≤1.68 | 2.8 |
| 1.68<V≤1.84 | 2.9 |
| 1.84<V≤2.00 | 3.0 |
| V>2.00 | 4.0 |

Fuente: Castelan Crespo 1994

$$T_c = \frac{1}{K_{DC}(f-1)} \ln \left[f \left(1 - \left\{ f - 1 \right\} \left(\frac{D_o}{DBO_1} \right) \right) \right]$$

$$Tc = \frac{1}{0.16(1.1-1)} \ln \left[1.1 \left(1 - \{1.1-1\} \left(\frac{2.25}{27.16} \right) \right) \right] = 5.44 \text{ dias}$$

Déficit máximo de descarga.

$$Dil = DBO_{oxy} - DBO_1 = 80 - 27.16 = 52.84 \text{ mg / l}$$

Asimilación (Asim.)

$$Asim = \frac{(Dc)(f)}{e^{(-k_{Dc} \cdot T_c)}} = \frac{(4.45)(1.1)}{e^{(-0.16 \cdot 5.41)}} = 6.14 \text{ mg / l}$$

Carga de asimilación (Lc).

$$Lc = (Asim)(86.4)(Q) = (6.14)(86.4)(0.0416) = 22.06 \text{ kg / dia}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Carga Real (L_R)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

$$L_R = [(DBO_1)(Q_1) + (DBO_2)(Q_2) + \dots](86.4)$$

$$L_R = [(17.85)(0.001) + (28.32)(0.001) + (65.12)(0.005)](86.4) = 32.12 \text{ kg / dia}$$

Porcentaje de remoción (Re).

$$Re = \frac{L_R - L_C}{L_R} (100) = \frac{32.12 - 22.06}{32.12} (100) = 31.32\%$$

Tabla 26. Resultados obtenidos para el tramo 1

| Constante o parámetro | Valor |
|--------------------------------------|-------|
| T _R (dias) | 1.41 |
| K _D (dia ⁻¹) | 0.19 |
| K _{DC} (dia ⁻¹) | 0.16 |
| L ₂ (mg/l) | 28.44 |
| L ₄ (mg/l) | 31.53 |
| C _s (mg/l) | 7.65 |
| D _o (mg/l) | 2.25 |
| D _c (mg/l) | 4.45 |
| T _c (dias) | 5.44 |
| Dilución (mg/l) | 52.84 |
| Asimilación (mg/l) | 6.14 |
| L _c (Kg/día) | 22.06 |
| L _R (Kg/día) | 32.12 |
| Re (%) | 31.32 |

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7.7.1 Condiciones actuales

Con los datos originales obtenidos en campo, al correr el modelo matemático se tiene que en los tramos 4, 5 y 6 que comprenden 33 estaciones de monitoreo (Río Zahuapan a. arriba descarga Hotel Misión hasta Río Zahuapan a. abajo presa Panotla) se obtiene una KD con valores de 30.48, 0 y 2.15 que se encuentran fuera de rango, estos valores se presentan debido a que el modelo está diseñado considerando que la DBOu aguas arriba es menor que la DBOu aguas abajo y que en el recorrido del tramo la masa de agua se purifica.

En el tramo 4, 5 y 6 se tienen valores de DBOu al inicio y final de tramo de:

| | DBOu inicio | DBOu final |
|---------|-------------|------------|
| Tramo 4 | 86.14 | 89.39 |
| Tramo 5 | 89.36 | 90.12 |
| Tramo 6 | 47.52 | 228.36 |

lo cual indica que la corriente en estos tramos no logra recuperarse. Situación que altera el modelo matemático.

Para hacer válida la modelación, se modificaron datos de DBOu en estos tramos, tomando en consideración una reducción del 50 % en las descargas que no cuentan con planta de tratamiento y en el caso de las descargas Apizaco "B" y ECCAET Tlaxcala se considera una eficiencia del 95% en su tratamiento.

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | PROM. DBO5 mg/l | DBO5u mg/l | DBO OBU mg/l 80.00 | AFORO m³/seg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | OD. PFORM. mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °C | TR días | ND días-1 | KDc días-1 | |
|-------------------------------------|---|--------------------|---------------|--------------------------|-----------------|------------|------------|------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------|-------------|------------|--------------|---------------|--|
| 1 | Río Zahuapan confluencia con boca La Ladera | 29.45 | 35.64 | 80.00 | 0.0346 | 0.00 | 20.90 | 6,100.00 | 580.00 | 3.20 | 5.40 | 0.0500 | 1.10 | 18.00 | 1.41 | 0.19 | 0.160 | |
| | Río Zahuapan aguas arriba boca Terape | 14.75 | 17.85 | 80.00 | 0.0010 | 3,250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Tequis-Tlacuapán (MD) | 23.40 | 26.32 | 80.00 | 0.0010 | 1,925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Anasco (MD) | 53.80 | 65.12 | 80.00 | 0.0050 | 925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (MI) | | 31.53 | 80.00 | 0.0416 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Río Zahuapan a 20 boca sin nombre | 40.30 | 27.14 | 80.00 | 0.0416 | | | 10,775.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.0933 | 1.30 | 18.00 | 1.34 | 0.11 | 0.102 | |
| | Río Zahuapan aguas arriba boca sin (A) Kallocan | 119.85 | 128.28 | 80.00 | 0.0030 | 3,025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (A) Xalocan (MD) | 161.98 | 305.86 | 80.00 | 0.0063 | 325.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Xalocan (MD) | 290.00 | 350.98 | 80.00 | 0.0001 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (B) Kallocan (MD) | 38.90 | 47.08 | 80.00 | 0.0050 | 3,450.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Manantiales San Dordoba (MI) | 9.52 | 11.52 | 80.00 | 0.0010 | 1,900.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de Tratamiento Apizaco "B" (MI) | 38.90 | 119.82 | 80.00 | 0.0950 | 1,800.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de Tratamiento Apizaco "B" (MI) | 68.96 | 304.58 | 80.00 | 0.0020 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Benito o Atoyaca (MI) | 75.06 | 83.81 | 80.00 | 0.0480 | 150.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Benito | | 86.00 | 80.00 | 0.1983 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Río Zahuapan a 87 arroyo de Huacalzingo | 171.15 | 86.23 | 80.00 | 0.1993 | | | 8,075.00 | 580.00 | 3.20 | 3.28 | 0.2018 | 1.60 | 17.00 | 0.35 | 0.24 | 0.211 | |
| | Arroyo de Huacalzingo (MI) | 95.34 | 331.63 | 80.00 | 0.0080 | 1,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Ahuiztla (MD) | 87.63 | 95.34 | 80.00 | -0.0090 | 1,525.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Drinaje de Riego Ahuiztla (MD) | 93.78 | 87.63 | 80.00 | 0.0013 | 350.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Derivación Ahuiztla (MD) | 90.20 | 93.78 | 80.00 | -0.0140 | 1,100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Presa Metecatlan (MI) | 214.61 | 90.20 | 80.00 | -0.0120 | 2,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Ahuiztla (fosa séptica) (MD) | | 339.80 | 80.00 | 0.0080 | 100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan a 88 descarga Ahuiztla | | 206.84 | 80.00 | 0.1724 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 106.64 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Río Zahuapan a 89 desc Hotel Misión | 85.00 | 86.14 | 80.00 | 0.1724 | | | 475.00 | 580.00 | 3.20 | 5.56 | 0.1915 | 1.50 | 17.00 | 0.03 | 0.48 | 0.556 | |
| | Descarga Hotel Misión (MD) | 288.00 | 346.15 | 80.00 | 0.0030 | 350.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Ocotitlán-Tlacuapán (MD) | 68.10 | 82.42 | 80.00 | 0.0300 | 25.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan a 89 río Ocotitlán | | 89.39 | 80.00 | 0.2054 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Río Zahuapan a 90 Manantiales Palo Huertano | 17.93 | 86.36 | 80.00 | 0.2054 | | | 5,725.00 | 580.00 | 3.20 | 5.20 | 0.1726 | 1.50 | 18.00 | 0.38 | 0.00 | 0.001 | |
| | Manantiales Palo Huertano (MI) | 9.76 | 11.82 | 80.00 | 0.0040 | 850.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo excedentes de riego manant Palo Huertano | 20.25 | 24.51 | 80.00 | 0.0010 | 175.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Alenco o Tequisqueles (MI) | 31.65 | 29.53 | 80.00 | 0.3420 | 900.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Derivación Balón (MD) | 28.85 | 51.40 | 80.00 | -0.0013 | 200.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Dos Arroyos (MI) | 22.30 | 21.46 | 80.00 | 0.0100 | 1,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Manantiales de Balón (MI) | 12.16 | 11.28 | 80.00 | 0.0005 | 825.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo Metehuapan (MI) | 11.52 | 14.84 | 80.00 | 0.0150 | 1,025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Manantiales el Molino (MD) | 6.50 | 7.87 | 80.00 | 0.0080 | 500.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo en Nombre (MD) | 10.93 | 13.23 | 80.00 | 0.01 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| Río Zahuapan a 90 arroyo sin nombre | | 80.12 | 80.00 | 0.5946 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Río Zahuapan a 91 descarga Conte | 234.26 | 47.52 | 80.00 | 0.5946 | | | 8,600.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.3351 | 1.80 | 18.00 | 0.30 | 2.15 | 1.965 | |
| | Descarga Conte (MI) | 265.39 | 284.12 | 80.00 | 0.0010 | 875.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Lag de Or San Pablo Apetitlán (MI) | | 413.86 | 80.00 | 0.0100 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | PROM. DBO5 mg/l | DBO5u mg/l | DBO OBU mg/l 80.00 | AFORO m ³ /seg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | OD. PERM. mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | TEMP. °C | TR días | KD días ⁻¹ | KDc días ⁻¹ |
|--|--|--------------------|---------------|--------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| 6 | Barranca el Cristo (MD) | 5.79 | 7.00 | | 0.0050 | 950.00 | | | | | | | | | | |
| | Río de los Negros (MI) | 116.95 | 164.75 | | 0.0076 | 1,100.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No. 1 de Toluca (MI) | 541.95 | 1,052.98 | | 0.0100 | 1,550.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No. 2 de Toluca (MI) | 272.72 | 363.75 | | 0.0015 | 325.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No. 3 de Toluca (MI) | 685.75 | 829.98 | | 0.0050 | 350.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No. 4 de Toluca (MI) | 614.24 | 743.43 | | 0.0020 | 300.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Toluca (MD) | 516.34 | 960.99 | | 0.0080 | 1,300.00 | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 1 planta de tratamiento ECCAET Toluca | 511.80 | 619.44 | | 0.0100 | 100.00 | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 2 planta de tratamiento ECCAET Toluca | 573.00 | 693.51 | | 0.0090 | 75.00 | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 3 planta de tratamiento ECCAET Toluca | 246.00 | 297.74 | | 0.0050 | 275.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga Toluca (MD) | 284.95 | 447.34 | | -0.0057 | 1,200.00 | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Parotla (MD) | 145.98 | 228.36 | | -0.3730 | 100.00 | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral derecho Presa Parotla | 228.36 | 228.36 | | -0.4000 | 50.00 | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral izquierdo Presa Parotla | 228.36 | 228.36 | | 0.5357 | | 235.35 | | | | | | | | | |
| Río Zarzapán s. abaj. Presa Parotla | | 228.36 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Río Zarzapán s. arr. Desc. Lag. Ox. Parotla | 66.05 | 215.64 | 80.00 | 0.5357 | | | 6,200.00 | 580.00 | 3.20 | 3.30 | 0.1707 | 18.00 | 0.42 | 0.14 | 0.124 |
| | Descarga Laguna de Oxidación Parotla (MD) | 120.56 | 145.93 | | 0.0070 | 3,325.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Monterrey (MI) | 245.30 | 364.91 | | 0.0090 | 1,925.00 | | | | | | | | | | |
| | Río Toluca (MD) | 28.45 | 188.33 | | 0.1180 | 950.00 | | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán s. ab. Río Toluca | | 205.85 | | 0.6667 | | 211.95 | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán aguas arr. Represa Ejido Santa Apolonia | 29.20 | 192.17 | 80.00 | 0.6667 | | | 4,225.00 | 580.00 | 3.20 | 3.70 | 0.1733 | 19.00 | 0.28 | 0.24 | 0.233 |
| 8 | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 143.35 | 160.45 | | -0.0130 | 3,700.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 1 quebrantas Toluca (MI) | 729.82 | 729.82 | | 0.0050 | 150.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 2 quebrantas Toluca (MI) | 706.34 | 706.34 | | 0.0003 | 150.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga Toluca (MI) | 891.40 | 1,141.33 | | 0.0080 | 225.00 | | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán s. ab. Descarga Toluca | | 207.82 | | 0.6670 | | 208.43 | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán aguas arr. Represa Ejido Toluca | 76.57 | 206.34 | 80.00 | 0.6670 | | | 4,850.00 | 580.00 | 3.20 | 1.82 | 0.1115 | 22.00 | 0.50 | 0.01 | 0.016 |
| | Represa 1 Ejido Toluca (MI) | 206.34 | 206.34 | | -0.1400 | 425.00 | | | | | | | | | | |
| | Represa 1 Ejido La Concordia (MD) | 202.57 | 202.57 | | -0.1300 | 725.00 | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido Toluca (MI) | 218.22 | 202.57 | | -0.0144 | 50.00 | | | | | | | | | | |
| | Represa 3 Ejido Toluca (MI) | 194.74 | 194.74 | | -0.0250 | 1,575.00 | | | | | | | | | | |
| 9 | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | | -0.0400 | 175.00 | | | | | | | | | | |
| | Pres. Santa Agueda (MD y MI) | 191.18 | 191.18 | | -0.1400 | 1,900.00 | | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán s. ab. Presa Santa Agueda | | 160.15 | | 0.1776 | | 225.71 | | | | | | | | | |
| | Río Zarzapán aguas arr. Río Viejo | 19.40 | 144.57 | 80.00 | 0.1776 | | | 6,975.00 | 580.00 | 3.20 | 3.90 | 0.1817 | 20.00 | 0.50 | 0.21 | 0.205 |
| | Río Viejo (MI) | 70.98 | 70.98 | | 0.1100 | 4,225.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca de Guadalupe (MI) | 60.16 | 81.09 | | 0.0380 | 900.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Corazón de Jesús (MI) | 194.50 | 235.41 | | 0.0190 | 200.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca en nombre (chance de lago) (MD) | 136.20 | 184.85 | | 0.0014 | 250.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga San Buenaventura (MI) | 442.00 | 534.96 | | 0.0020 | 1,250.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga Corredor Industrial Xicoténcatl (MI) | 106.01 | 59.85 | | 0.0060 | 150.00 | | | | | | | | | | |
| Río Zarzapán antes de la confluencia con el Río A... | 115.96 | 115.96 | | 0.3620 | 100.00 | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | L2 mg/l | Ca mg/l | Do mg/l | De mg/l | To das | Dind (mg/l) | APUNILACION (mg/l) | Ld log/día | Lr log/día | Re % |
|--------|---|------------|------------|------------|------------|-----------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|---------|
| 1 | Río Zahuapan confluencia con boca La Ladera Río Zahuapan aguas arriba boca Tenexoba Barranca Taxopa- Teacuarreta (MD) Barranca Anelco (MI) Barranca sin nombre (MI) Río Zahuapan a ab boca sin nombre | 21.67 | 7.65 | 2.25 | 4.45 | 5.44 | 52.84 | 6.14 | 22.06 | 32.12 | 31.32 |
| 2 | Río Zahuapan aguas arriba boca sin (A) Xellocan Barranca sin nombre (A) Xellocan (MD) Descarga Xellocan (MD) Barranca sin nombre (B) Xellocan (MD) Barranca Zecatlápoc (MI) Marramiales San Dionicio (MI) Descarga 1 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) Descarga 2 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) Arroyo San Benito o Atzacca (MI) Río Zahuapan a ab Arroyo San Benito | 23.67 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 7.42 | 52.86 | 6.21 | 108.87 | 1,525.26 | 82.99 |
| 3 | Río Zahuapan a ab arroyo de Huelcaztingo Arroyo de Huelcaztingo (MI) Planta de Bombeo Ahuacaba (MD) Drenaje de Riego Ahuacaba (MD) Derrivación Ahuacaba (MD) Presa Misecatlan (MI) Descarga Ahhuacaba (fojas sépticas) (MD) Río Zahuapan a ab descarga Ahhuacaba | 81.97 | 7.50 | 4.22 | 4.30 | 3.48 | NULA | 7.41 | 110.40 | 135.54 | 18.55 |
| 4 | Río Zahuapan a ab desc Hotel Misón Descarga Hotel Misión (MD) Río Ocotitlan-Tehuacanpec (MD) Río Zahuapan a ab río Ocotitlan | 40.19 | 7.50 | 1.94 | 4.30 | 0.03 | NULA | 13.64 | 245.57 | 303.36 | 19.05 |
| 5 | Río Zahuapan a ab Marramiales Palo Huertano Marramiales Palo Huertano (MI) Arroyo cuerditas de riego marant Palo Huertano Río Alenco o Tequisquati (MI) Derrivación Belén (MD) Río Dos Arroyos (MI) Marramiales de Belén (MI) Arroyo Metéhuapan (MI) Marramiales al Molento (MD) Arroyo sin Nombre (MD) Río Zahuapan a ab arroyo sin nombre | 88.33 | 7.23 | 2.03 | 4.03 | 0.43 | 0.43 | 6.05 | 310.87 | 928.14 | 66.53 |
| | Río Zahuapan a ab descarga Corita Descarga Corita (MI) Descarga Leg. de Ca. San Pablo Apóstolán (MI) | 26.51 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 0.34 | 32.48 | 13.44 | 621.92 | 8,451.91 | 92.84 |

| TRAMOS | DESCRIPCION | L2 mg/l | Ca mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc dias | Dvnd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/dia | Lr kg/dia | Re % |
|--------|--|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| 6 | Barranca el Cristo (MI) Rio de las Negras (MI) Descarga cruda No 1 de Tarcata (MI) Descarga cruda No 2 de Tarcata (MI) Descarga cruda No 3 de Tarcata (MI) Descarga cruda No 4 de Tarcata (MI) Barranca Tototac (MI) Desc No 1 planta de tratamiento ECCOALET Tarcata Desc No 2 planta de tratamiento ECCOALET Tarcata Desc No 3 planta de tratamiento ECCOALET Tarcata Descarga Tototac (MI) Planta de Bombeo Parotla (MI) Canal Lateral derecho Presa Parotla Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Rio Zarzaplan a abjo Presa Parotla | | | | | | | | | | |
| 7 | Rio Zarzaplan a ar Desc Lag Oj. Parotla Descarga Laguna de Oxidacion Parotla (MI) Barranca Monerrey (MI) Rio Tototac (MI) Rio Zarzaplan a ab Rio Tototac | 204.66 | 7.36 | 4.08 | 4.16 | 6.37 | NULLA | 6.56 | 379.08 | 2,228.00 | 82.99 |
| 8 | Rio Zarzaplan aguas ar Represa Ejido Santa Apol Represa Ejido Santa Apolona (MI) Descarga No 1 quepasas Tezalahuca (MI) Descarga No 2 quepasas Tezalahuca (MI) Descarga Tezalahuca (MI) Rio Zarzaplan a ab descarga tezalahuca | 179.95 | 7.23 | 3.53 | 4.03 | 3.40 | NULLA | 6.46 | 372.03 | 942.26 | 60.52 |
| 9 | Rio Zarzaplan aguas ar Represa Ejido Tezalahuca Represa 1 Ejido Tezalahuca (MI) Represa 1 Ejido La Concordia (MI) Represa 2 Ejido Tezalahuca (MI) Represa 3 Ejido Tezalahuca (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MI) Presa Santa Aguada (MI y MI) Rio Zarzaplan a ab Presa Santa Aguada | 204.73 | 6.87 | 5.06 | 3.87 | 54.62 | NULLA | 4.80 | 73.69 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | Rio Zarzaplan aguas ar Rio Viejo Rio Viejo (MI) Barranca de Guardia (MI) Barranca Corazon de Jesus (MI) Barranca sin nombre (drenaje de riego) (MI) Descarga San Buenaventura (MI) Descarga Corredor Industrial Xochitlanco (MI) Rio Zarzaplan aguas de la confluencia con el Rio A | 130.51 | 7.10 | 3.20 | 3.90 | 3.99 | NULLA | 6.05 | 189.31 | 1,466.69 | 87.09 |

| TRAMO | DESCRIPCIÓN | PROX. DECS mg/l | DECS mg/l | DBO OBI mg/l 80.00 | AFORO m3seg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | DO. PERM. mg/l | DO. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | T 1 | TEMP. °C | TR dias | RO dias-1 | RDC dias-1 | |
|--------------------------------------|---|--|--------------|--------------------------|----------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|-------------|------------|--------------|---------------|-------|
| 1 | Río Zahuapan confluencia con boca La Laguna | 29.45 | 35.64 | 80.00 | 0.0346 | 0.00 | 20.90 | 6,100.00 | 580.00 | 3.20 | 5.40 | 0.0500 | 1.10 | 18.00 | 1.41 | 0.19 | 0.180 | |
| | Barranca Tenexpa-Tlacotalilla (MD) | 14.75 | 27.16 | 80.00 | 0.0010 | 3,250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Anolco (MD) | 23.40 | 28.32 | 80.00 | 0.0010 | 1,925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca en Nombre (MI) | 53.80 | 85.12 | 80.00 | 0.0050 | 925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. boca en Nombre | | 31.53 | 80.00 | 0.0416 | | | 31.53 | 10,775.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.0833 | 1.30 | 18.00 | 1.34 | 0.11 | 0.102 |
| 2 | Río Zahuapan aguas en boca s/n (A) Xalisco | 40.30 | 27.14 | 80.00 | 0.0416 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca en Nombre (A) Xalisco (MD) | 119.85 | 128.28 | 80.00 | 0.0030 | 3,025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Xalisco (MD) | 161.98 | 152.93 | 80.00 | 0.0083 | 325.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca en Nombre (B) Xalisco (MD) | 290.00 | 175.50 | 80.00 | 0.0001 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Zacatepec (MI) | 38.90 | 47.08 | 80.00 | 0.0050 | 3,450.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Marranales San Oronzo (MI) | 9.52 | 11.52 | 80.00 | 0.0010 | 1,800.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 38.90 | 101.85 | 80.00 | 0.0850 | 1,800.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 68.95 | 258.89 | 80.00 | 0.0020 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Bartilo o Atlatza (MI) | 75.05 | 83.91 | 80.00 | 0.0480 | 150.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. Arroyo San Bartilo | | 98.00 | 80.00 | 0.1993 | | | 0.94 | | | | | | | | | | |
| 3 | Río Zahuapan s. ab. Arroyo de Huacalángulo | | 88.23 | 80.00 | 0.1993 | | | 8,075.00 | 580.00 | 3.20 | 9.28 | 0.2018 | 1.60 | 17.00 | 0.35 | 0.24 | 0.211 | |
| | Arroyo de Huacalángulo (MI) | 171.15 | 331.63 | 80.00 | 0.0060 | 1,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Ahuiztla (MD) | 85.34 | 95.34 | 80.00 | 0.0090 | 1,525.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Drainaje de Riogo Ahuiztla (MD) | 87.63 | 87.63 | 80.00 | 0.0013 | 350.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Drainaje Ahuiztla (MD) | 93.78 | 93.78 | 80.00 | 0.0140 | 1,100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Presal Melocaton (MI) | 90.20 | 90.20 | 80.00 | 0.0120 | 2,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Ahuiztla (Fosa séptica) (MD) | 214.61 | 189.80 | 80.00 | 0.0080 | 100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. Descarga Ahuiztla | | 98.13 | 80.00 | 0.1724 | | | 99.07 | | | | | | | | | | |
| | Cascadas Ahuiztla (20 metros) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | Río Zahuapan s. ab. desc. Hotel Melton | 85.00 | 98.57 | 80.00 | 0.1724 | | | 475.00 | 580.00 | 3.20 | 5.56 | 0.1915 | 1.50 | 17.00 | 0.03 | 0.56 | 0.488 |
| Descarga Hotel Melton (MD) | | 286.00 | 311.54 | 80.00 | 0.0030 | 960.00 | | | | | | | | | | | | |
| Río Ocotitlan-Tlachahuiztla (MD) | | 68.10 | 82.42 | 80.00 | 0.0300 | 25.00 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Río Zahuapan s. ab. río Ocotitlan | | 80.63 | 80.00 | 0.2054 | | 103.25 | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. Marranales Palo Huasteco | 17.93 | 29.38 | 80.00 | 0.2054 | | | 5,725.00 | 580.00 | 3.20 | 5.20 | 0.1726 | 1.50 | 18.00 | 0.38 | 0.04 | 0.035 | |
| | Marranales Palo Huasteco (MI) | 9.78 | 11.82 | 80.00 | 0.0040 | 850.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo en boca de riogo en Name. Palo Huasteco | 20.25 | 24.51 | 80.00 | 0.0010 | 175.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Aranco o Tenaxual (MI) | 31.65 | 28.53 | 80.00 | 0.0013 | 900.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Belen (MD) | 28.85 | 31.40 | 80.00 | 0.0100 | 200.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Dos Arroyos (MI) | 22.30 | 21.46 | 80.00 | 0.0005 | 825.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Marranales de Belan (MI) | 12.16 | 11.29 | 80.00 | 0.0150 | 1,025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo Metahuapan (MI) | 11.52 | 14.84 | 80.00 | 0.0080 | 500.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Marranales el Moktilo (MD) | 6.50 | 7.87 | 80.00 | 0.01 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| Arroyo en Nombre (MD) | 10.93 | 13.23 | 80.00 | 0.5846 | | | 90.12 | | | | | | | | | | | |
| Río Zahuapan s. ab. Arroyo en Nombre | | 90.52 | 80.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Río Zahuapan s. ab. Descarga Corral | | 75.03 | 80.00 | 0.5846 | | | 8,600.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.3351 | 1.80 | 18.00 | 0.30 | 0.83 | 0.576 | |
| | Descarga Corral (MI) | 234.26 | 284.12 | 80.00 | 0.0010 | 875.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Lag. de Ox. San Pablo Apostólan (MI) | 295.39 | 206.83 | 80.00 | 0.0100 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca el Cristo (MD) | 5.79 | 7.00 | 80.00 | 0.0050 | 650.00 | | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | PROM. DBOS mg/l | DBO4 mg/l | DBO mg/l | DBO OBJ mg/l 80.00 | AFORO m³/seg | DBT m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | CO. PERAL mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °C | TR dias | KD dias ⁻¹ | |
|--|---|--------------------|--------------|-------------|--------------------------|-----------------|----------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------|-------------|------------|--------------------------|--|
| 6 | Río de los Negros (MI) | 116.96 | 184.75 | 0.0076 | 1,100.00 | 0.0076 | 1,100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga ciudad No. 1 de Tlaxcala (MI) | 541.95 | 526.49 | 0.0100 | 1,590.00 | 0.0100 | 1,590.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga ciudad No. 2 de Tlaxcala (MI) | 272.72 | 181.88 | 0.0015 | 325.00 | 0.0015 | 325.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga ciudad No. 3 de Tlaxcala (MI) | 685.75 | 414.99 | 0.0050 | 360.00 | 0.0050 | 360.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga ciudad No. 4 de Tlaxcala (MI) | 614.24 | 371.72 | 0.0020 | 300.00 | 0.0020 | 300.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Tototlec (MD) | 516.34 | 980.99 | 0.0080 | 1,300.00 | 0.0080 | 1,300.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 511.80 | 495.55 | 0.2057 | 175.00 | 0.2057 | 175.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 573.00 | 554.80 | 0.0100 | 100.00 | 0.0100 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 246.00 | 239.19 | 0.0690 | 75.00 | 0.0690 | 75.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Tototlec (MD) | 284.95 | 447.34 | 0.0050 | 275.00 | 0.0050 | 275.00 | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Parotla (MD) | 145.98 | 228.36 | -0.0057 | 1,200.00 | -0.0057 | 1,200.00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral derecho Presa Parotla | 228.36 | 228.36 | -0.3730 | 100.00 | -0.3730 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral izquierdo Presa Parotla | 228.36 | 228.36 | -0.0400 | 50.00 | -0.0400 | 50.00 | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan B. Bajío Presa Parotla | | 228.36 | 0.5357 | 186.37 | 0.5357 | 186.37 | | | | | | | | | | | |
| 7 | Río Zahuapan en Desc. Lag. Ox. Parotla | 66.08 | 215.64 | 0.5357 | | 0.5357 | | 6,200.00 | 560.00 | 560.00 | 3.20 | 9.30 | 0.1707 | 1.50 | 18.00 | 0.42 | 0.124 | |
| | Descarga Limpia de Caudalón Parotla (MD) | 120.56 | 145.83 | 0.0070 | 3,325.00 | 0.0070 | 3,325.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Monterrey (MI) | 245.30 | 384.91 | 0.0080 | 1,925.00 | 0.0080 | 1,925.00 | | | | | | | | | | | |
| | Río Tototlec (MD) | 28.45 | 198.33 | 0.1160 | 960.00 | 0.1160 | 960.00 | | | | | | | | | | | |
| 8 | Río Zahuapan B. Bajío Presa Parotla | | 205.85 | 0.6887 | | 0.6887 | | 211.95 | 4,225.00 | 560.00 | 3.20 | 3.70 | 0.1733 | 1.50 | 19.00 | 0.26 | 0.233 | |
| | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Santa Apolonia | 29.20 | 192.17 | 0.6887 | 3,700.00 | 0.6887 | 3,700.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 143.35 | 180.45 | -0.0130 | 150.00 | -0.0130 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 1 Quasasías Tlaxiahuaca (MI) | 729.82 | 384.91 | 0.0050 | 150.00 | 0.0050 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 2 Quasasías Tlaxiahuaca (MI) | 708.34 | 353.17 | 0.0003 | 150.00 | 0.0003 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Tlaxiahuaca (MI) | 891.40 | 570.67 | 0.0080 | 225.00 | 0.0080 | 225.00 | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan B. Bajío Presa Parotla | | 207.62 | 0.6870 | | 0.6870 | | 196.70 | 4,850.00 | 560.00 | 3.20 | 1.82 | 0.1115 | 1.30 | 22.00 | 0.50 | 0.018 | |
| | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Tlaxiahuaca | 76.57 | 208.34 | 0.6870 | 425.00 | 0.6870 | 425.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 1 Ejido Tlaxiahuaca (MI) | 206.34 | 206.34 | -0.1400 | 725.00 | -0.1400 | 725.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 202.57 | 202.57 | -0.1300 | 50.00 | -0.1300 | 50.00 | | | | | | | | | | | |
| 9 | Represa 3 Ejido Tlaxiahuaca (MI) | 218.22 | 202.57 | -0.0144 | 50.00 | -0.0144 | 50.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 4 Ejido Tlaxiahuaca (MI) | 194.74 | 194.74 | -0.0250 | 1,575.00 | -0.0250 | 1,575.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | -0.0400 | 175.00 | -0.0400 | 175.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa Santa Agustín (MD y MI) | 191.18 | 191.18 | -0.1400 | 1,900.00 | -0.1400 | 1,900.00 | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan B. Bajío Presa Santa Agustín | | 180.15 | 0.1778 | | 0.1778 | | 225.71 | 6,975.00 | 560.00 | 3.20 | 3.90 | 0.1617 | 1.40 | 20.00 | 0.50 | 0.205 | |
| | Río Zahuapan aguas en Río Viejo | 19.40 | 144.57 | 0.1778 | 100.00 | 0.1778 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Río Viejo (MI) | 70.58 | 70.58 | 0.1100 | 4,225.00 | 0.1100 | 4,225.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca de Guadalupe (MI) | 60.16 | 81.09 | 0.0360 | 900.00 | 0.0360 | 900.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Cruzón de Jesús (MI) | 194.50 | 235.41 | 0.0190 | 200.00 | 0.0190 | 200.00 | | | | | | | | | | | |
| 10 | Barranca en montes (crencha de agua) (MD) | 136.20 | 184.65 | 0.0014 | 250.00 | 0.0014 | 250.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga San Buenaventura (MI) | 442.00 | 287.48 | 0.0020 | 1,250.00 | 0.0020 | 1,250.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Comedor Industrial Xicótlameo (MI) | 106.01 | 59.85 | 0.0060 | 150.00 | 0.0060 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| Río Zahuapan aguas en la confluencia con el Río Atoyac | 115.96 | 115.96 | 0.3820 | 100.00 | 0.3820 | 100.00 | | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | LT mg/l | Cz mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc dias | Dmd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/dia | Lr kg/dia | Rio % |
|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| 1 | RIO Zahuapan con boca La Ladera | | | | | | | | | | |
| | RIO Zahuapan aguas arriba boca Tezopa | 21.67 | 7.65 | 2.25 | 4.45 | 5.44 | 52.84 | 6.14 | 27.06 | 32.12 | 31.32 |
| | Barranca Tezopa-Tehuacan (MD) | | | | | | | | | | |
| | Barranca Arasco (MD) | | | | | | | | | | |
| 2 | Barranca en nombre (NR) | | | | | | | | | | |
| | RIO Zahuapan a ab boca sin nombre | 23.67 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 7.42 | 52.66 | 6.21 | 106.67 | 1,265.06 | 91.66 |
| | RIO Zahuapan aguas ar boca sin (A) Xaliscoan | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (A) Xaliscoan (MD) | | | | | | | | | | |
| 3 | Descarga Xaliscoan (MD) | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (B) Xaliscoan (MD) | | | | | | | | | | |
| | Barranca Zocatepec (MI) | | | | | | | | | | |
| | Municipales San Domingo (NR) | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de Tratamiento Adisco "B" (NR) | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de Tratamiento Adisco "B" (NR) | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Bartilo o Alilaca (MI) | | | | | | | | | | |
| | RIO Zahuapan a ab Arroyo San Bartilo | 61.97 | 7.50 | 4.22 | 4.30 | 3.46 | NULA | 7.41 | 110.40 | 18.10 | -509.87 |
| | RIO Zahuapan a ar arroyo de Huacabampo | | | | | | | | | | |
| | Arroyo de Huacabampo (MI) | | | | | | | | | | |
| Planta de Bombeo Ahluaciza (MD) | | | | | | | | | | | |
| Drinaje de Riogo Ahluaciza (MD) | | | | | | | | | | | |
| Derivacion Ahluaciza (MD) | | | | | | | | | | | |
| Presia Mecatlan (MI) | | | | | | | | | | | |
| Descarga Ahluaciza (fosa séptica) (MD) | | | | | | | | | | | |
| RIO Zahuapan a ab descarga Ahluaciza | | | | | | | | | | | |
| 4 | RIO Zahuapan a ar desc Hotel Misón | 96.23 | 7.50 | 1.94 | 4.30 | 1.63 | NULA | 6.55 | 116.18 | 264.38 | 60.53 |
| | Descarga Hotel Misón (MD) | | | | | | | | | | |
| | RIO Ocotisco-Tehuacan (MD) | | | | | | | | | | |
| | RIO Zahuapan a ab RIO Ocotisco | | | | | | | | | | |
| 5 | RIO Zahuapan a ar Mercedal Palo Huertano | 88.16 | 7.23 | 2.03 | 4.03 | 22.45 | NULA | 6.13 | 314.79 | 928.14 | 66.08 |
| | Municipales Palo Huertano (MI) | | | | | | | | | | |
| | Arroyo excedentes de riogo mercedal Palo Huertano | | | | | | | | | | |
| | RIO Alicoro o Tequisquial (MI) | | | | | | | | | | |
| | Derivacion Bolon (MD) | | | | | | | | | | |
| | RIO Dos Arroyos (MI) | | | | | | | | | | |
| | Municipales de Bolon (MI) | | | | | | | | | | |
| | Arroyo Metahuacan (MI) | | | | | | | | | | |
| | Municipales el Molino (MD) | | | | | | | | | | |
| | Arroyo sin Nombre (MD) | | | | | | | | | | |
| RIO Zahuapan a ab arroyo sin nombre | | | | | | | | | | | |
| 6 | RIO Zahuapan a ar descarga Conita | 63.22 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 1.20 | 4.97 | 6.69 | 411.66 | 4,771.65 | 91.37 |
| | Descarga Conita (MI) | | | | | | | | | | |
| | Descarga Lig de Ox San Pablo Apostolitan (MI) | | | | | | | | | | |
| | Barranca el Cristo (MD) | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | L2 mg/l | Cs mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc dias | Dmd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/dia | Lr kg/dia | Et % |
|--------|--|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| 6 | Rio de los Negros (MI) Descarga cruda No. 1 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No. 2 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No. 3 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No. 4 de Tlaxcala (MI) Barranca Toluac (MD) Desc: No. 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc: No. 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc: No. 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Descarga Toluac (MD) Planta de Bombeo Parotla (MD) Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Rio Zahuapan s. aboga Presa Parotla | 204.86 | 7.36 | 4.06 | 3.416 | 6.37 | NULLA | 6.58 | 379.08 | 2,228.00 | 82.98 |
| 7 | Rio Zahuapan s. aboga Presa Parotla Descarga Leguro de Oidacion Parotla (MD) Barranca Monterrey (MI) Rio Toluac (MD) Rio Zahuapan s. aboga Presa Parotla | | | | | | | | | | |
| 8 | Rio Zahuapan aguas en Represa Ejido Santa Apolonia Represa Ejido Santa Apolonia (MD) Descarga No. 1 quaserias Tlalahuaca (MI) Descarga No. 2 quaserias Tlalahuaca (MI) Descarga Tlalahuaca (MI) Rio Zahuapan s. aboga quaserias Tlalahuaca | 179.95 | 7.23 | 3.53 | 4.03 | 3.40 | NULLA | 6.46 | 372.03 | 381.02 | 2.36 |
| 9 | Rio Zahuapan aguas en Represa Ejido Tlalahuaca Represa 1 Ejido Tlalahuaca (MI) Represa 1 Ejido La Concordia (MD) Represa 2 Ejido Tlalahuaca (MI) Represa 3 Ejido Tlalahuaca (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MD) Presa Santa Aguada (MD y MI) Rio Zahuapan s. aboga Presa Santa Aguada | 204.73 | 6.67 | 5.05 | 3.67 | 54.62 | NULLA | 4.80 | 73.69 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | Rio Zahuapan aguas en Rio Viejo Rio Viejo (MI) Barranca de Guardia (MI) Barranca Conazon de Jesus (MI) Barranca sin nombre (cruce de fuego) (MD) Descarga San Buenaventura (MI) Descarga Comedor Industrial Xicotlanco (MI) Rio Zahuapan aguas en la confluencia con el Rio Abasco | 130.51 | 7.10 | 3.20 | 3.90 | 3.99 | NULLA | 6.05 | 189.31 | 1,420.47 | 86.67 |

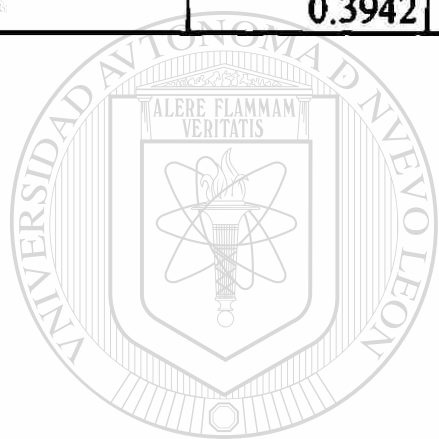
7.7.2 Condiciones a mediano plazo

Para efectuar la simulación a mediano plazo se tomo en cuenta el crecimiento poblacional para el año 2000 y un gasto de 130 l/persona/día para hacer un cálculo a futuro, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| Municipio (número) | Proyección al 2000 (habitantes) | Q proyectada (m ³ /s) |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 8,189 | 0.00319371 |
| 2 | 13,255 | 0.00516945 |
| 3 | 73,392 | 2.86229E-05 |
| 4 | 5,357 | 0.00208923 |
| 5 | 4,376 | 0.00170664 |
| 6 | 65,076 | 0.02537964 |
| 7 | 4,469 | 0.00174291 |
| 8 | 14,530 | 0.0056667 |
| 9 | 35,201 | 0.01372839 |
| 10 | 8,218 | 0.00320502 |
| 11 | 30,704 | 0.01197456 |
| 12 | 4,840 | 0.0018876 |
| 13 | 22,905 | 0.00893295 |
| 14 | 23,709 | 0.00924651 |
| 15 | 13,472 | 0.00525408 |
| 16 | 20,032 | 0.00781248 |
| 17 | 10,602 | 0.00413478 |
| 18 | 26,523 | 0.01034397 |
| 19 | 11,462 | 0.00447018 |
| 20 | 73,413 | 0.02863107 |
| 21 | 35,439 | 0.01382121 |
| 22 | 4,583 | 0.00178737 |
| 23 | 4,751 | 0.00185289 |
| 24 | 8,207 | 0.00320073 |
| 25 | 18,049 | 0.00703911 |
| 26 | 7,664 | 2.98896E-06 |
| 27 | 10,019 | 0.00390741 |
| 28 | 20,314 | 0.00792246 |
| 29 | 35,623 | 0.01389297 |
| 30 | 15,344 | 0.00598416 |
| 31 | 4,596 | 0.00179244 |
| 32 | 9,047 | 0.00352833 |
| 33 | 3,581 | 0.00139659 |
| 34 | 5,108 | 0.00199212 |
| 35 | 6,736 | 0.00262704 |
| 36 | 4,969 | 0.00193791 |
| 37 | 3,128 | 0.00121992 |
| 38 | 6,482 | 0.00252798 |
| 39 | 4,194 | 0.00163566 |
| 40 | 8,152 | 0.00317928 |
| 41 | 5,073 | 0.00197847 |
| 42 | 4,150 | 0.0016185 |

Balance Hidráulico por tramos (Mediano plazo)

| Tramo | Gasto inicial m3/s | Aporte m3/s | Extracción m3/s | Gasto final m3/s |
|--------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0346 | 0.0287 | 0 | 0.0633 |
| 2 | 0.0633 | 0.190 | 0 | 0.2533 |
| 3 | 0.2527 | 0.0171 | -0.0350 | 0.2348 |
| 4 | 0.2348 | 0.036 | 0 | 0.2708 |
| 5 | 0.2708 | 0.4183 | -0.0013 | 0.6878 |
| 6 | 0.6878 | 0.443 | -0.4187 | 0.7121 |
| 7 | 0.7121 | 0.1557 | 0 | 0.8678 |
| 8 | 0.8678 | 0.0288 | -0.0130 | 0.8836 |
| 9 | 0.8836 | 0 | -0.4894 | 0.3942 |
| 10 | 0.3942 | 0.1844 | 0 | 0.579 |



UANL

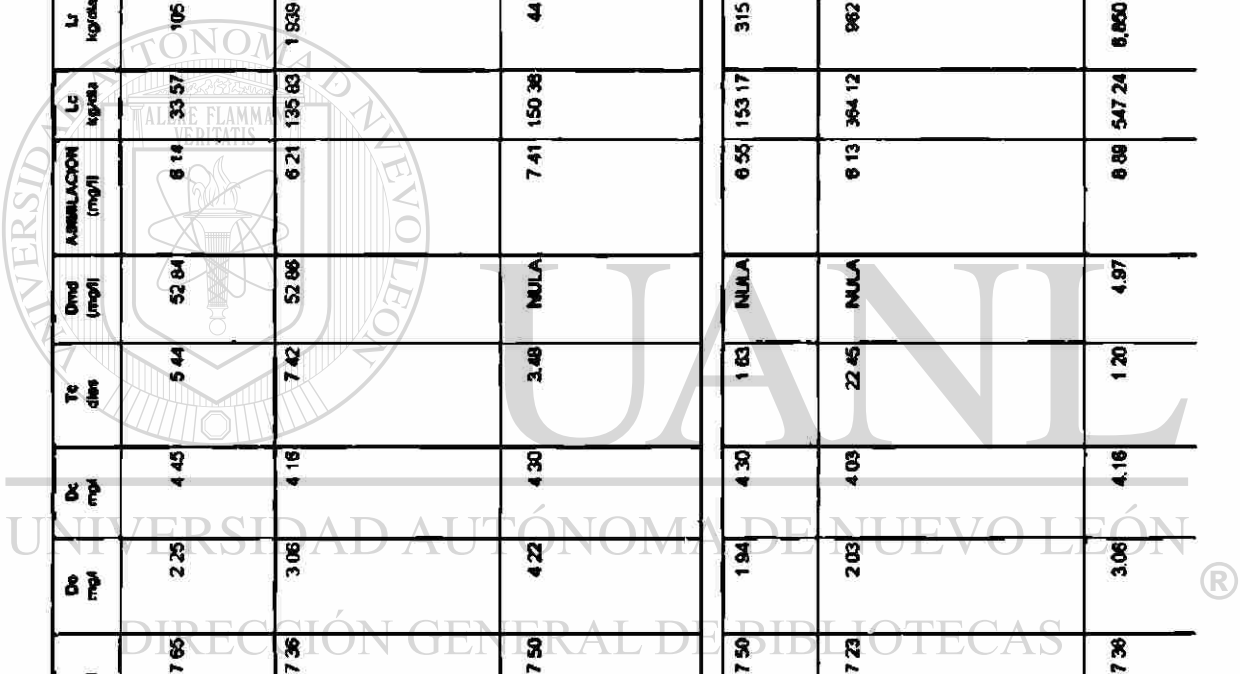
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| TRAMOS | DESCRIPCION | PROM. DBO5 mg/l | DBO5 mg/l | DBO OBJ mg/l 80.00 | AFORO m³/s | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | OD. PERM. mg/l | OD. ENC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °C | TR días | KD días ⁻¹ | KDC días ⁻¹ |
|--|---|--|--------------|--------------------------|---------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|-------------|------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | Rio Zahuapan confluencia con boca La Ledera | 25.45 | 35.64 | 80.00 | 0.0346 | 0.00 | 15.96 | 6 100.00 | 580.00 | 3.20 | 5.40 | 0.0500 | 1.10 | 16.00 | 1.41 | 0.19 | 0.160 |
| | Rio Zahuapan aguas arriba boca Tenampa | 14.75 | 27.16 | | 0.0346 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Tenampa-Tlacuacatlan (MD) | 23.40 | 17.65 | | 0.0222 | 3,250.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Arriño (MD) | 53.80 | 28.32 | | 0.0148 | 1,925.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (MI) | | 65.12 | | 0.0117 | 925.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. boca sin nombre | | 31.53 | | 0.0633 | | | 34.12 | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas ar boca s/n(A) Xaliscoan | 40.30 | 27.14 | 80.00 | 0.0633 | 3,025.00 | | 10,775.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.0633 | 1.30 | 18.00 | 1.34 | 0.11 | 0.102 |
| | Barranca sin nombre (A) Xaliscoan (MD) | 119.85 | 128.26 | | 0.0030 | 3,025.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Xaliscoan (MD) | 181.98 | 152.93 | | 0.0066 | 325.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (B) Xaliscoan (MD) | 290.00 | 175.50 | | 0.0068 | 250.00 | | | | | | | | | | | |
| 2 | Barranca Zacatucan (MI) | 36.90 | 47.08 | | 0.0050 | 3,450.00 | | | | | | | | | | | |
| | Mantales San Dordido (MI) | 9.52 | 11.52 | | 0.0010 | 1,900.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 34.90 | 101.85 | | 0.0850 | 1,600.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 66.95 | 256.89 | | 0.0308 | 75.00 | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Barto o Ajajaca (MI) | 75.06 | 63.91 | | 0.0480 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. Arroyo San Barto | | 86.00 | | 0.2533 | | | 1.26 | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s ar arroyo de Huacabampo | 171.15 | 88.23 | 80.00 | 0.2533 | | | 6,075.00 | 580.00 | 3.20 | 3.28 | 0.2018 | 1.60 | 17.00 | 0.35 | 0.24 | 0.211 |
| | Arroyo de Huacabampo (MI) | 96.34 | 331.63 | | 0.0060 | 1,000.00 | | | | | | | | | | | |
| | Drinaje de Riego Ahuiztla (MD) | 87.63 | 87.63 | | -0.0090 | 1,525.00 | | | | | | | | | | | |
| | Drinaje de Riego Ahuiztla (MD) | 95.78 | 83.78 | | 0.0013 | 350.00 | | | | | | | | | | | |
| 3 | Drinaje de Ahuiztla (MD) | 90.20 | 93.78 | | -0.0140 | 1,100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Pres. Matecatlan (MI) | 90.20 | 90.20 | | -0.0120 | 2,000.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Ahuiztla (fosé septica) (MD) | 214.61 | 169.90 | | 0.0098 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. descarga Ahuiztla | | 98.13 | | 0.2348 | | | 97.13 | | | | | | | | | |
| | Cascada Ahuiztla (20 metros) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s ar desc. Hotel Mision | 85.00 | 86.57 | 80.00 | 0.2348 | | | 475.00 | 580.00 | 3.20 | 5.56 | 0.1915 | 1.50 | 17.00 | 0.03 | 0.56 | 0.486 |
| | Descarga Hotel Mision (MD) | 268.00 | 311.54 | | 0.0030 | 350.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Ocotuco-Tlacuacatlan (MD) | 88.10 | 82.42 | | 0.0330 | 25.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. no Ocotuco | | 90.63 | | 0.2708 | | | 101.51 | | | | | | | | | |
| | 4 | Rio Zahuapan s ar Mantales Pico Huertano | 17.93 | 89.36 | 80.00 | 0.2708 | | | 5 725.00 | 560.00 | 3.20 | 5.20 | 0.1726 | 1.50 | 19.00 | 0.38 | 0.04 |
| Mantales Pico Huertano (MI) | | 9.76 | 11.82 | | 0.0040 | 850.00 | | | | | | | | | | | |
| Arroyo escorrentes de riego mantales Pico Huertano | | 20.25 | 24.51 | | 0.0010 | 175.00 | | | | | | | | | | | |
| Rio Arisco o Tequisqual (MI) | | 31.65 | 29.59 | | 0.0010 | 900.00 | | | | | | | | | | | |
| Derivacion Balen (MD) | | 28.86 | 51.40 | | -0.0013 | 200.00 | | | | | | | | | | | |
| Rio Dos Arroyos (MI) | | 22.30 | 21.46 | | 0.0182 | 1,000.00 | | | | | | | | | | | |
| Mantales de Balen (MI) | | 12.16 | 11.29 | | 0.0005 | 825.00 | | | | | | | | | | | |
| Arroyo Miestruapan (MI) | | 11.52 | 14.84 | | 0.0150 | 1,025.00 | | | | | | | | | | | |
| Mantales el Molinito (MD) | | 6.50 | 7.87 | | 0.0147 | 500.00 | | | | | | | | | | | |
| Arroyo sin Nombre (MD) | | 10.93 | 13.23 | | 0.0229 | 250.00 | | | | | | | | | | | |
| 5 | Rio Zahuapan s. ab. arroyo sin nombre | | 90.52 | | 0.8878 | | | 86.98 | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s ar descarga Corilla | 234.28 | 75.03 | 80.00 | 0.6878 | | | 8,600.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.3351 | 1.80 | 18.00 | 0.30 | 0.63 | 0.578 |
| | Descarga Corilla (MI) | 286.39 | 284.12 | | 0.0130 | 675.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Leg. de O. San Pablo Apostolcan (MI) | | 266.63 | | 0.0100 | 75.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca el Cristo (MD) | 5.79 | 7.00 | | 0.0050 | 850.00 | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | PROM. DIBOS mg/l | DEOU mg/l | DIBO OBU mg/l 88.00 | AFORO mg/seg m | DIST. m | L1 mg/l | LONG. m | PRES. ATM. mmHg | OO. PERM. mg/l | OO. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | T seg | TEMP. °C | TR dias | KD dias-1 | KDx dias-1 |
|---|--|---------------------|--------------|---------------------------|----------------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|----------|-------------|------------|--------------|---------------|
| 6 | Rio de los Negros (MI) | 116.96 | 164.75 | 80.00 | 0.0076 | 1 100 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 1 de Tlaxcala (MI) | 541.95 | 526.49 | | 0.0100 | 1 550 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 2 de Tlaxcala (MI) | 272.72 | 181.88 | | 0.0404 | 325 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 3 de Tlaxcala (MI) | 685.75 | 414.99 | | 0.0030 | 350 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 4 de Tlaxcala (MI) | 614.24 | 371.72 | | 0.0038 | 300 00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Toluac (MD) | 516.34 | 990.99 | | 0.0040 | 1 300 00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 511.80 | 495.55 | | 0.2067 | 175 00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 573.00 | 554.80 | | 0.0117 | 700 00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 246.00 | 238.19 | | 0.0690 | 75 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Toluac (MD) | 284.95 | 447.34 | | 0.0058 | 275 00 | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Parolite (MD) | 145.98 | 228.36 | | -0.0067 | 1 200 00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral derecho Presa Parolite | 228.36 | 228.36 | | -0.3730 | 100 00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral izquierdo Presa Parolite | 228.36 | 228.36 | | -0.0400 | 50 00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuatlan s. ab. Presa Parolite | 228.36 | 228.36 | | 0.7121 | 50 00 | 183.83 | 6 200 00 | 580 00 | 3 20 | 3 30 | 0.1707 | 1 50 | 18 00 | 0.42 | 0.14 | 0.124 |
| 7 | Rio Zahuatlan s. ab. Desc Lag Ox Parolite | 88.06 | 215.64 | 80.00 | 1.7121 | 1 121 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Laguna de Obisobon Parolite (MD) | 120.56 | 145.93 | | 0.0225 | 3 325 00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Monterrey (MI) | 245.30 | 364.91 | | 0.0080 | 1 925 00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Toluac (MD) | 28.45 | 188.33 | | 0.1252 | 950 00 | | | | | | | | | | | |
| 8 | Rio Zahuatlan s. ab. Rio Toluac | 205.85 | 205.85 | | 0.8678 | 80 00 | 213.61 | 4 225 00 | 580 00 | 3 20 | 3 70 | 0.1733 | 1 50 | 19 00 | 0.26 | 0.24 | 0.233 |
| | Represa Ejeo Santa Apolonia (MD) | 29.20 | 192.17 | 80.00 | 0.8678 | 3 700 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No 1 quicotes Tlalshulca (MI) | 143.35 | 160.45 | | 0.0110 | 150 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No 2 quicotes Tlalshulca (MI) | 728.82 | 364.91 | | 0.0057 | 150 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Tlalshulca (MI) | 708.34 | 353.17 | | 0.0057 | 150 00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuatlan s. ab. descarga Tlalshulca | 691.40 | 570.87 | | 0.0121 | 225 00 | | | | | | | | | | | |
| 9 | Rio Zahuatlan aguas ar. Represa Ejeo Tlalshulca | 78.57 | 207.62 | 80.00 | 0.8836 | 201.01 | 201.01 | 4 850 00 | 580 00 | 3 20 | 1 82 | 0.1115 | 1 30 | 22 00 | 0.50 | 0.01 | 0.016 |
| | Represa 1 Ejeo Tlalshulca (MI) | 206.34 | 206.34 | | -0.1400 | 425 00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejeo La Concordia (MD) | 202.57 | 202.57 | | -0.1300 | 725 00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 3 Ejeo Tlalshulca (MI) | 218.22 | 202.57 | | -0.0144 | 50 00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejeo La Concordia (MD) | 194.74 | 194.74 | | -0.0250 | 1 575 00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejeo La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | | -0.0400 | 175 00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa Santa Aguada (MD y MI) | 191.18 | 191.18 | | -0.1400 | 1 900 00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuatlan s. ab. Presa Santa Aguada | 180.15 | 180.15 | | 0.3942 | 100 00 | 215.07 | 6 975 00 | 580 00 | 3 20 | 3 90 | 0.1617 | 1 40 | 20 00 | 0.50 | 0.21 | 0.205 |
| | Rio Viejo (MI) | 18.40 | 144.57 | 80.00 | 0.3942 | 100 00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca de Guadalupe (MI) | 70.58 | 70.58 | | 0.1100 | 4 225 00 | | | | | | | | | | | |
| 10 | Barranca Coronación de Jesus (MI) | 80.18 | 81.09 | | 0.0380 | 900 00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Coronación de Jesus (MI) | 194.50 | 235.41 | | 0.0228 | 200 00 | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (orange de negro) (MD) | 136.20 | 164.85 | | 0.0033 | 250 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga San Buenaventura (MI) | 442.00 | 267.48 | | 0.0046 | 1 250 00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Comedor Industrial Xochitlanco (MI) | 106.01 | 59.85 | | 0.0060 | 150 00 | | | | | | | | | | | |
| Rio Zahuatlan antes de la confluencia con el Rio Atoyac | 115.96 | 115.96 | | -0.5790 | 100 00 | 130.15 | | | | | | | | | | | |



| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | L2 mg/l | Ca mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc días | Dmd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/día | Lr kg/día | Re % |
|--------|---|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | Río Zarzapar confluencia con busa La Ladera Río Zarzapar aguas arriba del Templo Barranca Tescop- Huastecas (MD) Barranca Arisco (MD) Barranca sin nombre (MI) | 21.67 | 7.65 | 2.25 | 4.45 | 5.44 | 52.84 | 6.18 | 33.57 | 105.48 | 88.18 |
| 2 | Río Zarzapar a 80 del arroyo Río Zarzapar aguas arriba (A) Xalisco (MD) Barranca sin nombre (A) Xalisco (MD) Descarga Xalisco (MD) Barranca sin nombre (B) Xalisco (MD) Barranca Zacatepec (MI) Mantales San Dionís (MI) Descarga 1 Planta de tratamiento Aguasco "B" (MI) Descarga 2 Planta de tratamiento Aguasco "B" (MI) Arroyo San Barto o Atzac (MI) | 23.67 | 7.36 | 3.06 | 4.18 | 7.42 | 52.86 | 6.21 | 135.83 | 1.839.84 | 93.00 |
| 3 | Río Zarzapar a 80 Arroyo San Barto Río Zarzapar a arroyo de Huacalango Arroyo de Huacalango (MI) Planta de Bombeo Ahuizacs (MD) Deriva de Riego Ahuizacs (MD) Deriva Ahuizacs (MD) Presa Metacitan (MI) Descarga Ahuizacs (fase sobria) (MD) Río Zarzapar a 80 descarga Ahuizacs | 81.97 | 7.50 | 4.22 | 4.30 | 3.48 | NULLA | 7.41 | 150.38 | 44.53 | -237.70 |
| 4 | Río Zarzapar a 80 desc. Hotel Mission Descarga hotel Mission (MD) Río Ocotico-Tehuacanpec (MD) Río Zarzapar a 80 Ocotico | 95.23 | 7.50 | 1.94 | 4.30 | 1.63 | NULLA | 6.55 | 153.17 | 315.75 | 51.49 |
| 5 | Río Zarzapar a 80 Mantales Palo Huasteco Mantales Palo Huasteco (MI) Arroyo excedentes de riego mantal Palo Huasteco Río Arisco o Tequisqui (MI) Deriva con Beas (MD) Río Dos Arroyos (MI) Mantales de Beas (MI) Arroyo Metacitan (MI) Mantales el Mantal (MD) Arroyo sin nombre (MD) Río Zarzapar a 80 arroyo sin nombre | 98.18 | 7.23 | 2.03 | 4.09 | 22.45 | NULLA | 8.13 | 364.12 | 962.64 | 62.17 |
| | Río Zarzapar a 80 descarga Corita Descarga Corita (MI) Descarga Leg de Ox. San Pablo Apóstolan (MI) Barranca el Cirilo (MD) | 63.22 | 7.36 | 3.06 | 4.18 | 1.20 | 4.97 | 8.88 | 547.24 | 8.860.46 | 92.01 |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | L2 mg/l | Cs mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc días | Dind (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/día | Lj kg/día | Re % |
|--------|--|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| 6 | Río de los Negros (MI) Descarga ciudad No. 1 de Tlaxcala (MI) Descarga ciudad No. 2 de Tlaxcala (MI) Descarga ciudad No. 3 de Tlaxcala (MI) Descarga ciudad No. 4 de Tlaxcala (MI) Barranca Tototlac (MD) Dinc No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Dinc No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Dinc No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Descarga Tototlac (MD) Planta de Bombeo Parotla (MD) Canal Lateral derecho Presa Parotla Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Río Zahuapan s ab Presa Parotla | 204.66 | 7.36 | 4.06 | 4.16 | 6.37 | NULA | 6.58 | 483.43 | 2,573.13 | 80.82 |
| 7 | Río Zahuapan en Dinc Lag. Oz. Perote Descarga Laguna de Oxidación Parotla (MD) Barranca Montanrey (MI) Río Tototlac (MD) Río Zahuapan s ab Río Tototlac | | | | | | | | | | |
| 8 | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Santa Apolonia Represa Ejido Santa Apolonia (MD) Descarga No. 1 cascadas Telesahuac (MI) Descarga No. 2 cascadas Telesahuac (MI) Descarga Telesahuac (MI) Río Zahuapan s ab Descarga Telesahuac | 179.95 | 7.23 | 3.59 | 4.03 | 3.40 | NULA | 8.46 | 492.94 | 937.12 | 47.41 |
| 9 | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Telesahuac. Represa 1 Ejido Telesahuac (MI) Represa 1 Ejido La Concordia (MD) Represa 2 Ejido Telesahuac (MI) Represa 3 Ejido Telesahuac (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MD) Presa Santa Aguada (MD y MI) Río Zahuapan s ab Presa Santa Aguada | 204.73 | 6.87 | 5.05 | 3.67 | 54.62 | NULA | 4.80 | 163.56 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | Río Zahuapan aguas en Río Viejo Río Viejo (MI) Barranca de Guardia (MI) Barranca Corazón de Jesús (MI) Barranca en nombre (drenaje de riesgo) (MD) Descarga San Buenaventura (MI) Descarga Corredor Industrial Xicotencatl (MI) Río Zahuapan aguas en la confluencia con el Río Atoyac | 130.51 | 7.10 | 3.20 | 3.90 | 3.98 | NULA | 6.05 | 302.79 | 1,586.95 | 80.92 |

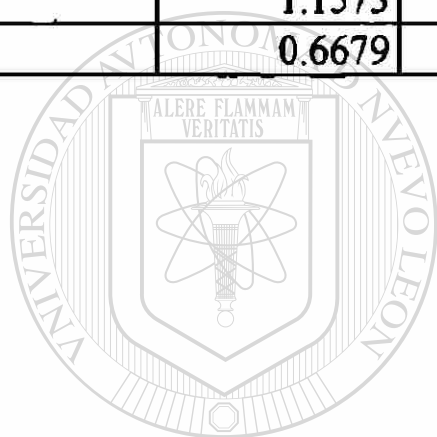
7.7.3 Condiciones a largo plazo

De la misma forma que para efectuar la simulación a mediano plazo, para la simulación a largo plazo se tomo en cuenta el crecimiento poblacional para el año 2012 y un gasto de 130 l/persona/día para hacer un cálculo a futuro, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| Municipio (número) | Proyección al 2012- (Población) | Q proyectada (m3/s) |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 11,031 | 0.00430209 |
| 2 | 21,070 | 0.0082173 |
| 3 | 104,279 | 0.04066881 |
| 4 | 7,461 | 0.00290979 |
| 5 | 5,816 | 0.00226824 |
| 6 | 105,403 | 0.04110717 |
| 7 | 6,674 | 0.00260286 |
| 8 | 20,950 | 0.0081705 |
| 9 | 57,005 | 0.02223195 |
| 10 | 10,538 | 0.00410982 |
| 11 | 42,759 | 0.01667601 |
| 12 | 6,579 | 0.00256581 |
| 13 | 30,722 | 0.01198158 |
| 14 | 32,637 | 0.01272843 |
| 15 | 18,977 | 0.00740103 |
| 16 | 35,153 | 0.01370967 |
| 17 | 16,762 | 0.00653718 |
| 18 | 53,968 | 0.02104752 |
| 19 | 14,756 | 0.00575484 |
| 20 | 112,220 | 0.0437658 |
| 21 | 50,011 | 0.01950429 |
| 22 | 5,609 | 2.1875E-06 |
| 23 | 18,473 | 0.00720447 |
| 24 | 10,656 | 0.00415584 |
| 25 | 26,029 | 0.01015131 |
| 26 | 269,835 | 0.00383565 |
| 27 | 1127,424 | 0.00445536 |
| 28 | 27,30287 | 0.01064973 |
| 29 | 51,38429 | 0.02003976 |
| 30 | 20,31930 | 0.00792441 |
| 31 | 5,38331 | 0.00209937 |
| 32 | 10,60132 | 0.00413439 |
| 33 | 4,19433 | 0.00163566 |
| 34 | 5,94034 | 0.0023166 |
| 35 | 8,91835 | 0.00347802 |
| 36 | 6,14536 | 0.00239655 |
| 37 | 3,64637 | 0.00142194 |
| 38 | 10,48938 | 0.00409071 |
| 39 | 5,63339 | 0.00219687 |
| 40 | 12,15740 | 0.00474123 |
| 41 | 6,50441 | 0.00253658 |
| 42 | 6,71542 | 0.00261885 |

Balance Hidráulico por tramos (Largo plazo)

| Tramo | Gasto inicial m3/s | Aporte m3/s | Extracción m3/s | Gasto final m3/s |
|--------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.0346 | 0.0632 | 0 | 0.0978 |
| 2 | 0.0978 | 0.2516 | 0 | 0.3492 |
| 3 | 0.3492 | 0.0196 | -0.0350 | 0.3338 |
| 4 | 0.3338 | 0.0401 | 0 | 0.3739 |
| 5 | 0.3739 | 0.447 | -0.0013 | 0.8196 |
| 6 | 0.8196 | 0.5432 | -0.4187 | 0.9441 |
| 7 | 0.9441 | 0.1937 | 0 | 1.1378 |
| 8 | 1.1378 | 0.0325 | -0.0130 | 1.1573 |
| 9 | 1.1573 | 0 | -0.4894 | 0.6679 |
| 10 | 0.6679 | 0.2318 | 0 | 0.8997 |



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | PROM. DÍOS mg/l | DSOU mg/l | DRO OBI mg/l 80.00 | AFORO m ³ /seg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATIL mmHg | OD. PERM. mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °c | TR días | KB días-1 | KD _e días-1 | |
|---------------------------------|---|--|--------------|--------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|-------------|------------|--------------|---------------------------|-------|
| 1 | Río Zahuapan confluencia con boca La Ladera | 28.45 | 35.64 | 80.00 | 0.0346 | 0.00 | 11.34 | 6 100.00 | 580.00 | 3.20 | 5.40 | 0.0500 | 1.10 | 18.00 | 1.41 | 0.19 | 0.100 | |
| | Río Zahuapan aguas arriba boca Tezocap | 14.75 | 17.85 | 80.00 | 0.0041 | 3 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Tezocap-Tezocapillas (MD) | 23.40 | 28.32 | 80.00 | 0.0368 | 1 925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Arriaco (MD) | 53.80 | 65.12 | 80.00 | 0.0223 | 925.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (MI) | | 31.53 | 80.00 | 0.0979 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Río Zahuapan s. ab. Barranca sin nombre | 40.30 | 27.14 | 80.00 | 0.0973 | 3 025.00 | | 10 775.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.0853 | 1.30 | 18.00 | 1.34 | 0.11 | 0.102 | |
| | Barranca sin nombre (A) Xaliscoan (MD) | 119.85 | 128.28 | 80.00 | 0.0030 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Xaliscoan (MD) | 181.98 | 152.93 | 80.00 | 0.0466 | 325.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (B) Xaliscoan (MD) | 280.00 | 175.50 | 80.00 | 0.0118 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Zatepec (MI) | 38.90 | 47.08 | 80.00 | 0.0050 | 3 450.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Mangrúales San Dionisio (MI) | 9.52 | 11.52 | 80.00 | 0.0010 | 1 900.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 38.90 | 101.85 | 80.00 | 0.0960 | 1 800.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 68.95 | 268.89 | 80.00 | 0.0412 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Bartilo o Ahitaca (MI) | 75.05 | 83.81 | 80.00 | 0.0480 | 150.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. Arroyo San Bartilo | | 98.00 | 80.00 | 0.3492 | | | 1.88 | | | | | | | | | | |
| 3 | Río Zahuapan s. ab. arroyo de Huacalzingo | 171.15 | 88.23 | 80.00 | 0.3492 | 1 000.00 | | 6 075.00 | 580.00 | 3.20 | 3.28 | 0.2018 | 1.60 | 17.00 | 0.35 | 0.26 | 0.211 | |
| | Arroyo de Huacalzingo (MI) | 95.34 | 331.63 | 80.00 | 0.0060 | 1 000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Ahitaca (MD) | 87.63 | 87.63 | 80.00 | 0.0013 | 350.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Drinaje de Elrigo Ahitaca (MD) | 93.78 | 93.78 | 80.00 | -0.0140 | 1 100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Drinaje de Ahitaca (MD) | 90.20 | 90.20 | 80.00 | -0.0120 | 2 000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Preso Mecacatlan (MI) | 214.61 | 189.90 | 80.00 | 0.0128 | 100.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Ahitaca (fresa séptica) (MD) | | 98.13 | 80.00 | 0.3338 | | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. cascada Ahitaca | | | 80.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cascada Ahitaca (20 metros) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | Río Zahuapan s. ab. desc. Hotel Misión | 85.00 | 98.57 | 80.00 | 0.3338 | 350.00 | | 475.00 | 580.00 | 3.20 | 5.58 | 0.1915 | 1.50 | 17.00 | 0.03 | 0.59 | 0.486 |
| Descarga Hotel Misión (MD) | | 286.00 | 311.54 | 80.00 | 0.0000 | 25.00 | | | | | | | | | | | | |
| Río Zahuapan s. ab. río Ocotlán | | 68.10 | 82.42 | 80.00 | 0.0371 | 25.00 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Río Zahuapan s. ab. Barranca sin nombre | 17.83 | 86.36 | 80.00 | 0.3739 | 850.00 | | 5 725.00 | 580.00 | 3.20 | 9.20 | 0.1728 | 1.50 | 19.00 | 0.36 | 0.04 | 0.035 | |
| | Mangrúales Paso Huertano (MI) | 9.78 | 11.82 | 80.00 | 0.0040 | 175.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo cascadas de negro marañi Paso Huertano | 20.25 | 24.51 | 80.00 | 0.0010 | 175.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Arriaco o Tequisquial (MI) | 31.65 | 29.53 | 80.00 | -0.0013 | 200.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Baden (MD) | 28.85 | 51.40 | 80.00 | 0.0307 | 1 000.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Río Dos Arroyos (MI) | 22.30 | 21.48 | 80.00 | 0.0005 | 825.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Mangrúales de Baden (MI) | 12.16 | 11.28 | 80.00 | 0.0150 | 1 025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo Melituzapan (MI) | 11.52 | 14.64 | 80.00 | 0.0150 | 1 025.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Mangrúales el Molino (MD) | 6.50 | 7.87 | 80.00 | 0.0309 | 500.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Arroyo sin nombre (MD) | 10.93 | 13.23 | 80.00 | 0.0229 | 250.00 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Río Zahuapan s. ab. arroyo sin nombre | | 90.52 | 80.00 | 0.8196 | | | | | | | | | | | | | |
| | Río Zahuapan s. ab. descarga Cortés | 234.26 | 75.03 | 80.00 | 0.8196 | 675.00 | | 6 600.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.3351 | 1.80 | 18.00 | 0.30 | 0.63 | 0.578 | |
| | Descarga Cortés (MI) | 285.39 | 284.12 | 80.00 | 0.0540 | 75.00 | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca el Cristo (MD) | 5.79 | 7.00 | 80.00 | 0.0050 | 850.00 | | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | PROY. DECS magt | DBOU magt | DBO OBL. magt | AFORO m³/seg | DIET. m | LA magt | LONG. m | PRES. ATM. atmós | OD. PERM. magt | OD. INC. magt | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °c | TR dias | KD dias-1 | KDc dias-1 |
|--------|--|--------------------|--------------|------------------|-----------------|------------|------------|------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|------|-------------|------------|--------------|---------------|
| 6 | Rio de los Negros (MI) | 115.96 | 164.75 | | 0.0076 | 1100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruzada No. 1 de Tlaxcala (MI) | 541.95 | 526.49 | | 0.0100 | 1550.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruzada No. 2 de Tlaxcala (MI) | 272.72 | 181.88 | | 0.0570 | 325.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruzada No. 3 de Tlaxcala (MI) | 685.75 | 414.99 | | 0.0760 | 350.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruzada No. 4 de Tlaxcala (MI) | 614.24 | 371.72 | | 0.0110 | 300.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barriera Toluisc (MD) | 516.34 | 990.99 | | 0.0090 | 1300.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No. 1 cerca de embalse ECCAET Tlaxcala (MI) | 511.80 | 495.55 | | 0.2057 | 175.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No. 2 cerca de embalse ECCAET Tlaxcala (MI) | 573.00 | 554.80 | | 0.0037 | 190.00 | | | | | | | | | | | |
| | Desc. No. 3 cerca de embalse ECCAET Tlaxcala (MI) | 246.00 | 238.19 | | 0.0890 | 75.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Toluisc (MD) | 284.95 | 447.34 | | 0.0082 | 275.00 | | | | | | | | | | | |
| | Parte de Bombeo Parada (MD) | 145.98 | 228.38 | | -0.0057 | 1200.00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral derecho Presa Parada | 228.38 | 228.38 | | -0.3730 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| | Canal Lateral izquierdo Presa Parada | 228.38 | 228.38 | | -0.0400 | 50.00 | | | | | | | | | | | |
| | RIO ZAHUAPAN s. ab. Presa Parada | | 228.38 | | 0.9441 | | | 181.89 | | | | | | | | | |
| 7 | Rio Zahuapan s. ab. Desc. Lag. Ox. Parada | 66.66 | 215.64 | 80.00 | 0.9441 | | | 6200.00 | 580.00 | 3.20 | 3.30 | 0.1707 | 1.50 | 18.00 | 0.42 | 0.14 | 0.124 |
| | Descarga Laguna de Oxidacion Parada (MD) | 120.58 | 145.93 | | 0.0565 | 3325.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barriera Monterrey (MI) | 245.30 | 364.91 | | 0.0080 | 1925.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Toluisc (MD) | 28.45 | 188.33 | | 0.1292 | 950.00 | | 210.13 | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. Rio Toluisc | | 205.85 | | 1.1374 | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas en Represa Ejido Santa Apolonia | | 192.17 | 80.00 | 1.1378 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 143.35 | 160.45 | | -0.0130 | 3700.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 1 Quiseras Toluisc (MI) | 729.62 | 364.91 | | 0.0126 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 2 Quiseras Toluisc (MI) | 706.34 | 353.17 | | 0.0078 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Toluisc (MI) | 891.40 | 570.67 | | 0.0121 | 225.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. Descarga Toluisc | | 207.82 | | 1.1573 | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas en Represa Ejido Toluisc | | 206.34 | 80.00 | 1.1573 | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 1 Ejido Toluisc (MI) | 206.34 | 206.34 | | -0.1400 | 425.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 202.57 | 202.57 | | -0.1300 | 725.00 | | | | | | | | | | | |
| 9 | Represa 2 Ejido Toluisc (MI) | 218.22 | 202.57 | | -0.0144 | 50.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 3 Ejido Toluisc (MI) | 194.74 | 194.74 | | -0.0250 | 1575.00 | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | | -0.0400 | 175.00 | | | | | | | | | | | |
| | Pres. Santa Agueda (MD y MI) | 191.18 | 191.18 | | -0.1400 | 1900.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan s. ab. Presa Santa Agueda | | 160.15 | | 0.6673 | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas en Rio Vieja | | 144.57 | 80.00 | 0.6679 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Rio Vieja (MI) | 70.56 | 70.56 | | 0.1100 | 4225.00 | | 6,875.00 | 580.00 | 3.20 | 3.90 | 0.1617 | 1.40 | 20.00 | 0.50 | 0.21 | 0.205 |
| | Barriera de Cuende (MI) | 60.16 | 81.09 | | 0.0360 | 900.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barriera Cruzon de Jesus (MI) | 194.50 | 235.41 | | 0.0332 | 200.00 | | | | | | | | | | | |
| | Barriera en nombre Obispo de negro (MD) | 138.20 | 164.85 | | 0.0290 | 250.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga San Buenaventura (MI) | 442.00 | 287.48 | | 0.0156 | 1250.00 | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Corredor Industrial Xicotencatl (MI) | 108.01 | 59.85 | | 0.0060 | 150.00 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan antes de la confluencia con el Rio Abasco | 115.96 | 115.96 | | 0.8997 | 100.00 | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | L2 mg/l | Cs mg/l | Da mes | Dc mes | Tc dias | Dvnd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc kg/dia | Lr kg/dia | Re % |
|--------|---|------------|------------|-----------|-----------|------------|----------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | Rio Zahuapan confluencia con las La Laderas Rio Zahuapan aguas arriba boca Tepepa Barranca Tepepa-Taucazoteles (MD) Barranca Anasco (MD) Barranca en nombre (MI) Rio Zahuapan a ab. boca sin nombre | 21.67 | 7.85 | 2.25 | 4.45 | 5.44 | 52.84 | 6.14 | 51.86 | 221.83 | 76.62 |
| 2 | Rio Zahuapan aguas ar boca sin (A) Xalicoan Barranca sin nombre (A) Xalicoan (MD) Descarga Xalicoan (MD) Barranca sin nombre (B) Xalicoan (MD) Barranca Zacatepec (MI) Manantiales San Damián (MI) Descarga 1 Planta de tratamiento Agizaco "B" (MI) Descarga 2 Planta de tratamiento Agizaco "B" (MI) Arroyo San Benito o Agizaco (MI) Rio Zahuapan a ab. Arroyo San Benito | 23.67 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 7.42 | 52.86 | 6.21 | 187.25 | 2.871.81 | 83.48 |
| 3 | Rio Zahuapan a ar. arroyo de Huacabampo Arroyo de Huacabampo (MI) Planta de Bombeo Ahuizacs (MD) Cuerpo de Riego Ahuizacs (MD) Derivacion Ahuizacs (MD) Presa Molecatlan (MI) Descarga Ahuizacs (fosa septica) (MD) Rio Zahuapan a ab. descarga Ahuizacs | 81.97 | 7.50 | 4.22 | 4.30 | 3.48 | NIJLA | 7.41 | 213.76 | 81.22 | -163.17 |
| 4 | Rio Zahuapan a ar. desc. Hotel Mision Descarga Hotel Mision (MD) Rio Octobaco Tlahuahuiltepec (MD) Rio Zahuapan a ab. no. Octobaco | 96.23 | 7.50 | 1.94 | 4.30 | 1.63 | NIJLA | 6.55 | 211.49 | 344.94 | 38.86 |
| 5 | Rio Zahuapan a ar. Manantial Palo Huertano Manantiales Palo Huertano (MI) Arroyo asociales de riego marant Palo Huertano Rio Atenco o Tequisquián (MI) Derivacion Belen (MD) Rio Dos Arroyos (MI) Manantiales de Belen (MI) Arroyo Medinasuapan (MI) Manantiales el Molinero (MD) Arroyo sin nombre (MD) Rio Zahuapan a ab. arroyo sin nombre | 88.16 | 7.23 | 2.03 | 4.03 | 22.45 | NIJLA | 6.13 | 433.90 | 986.84 | 56.47 |
| | Rio Zahuapan a ar. descarga Corde Descarga Corde (MI) Descarga Lag de Ch. San Pablo Apolalan (MI) Barranca el Chitlo (MD) | 63.22 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 1.20 | 4.97 | 8.89 | 725.93 | 9.523.97 | 82.38 |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | L2 mg/l | Cs mg/l | De mg/l | De mg/l | Tc días | Dmd (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc logrías | Lr logrías | Re % |
|--------|--|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------|
| 6 | Río de los Negros (MI) Descarga cruda No 1 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No 2 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No 3 de Tlaxcala (MI) Descarga cruda No 4 de Tlaxcala (MI) Barranca Tototlac (MD) Desc No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Descarga Tototlac (MD) Planta de Bombeo Parotla (MD) Canal Lateral derecho Presa Parotla Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Río Zahuapan, absp. Presa Parotla | 204.66 | 7.36 | 4.08 | 4.18 | 6.37 | NULLA | 6.58 | 646.95 | 3,098.90 | 78.91 |
| 7 | Río Zahuapan en Desc. Lep. Oj. Parotla Descarga Laguna de Oxidación Parotla (MD) Barranca Morterney (MI) Río Tototlac (MD) Río Zahuapan, ab. Río Tototlac | 179.95 | 7.23 | 3.53 | 4.03 | 3.40 | NULLA | 6.46 | 645.51 | 1,052.59 | 36.67 |
| 8 | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Santa Apolonia Represa Ejido Santa Apolonia (MD) Descarga No 1 quimios Tlaxiahuaca (MI) Descarga No 2 quimios Tlaxiahuaca (MI) Descarga Tlaxiahuaca (MI) Río Zahuapan, ab. desc. No 1 Tlaxiahuaca | 204.73 | 6.87 | 5.05 | 3.67 | 54.62 | NULLA | 4.80 | 277.12 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | Río Zahuapan aguas en Represa Ejido Tlaxiahuaca Represa 1 Ejido Tlaxiahuaca (MI) Represa 1 Ejido La Concordia (MD) Represa 2 Ejido Tlaxiahuaca (MI) Represa 3 Ejido Tlaxiahuaca (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MD) Presa Santa Aguada (MD y MI) Río Zahuapan, ab. Presa Santa Aguada | 130.51 | 7.10 | 3.20 | 3.90 | 3.98 | NULLA | 6.05 | 470.49 | 2,416.70 | 80.53 |
| 10 | Río Zahuapan aguas en Río Viejo Río Viejo (MI) Barranca de Guardia (MI) Barranca Corazón de Jesús (MI) Barranca en nombre (Jarrago de riogo) (MD) Descarga San Buenaventura (MI) Descarga Corredor Industrial Xicotlán (MI) Río Zahuapan aguas en la confluencia con el Río Atoyac | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | PROM DIOS mg/l | DRDU mg/l | DBO DBU mg/l | AFORO ml/mg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATA mmHg | OD. PERM. mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °C | TR días | KD días ⁻¹ |
|------------------------------------|---|-------------------|--------------|-----------------|----------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------------|--------------------------|
| 1 | Rio Zuhupen confluencia con boca La Ledera | 29.45 | 35.64 | 80.00 | 0.0348 | 0.00 | 11.34 | 6,100.00 | 580.00 | 3.20 | 5.40 | 0.0500 | 1.10 | 16.00 | 1.41 | 0.19 |
| | Rio Zuhupen aguas arriba boca Teñobia | 14.75 | 27.16 | 80.00 | 0.0346 | 3.250.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Teñobia-Tascanilla (MD) | 23.40 | 28.32 | | 0.0041 | 1.925.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Arnelco (MD) | 53.80 | 65.12 | | 0.0388 | 9.25.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (MI) | | 31.53 | | 0.0223 | 9.25.00 | | | | | | | | | | |
| 2 | Rio Zuhupen a. ab. boca sin nombre | 40.30 | 27.14 | 80.00 | 0.0978 | 3.025.00 | 35.88 | 10,775.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.0593 | 1.30 | 18.00 | 1.34 | 0.102 |
| | Rio Zuhupen aguas arriba (A) Xalocan (MD) | 119.85 | 126.28 | | 0.0030 | 3.025.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga Xalocan (MD) | 181.98 | 152.93 | | 0.0486 | 3.25.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (B) Xalocan (MD) | 280.00 | 175.50 | | 0.0118 | 250.00 | | | | | | | | | | |
| | Barranca Zestolepe (MI) | 38.90 | 47.08 | | 0.0050 | 3.450.00 | | | | | | | | | | |
| | Manantiales San Delfino (MI) | 9.52 | 11.52 | | 0.0010 | 1.900.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga 1 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 38.90 | 101.85 | | 0.0950 | 1.900.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga 2 Planta de tratamiento Apizaco "B" (MI) | 68.95 | 200.00 | | 0.0412 | 75.00 | | | | | | | | | | |
| | Arroyo San Barito o Alarica (MI) | 75.05 | 83.91 | | 0.0480 | 150.00 | 1.74 | | | | | | | | | |
| | Rio Zuhupen a. ab. Arroyo San Barito | | 96.00 | | 0.3482 | 100.00 | | | | | | | | | | |
| 3 | Rio Zuhupen a. ab. Arroyo de Huacalzarango | 171.15 | 66.23 | 80.00 | 0.3492 | 1.000.00 | | 6,075.00 | 580.00 | 3.20 | 3.28 | 0.2018 | 1.60 | 17.00 | 0.35 | 0.24 |
| | Arroyo de Huacalzarango (MI) | 96.34 | 200.00 | | 0.0060 | 1.000.00 | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Alhualzara (MD) | 87.63 | 96.34 | | -0.0090 | 1.525.00 | | | | | | | | | | |
| | Derribe de Riopo Alhualzara (MD) | 93.78 | 87.63 | | 0.0013 | 350.00 | | | | | | | | | | |
| | Derribe de Alhualzara (MD) | 90.20 | 93.78 | | -0.0140 | 1.100.00 | | | | | | | | | | |
| 4 | Rio Zuhupen a. ab. Arroyo Alhualzara | 214.61 | 180.90 | | 0.0123 | 100.00 | | | | | | | | | | |
| | Descarga Alhualzara (fosa septica) (MD) | | 180.90 | | 0.3338 | 100.00 | 92.75 | | | | | | | | | |
| | Rio Zuhupen a. ab. Arroyo Alhualzara | 85.00 | 66.57 | 60.00 | 0.3338 | 90.00 | | 475.00 | 580.00 | 3.20 | 5.56 | 0.1815 | 1.50 | 17.00 | 0.03 | 0.56 |
| | Descarga Hotel Miscon (MD) | 268.10 | 200.00 | | 0.0030 | 90.00 | | | | | | | | | | |
| | Rio Ocotitlan-Tlahuacaltec (MD) | 68.10 | 82.42 | | 0.0371 | 25.00 | | | | | | | | | | |
| | Rio Zuhupen a. ab. Rio Ocotitlan | | 80.63 | | 0.3739 | 25.00 | 91.22 | | | | | | | | | |
| | Rio Zuhupen a. ab. Manantial Palo Huertano | 17.93 | 89.38 | 80.00 | 0.3739 | 850.00 | | 5,725.00 | 580.00 | 3.20 | 5.20 | 0.1728 | 1.50 | 19.00 | 0.38 | 0.04 |
| | Manantiales Palo Huertano (MI) | 9.76 | 11.82 | | 0.0040 | 850.00 | | | | | | | | | | |
| | Arroyo escorrente de negro manant. Palo Huertano | 20.25 | 24.51 | | 0.0010 | 175.00 | | | | | | | | | | |
| | Rio Atenco o Tegusquial (MI) | 31.65 | 28.53 | | -0.0013 | 900.00 | | | | | | | | | | |
| 5 | Derribe de Galan (MD) | 28.85 | 51.40 | | 0.0007 | 1.000.00 | | | | | | | | | | |
| | Rio Dos Arroyos (MI) | 22.30 | 21.46 | | 0.0005 | 825.00 | | | | | | | | | | |
| | Manantiales de Galan (MI) | 12.16 | 11.28 | | 0.0150 | 1.025.00 | | | | | | | | | | |
| | Arroyo Metahuacan (MI) | 11.52 | 14.84 | | 0.0150 | 1.025.00 | | | | | | | | | | |
| | Manantiales el Molinito (MD) | 6.50 | 7.87 | | 0.0309 | 500.00 | | | | | | | | | | |
| | Arroyo sin Nombre (MD) | 10.93 | 13.23 | | 0.0229 | 250.00 | | | | | | | | | | |
| | Rio Zuhupen a. ab. Arroyo sin Nombre | | 80.52 | | 0.8196 | 250.00 | 84.72 | | | | | | | | | |
| Rio Zuhupen a. ab. Descarga Cortes | 234.28 | 75.03 | 80.00 | 0.8196 | 875.00 | | 8,800.00 | 580.00 | 3.20 | 4.30 | 0.3351 | 1.80 | 18.00 | 0.30 | 0.63 | |
| Descarga Cortes (MI) | 285.39 | 200.00 | | 0.0540 | 75.00 | | | | | | | | | | | |
| Barranca el Cheto (MD) | 5.79 | 7.00 | | 0.0050 | 850.00 | | | | | | | | | | | |
| Rio de los Negros (MI) | 116.96 | 164.75 | | 0.0078 | 1,100.00 | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | PROG. DBO5 mg/l | DBO5 mg/l | DISBOBU mg/l 80.00 | AFORO m ³ /seg | DIST. m | LA mg/l | LONG. m | PRES. ATM mmHg | OD. PERM. mg/l | OD. INC. mg/l | VELOCIDAD m/s | f | TEMP. °C | TR dias | KD dias ⁻¹ | KDC dias ⁻¹ | |
|------------------------------------|--|--------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|-------------|------------|--------------------------|---------------------------|-------|
| 6 | Descarga cruda No 1 de Tlaxcala (MI) | 541.95 | 200.00 | 0.0100 | 1,550.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 2 de Tlaxcala (MI) | 272.72 | 181.88 | 0.0570 | 325.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No 3 de Tlaxcala (MI) | 685.75 | 200.00 | 0.0760 | 350.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga cruda No. 4 de Tlaxcala (MI) | 614.24 | 200.00 | 0.0110 | 300.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Totolac (MD) | 516.34 | 200.00 | 0.0080 | 1,300.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 511.80 | 200.00 | 0.2057 | 175.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 573.00 | 200.00 | 0.0037 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Desc No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) | 246.00 | 200.00 | 0.0890 | 75.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Totolac (MD) | 284.95 | 200.00 | 0.0082 | 275.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Planta de Bombeo Perote (MD) | 145.98 | 200.00 | -0.0057 | 1,200.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Canal Lateral Izquierdo Presa Perote | 228.36 | 200.00 | -0.3730 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Presa Perote | 228.36 | 200.00 | -0.4000 | 50.00 | | 89.11 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Rio Totolac | 215.64 | 200.00 | 0.9441 | 50.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Desc Lag. Oz Perote | 66.06 | 200.00 | 0.9441 | 80.00 | | | 6,200.00 | | 580.00 | 3.20 | 3.30 | 0.1707 | 1.50 | 18.00 | 0.42 | 0.18 | 0.163 |
| | Descarga Laguna de Quiladon Perote (MD) | 120.56 | 145.93 | 0.0585 | 3,325.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Morteray (MI) | 245.30 | 200.00 | 0.0060 | 1,925.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Totolac (MD) | 28.45 | 188.33 | 0.1282 | 850.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Rio Totolac | 200.00 | 200.00 | 1.1378 | 195.98 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas ar. Represa Ejido Santa Apolonia | 29.20 | 192.17 | 1.1378 | 3,700.00 | | | | 4,225.00 | 580.00 | 3.20 | 3.70 | 0.1733 | 1.50 | 19.00 | 0.28 | 0.14 | 0.136 |
| | Represa Ejido Santa Apolonia (MD) | 143.35 | 160.45 | -0.0130 | 150.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Descarga No. 1 Quiladon Totolac (MI) | 729.82 | 200.00 | 0.0128 | 150.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga No. 2 Quiladon Totolac (MI) | 706.34 | 200.00 | 0.0078 | 150.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Totolac (MI) | 891.40 | 200.00 | 0.0121 | 225.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Descarga Totolac | 206.34 | 206.34 | 1.1573 | 1,157.3 | | 182.75 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas ar. Represa Ejido Totolac | 78.57 | 200.00 | 1.1573 | 425.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 1 Ejido Totolac (MI) | 206.34 | 200.00 | -0.1400 | 725.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 1 Ejido La Concordia (MD) | 202.57 | 200.00 | -0.1300 | 50.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido Totolac (MI) | 218.22 | 200.00 | -0.0144 | 50.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 3 Ejido Totolac (MI) | 194.74 | 194.74 | -0.0250 | 1,575.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Represa 2 Ejido La Concordia (MD) | 194.25 | 194.25 | -0.0400 | 1,750.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Pres. Santa Agueda (MD y MI) | 191.18 | 191.18 | -0.1400 | 1,900.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan a. ab. Presa Santa Agueda | 191.18 | 191.18 | -0.1400 | 1,900.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas ar. Represa Ejido Totolac | 190.15 | 190.15 | 0.6879 | 900.00 | | 202.39 | | | | | | | | | | | |
| | Rio Zahuapan aguas ar. Rio Vieja | 19.40 | 144.57 | 0.6879 | 4,225.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio Vieja (MI) | 70.56 | 70.56 | 0.1100 | 900.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca de Guardia (MI) | 60.16 | 81.08 | 0.0380 | 200.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca Corazon de Jesus (MI) | 184.50 | 200.00 | 0.0332 | 250.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Barranca sin nombre (canchales de riegos) (MD) | 136.20 | 164.85 | 0.0280 | 250.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga San Buenaventura (MI) | 442.00 | 200.00 | 0.0156 | 1,250.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | Descarga Comedor Industrial Xicoluzanco (MI) | 106.01 | 59.65 | 0.0060 | 150.00 | | | | | | | | | | | | | |
| Rio Zahuapan aguas ar. Rio Atzacac | 115.96 | 115.96 | 0.8997 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | | |

| TRAMOS | DESCRIPCION | L2 mg/l | Cs mg/l | Do mg/l | Dc mg/l | Tc dias | Dmid (mg/l) | ASIMILACION (mg/l) | Lc log/dia | Lr log/dia | Re % |
|--------|---|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------|---------|
| 1 | Rio Zahuapan confluencia con bos La Ladera Rio Zahuapan aguas arriba bos Tenepé Barranca Texcoco-Tlaxcala (MD) Barranca Avelco (MD) Barranca sin nombre (MI) Rio Zahuapan I ab. bos sin nombre | 21.67 | 7.65 | 2.25 | 4.45 | 5.44 | 52.84 | 6.14 | 51.86 | 221.83 | 76.62 |
| 2 | Rio Zahuapan aguas ar. bos s/n (A) Xaliscoan Barranca sin nombre (A) Xaliscoan (MD) Descarga Xaliscoan (MD) Barranca sin nombre (B) Xaliscoan (MD) Barranca Zacatepec (MI) Mansuales San Dionido (MI) Descarga 1 Planta de tratamiento Aguasco "B" (MI) Descarga 2 Planta de tratamiento Aguasco "B" (MI) Arroyo San Benito o Alidaca (MI) Rio Zahuapan s. ab. Arroyo San Benito | 23.67 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 7.42 | 52.86 | 6.21 | 187.25 | 2 862.16 | 92.97 |
| 3 | Rio Zahuapan s. ar. arroyo de Huacalzingo Arroyo de Huacalzingo (MI) Planta de Bombeo Ahuacaba (MD) Drenaje de Riego Ahuacaba (MD) Derivacion Ahuacaba (MD) Presa Metecatlan (MI) Descarga Ahuacaba (fosa séptica) (MD) Rio Zahuapan s. ab. descarga Ahuacaba | 81.87 | 7.50 | 4.22 | 4.30 | 9.48 | NULLA | 7.41 | 213.78 | 12.99 | 0.00 |
| 4 | Rio Zahuapan s. ar. desc. Hotel Milion Descarga Hotel Milion (MD) Rio Ocotitlan-Tlaxahuacapan (MD) Rio Zahuapan s. ab. no descargas | 86.23 | 7.50 | 1.94 | 4.30 | 1.63 | NULLA | 6.55 | 211.49 | 316.03 | 33.08 |
| 5 | Rio Zahuapan s. ar. Mansuales Palo Huerteno Mansuales Palo Huerteno (MI) Arroyo exsurgente de negro manant Palo Huerteno Rio Atenco o Tecuquisqui (MI) Derivacion Belen (MD) Rio Dos Arroyos (MI) Mansuales de Belen (MI) Arroyo Melichuapan (MI) Mansuales el Moatito (MD) Arroyo sin Nombre (MD) Rio Zahuapan s. ab. arroyo sin nombre | 88.16 | 7.23 | 2.03 | 4.03 | 22.45 | NULLA | 6.13 | 433.80 | 986.84 | 56.47 |
| | Rio Zahuapan s. ar. descarga Corda Descarga Corda (MI) Descarga Lag de Oz. San Pablo Apulatlan (MI) Barranca el Chico (MD) Rio de los Negros (MI) | 63.22 | 7.36 | 3.06 | 4.16 | 1.20 | 4.97 | 8.89 | 726.53 | 1,965.58 | 62.90 |

| TRAMOS | DESCRIPCIÓN | L2 mgl | Cs mgl | Dp mgl | Dc mgl | Tc días | Dmd (mgl) | ASIMILACION (mgl) | Lc kg/día | Lr kg/día | Re % |
|--------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|---------|
| 6 | Descarga Etido No 1 de Tlaxcala (MI) Descarga etido No 2 de Tlaxcala (MI) Descarga etido No 3 de Tlaxcala (MI) Descarga etido No 4 de Tlaxcala (MI) Barranca Tototlac (MD) Desc No 1 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc No 2 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Desc No 3 planta de tratamiento ECCAET Tlaxcala (MI) Descarga Tototlac (MD) Planta de Bombeo Parotla (MD) Canal Lateral derecho Presa Parotla Canal Lateral izquierdo Presa Parotla Río Zahuapan a abajo Presa Parotla | 186.72 | 7.36 | 4.06 | 4.16 | 7.84 | NULA | 6.69 | 657.65 | 2,952.92 | 37.73 |
| 7 | Río Zahuapan a. ar Desc Lag Oc. Parotla Descarga Laguna de Oxidación Parotla (MD) Barranca Montanera (MI) Río Tototlac (MD) Río Zahuapan a. ab. Río Tototlac | 186.98 | 7.23 | 3.53 | 4.03 | 6.96 | NULA | 6.26 | 627.97 | 381.90 | 0.00 |
| 8 | Río Zahuapan aguas ar Represa Ejido Santo Apolonia Represa Ejido Santo Apolonia (MD) Descarga No 1 curtiduría Telsistahuca (MI) Descarga No 2 curtiduría Telsistahuca (MI) Descarga Telsistahuca (MI) Río Zahuapan a. ab. Descarga Telsistahuca | 183.27 | 6.67 | 5.05 | 3.67 | 12.50 | NULA | 4.93 | 284.52 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | Río Zahuapan aguas ar Represa Ejido Telsistahuca Represa 1 Ejido Telsistahuca (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MD) Represa 3 Ejido Telsistahuca (MI) Represa 3 Ejido Telsistahuca (MI) Represa 2 Ejido La Concordia (MD) Presa Santa Agueda (MD y MI) Río Zahuapan a. ab. Presa Santa Agueda | 130.51 | 7.10 | 3.20 | 3.90 | 3.99 | NULA | 6.05 | 470.49 | 2,224.16 | 78.85 |
| 10 | Río Zahuapan aguas ar Río Viejo Río Viejo (MI) Barranca de Guadalupe (MI) Barranca Cruzón de Jesús (MI) Barranca en honor a (drenaje de riesgo) (MD) Descarga San Buenaventura (MI) Descarga Corredor Industrial Xicotlánco (MI) Río Zahuapan aguas ar la confluencia con el Río Atoyac | | | | | | | | | | |

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

8.1 Modelo Matemático (Condiciones actuales)

Al correr el modelo con los datos originales obtenidos en muestreo y laboratorio se obtiene una K_D fuera de rango en los tramos 4, 5 y 6 con valores de 30.48, 0 y 2.15 respectivamente, situación que altera el modelo, dando como consecuencia valores calculados no validos principalmente en K_{DC} , L_2 , L_4 , T_c y asimilación, afectando también de esta forma el % de remoción requerido.

Por esta causa se modificaron algunos valores de carga orgánica (DBOu) en los tramos antes mencionados, para validar el modelo.

Las modificaciones se hicieron en las descargas sin tratamiento, reduciendo estas en un 50 % considerando un posible tratamiento futuro.

Las descargas ECCAET Tlaxcala y Apizaco "B" se redujeron considerando una eficiencia en el tratamiento del 95 %.

8.2 Simulación 1. Condiciones actuales con modificación de carga orgánica.

La DBO al inicio y final de cada tramo permite observar en los tramos 2 y 6 (Gráfica anexo 5) la gran concentración de carga orgánica que recibe el río,

principalmente por las descargas municipales de las ciudades de Apizaco y Tlaxcala.

El déficit máximo de descarga en el río Zahuapan solo se presenta en los tramos 1, 2 y 6; en los tramos restantes esta es nula, debido a que la concentración de DBO en las descargas es mayor a la concentración de DBO en el río.

En los tramos 1 y 2 se tiene un déficit máximo de descarga considerable, puesto que estos son los más cercanos a la presa Atlangatepec por lo que se presupone son los tramos que presentan aguas más limpias, además de no recibir descargas que alteren la calidad de la corriente, a excepción del tramo 2 que recibe la descarga de la planta de tratamiento Apizaco "B", indicando con esto que la corriente diluye gran parte de los contaminantes descargados en este tramo.

En cuanto a la asimilación todos los tramos la presentan con valores que van de 4.8 a 8.89 mg/l. Tomando en cuenta que la asimilación es la capacidad de un cuerpo receptor para restablecer su calidad después de recibir una descarga; la asimilación presentada en el río Zahuapan puede considerarse baja.

La carga orgánica real L_R está relacionada con la concentración de materia orgánica de las descargas o afluentes y el gasto de estas, observándose que en los tramos 2, 6, 7 y 10 se encuentran los mayores valores.

La carga orgánica asimilable varia a lo largo del río, acercándose al valor de L_R en el tramo 8 y siendo mayor en los tramos 3 y 9, proyectándose estos valores en la remoción.

Para que una corriente se considere sana, la carga orgánica asimilable deberá ser mayor que la carga orgánica real.

En el río Zahuapan se observa claramente que la carga orgánica real sobrepasa por mucho a la carga orgánica asimilable en la mayoría de los tramos, acentuándose en el tramo 6 que es donde se tiene el efecto más severo sobre el río por las descargas de la ciudad de Tlaxcala (Ver Gráfica Comportamiento de la L_R y L_C en el río Zahuapan, anexo 5).

El porcentaje de remoción calculado, se interpreta como la remoción necesaria en las descargas, observándose un mayor requerimiento de remoción en los tramos 2 y 6 por arriba de 90 % (esto debido a las descargas Apizaco y Tlaxcala) y en los tramos 7 y 10 por arriba del 80 % (por las descargas Panotla y Corredor industrial Xicothzinco).

8.3 Simulación 2 y 3. Análisis y discusión a mediano y largo plazo.

(Gráficas, anexo No. 5)

Al hacer un cambio en los gastos y aportaciones que llegan al río Zahuapan se obtuvieron cambios en la carga real (L_R), carga asimilable (L_C) y el porcentaje

de remoción requerido (% Re). Se observa un aumento en mayor proporción en la carga orgánica real y en menor proporción en la carga orgánica asimilable.

La carga orgánica real al estar directamente relacionada con la concentración de materia orgánica y con el gasto de las descargas presenta en las simulaciones a mediano y largo plazo una tendencia a aumentar.

En el mediano plazo se observan los valores más altos en los tramos 2, 6, 7 y 10 teniéndose valores de hasta 6,850.46 kg/día en el tramo 6; a largo plazo, en este mismo tramo se tiene un valor de 9,523.97 kg/día. Es importante resaltar que el comportamiento del río es el mismo que en las condiciones actuales, presentándose mayores problemas en los tramos antes mencionados por las descargas municipales.

La carga orgánica asimilable, de la misma forma que la carga orgánica real tiende a aumentar en todos los tramos presentando los valores más significativos a mediano y largo plazo en los tramos 6, 7 y 8.

Puede observarse que en la mayoría de los tramos la carga real es mayor que la carga asimilable, exceptuando el tramo 9 donde no existen descargas, solo aprovechamientos.

El porcentaje de remoción necesario en las descargas es menor a largo plazo comparándolo con el mediano plazo y con la situación actual, esto debido a que el gasto en las descargas aumenta pero la concentración de materia orgánica es constante, de tal manera podemos observar una disminución en el porcentaje

de remoción en todos los tramos excepto en el tramo 6 cuyo porcentaje de remoción requerido es prácticamente igual a mediano y a largo plazo.

8.4 Análisis y Discusión. Propuesta para saneamiento.

Para conocer como será el comportamiento del río, disminuyendo las descargas de aguas residuales, teniendo como fin la protección de vida acuática y el uso del agua para riego agrícola, cumpliendo con una DBO adecuada en cada caso, de acuerdo como lo señala la normatividad, se corrieron dos simulaciones en el modelo matemático, para obtener la cantidad de asimilación, déficit máximo de descarga y el porcentaje de remoción requerido en el río y descargas, con el fin de obtener un saneamiento en la corriente.

La propuesta para saneamiento se hizo basándose en la simulación a largo plazo (año 2012) por considerar más factible una reducción en las descargas, a partir de tratamientos implementados y mejoras en los tratamientos existentes y aquellos en los que se encuentra la infraestructura necesaria pero que no se encuentran en operación. Ya que la NOM-001- ECOL-1996 considera como fecha de cumplimiento para todas las descargas el año 2010.

8.4.1 Simulación DBO máxima en descargas de 200 mg/l.

Se realizó una simulación tomando en cuenta una DBO máxima en las descargas de 200 mg/l esto de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-ECOL-

1996 como límite máximo permisible en ríos para uso en riego agrícola, la DBO en el río se considero de 80 mg/l.

Dando como resultado que en los tramos:

- 3, 8 y 9 no se requiere remoción
- 1, 7 y 10 se tiene una remoción por arriba del 70 %
- tramo 6 se tiene una remoción del 63 %
- tramo 4 remoción de 33.08 % (remoción más baja)
- tramo 2 remoción de 92.97 % (remoción más alta)

Los resultados obtenidos, nos indican que la carga real que recibe el río Zahuapan, aún con la disminución de la DBO a 200 mg/l, es mayor que la carga asimilable, en los tramos 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 10.

8.4.2 Simulación DBO máxima en las descargas de 80 mg/l

La simulación se realizó considerando una DBO en el río de 60 mg/l y tomando en cuenta una DBO en las descargas de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996 de 80 mg/l también considerando el límite máximo permisible en ríos para protección de vida acuática.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El déficit máximo de descarga solo se presenta en los tramos 1 y 2 puesto que en estos tramos la carga orgánica en el río es mayor que la carga orgánica de

las descargas, los tramos 3 al 10 no presentan déficit máximo de descarga (“nulo”).

La asimilación en todos los tramos sobre el río Zahuapan es menor a 8 mg/l, presentando el valor más bajo en el tramo 9 con 5.16 mg/l.

La carga orgánica real sobrepasa a la carga orgánica asimilable excepto en los tramos 3, 8 y 9 donde no se requiere remoción.

Los tramos 4 y 6 son los que presentan un menor porcentaje de remoción por la reducción de carga orgánica teniéndose valores de 23.12 % y 21.81 % respectivamente, los tramos 5 y 7 presentan una remoción un poco mayor al 50 % y se obtiene el mayor porcentaje de remoción en los tramos 1 y 2 con valores de 76.62 % y 88.67 % respectivamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos puede observarse que la mayor recuperación reduciendo la carga orgánica a 60 mg/l se presenta en el tramo 6 donde se encuentran una gran cantidad de descargas de tipo municipal que al disminuir, permiten que el río de acuerdo a su capacidad se recupere.

8.5 Análisis de la calidad de la corriente.

Coliformes fecales. De acuerdo a los criterios ecológicos de calidad del agua (Agua potable y Riego agrícola) se tiene que en los tramos 1 y 2 se presentan en pequeñas cantidades, aumentando un poco en los tramos 3 y 4 y de forma

considerable a partir del tramo 5 en adelante presentándose con valores muy variables, pero generalmente arriba de los 1,000 NMP/100 ml.

El oxígeno disuelto en los tramos se encuentra con valores muy variables, en el caso de afluentes se pueden observar valores dentro del límite permisible que es de 4.0 mg/l para agua potable y 2.1 a 7.8 mg/l para acuacultura (dependiendo de la especie), este disminuye considerablemente en las descargas municipales y plantas de tratamiento teniéndose resultados de 0 a 0.3 mg/l en las descargas crudas de Tlaxcala y plantas de tratamiento ECCAET, Panotla, Atlihuetzia, San Pablo y Contla.

El pH en todos los tramos se encuentra dentro del rango permisible tanto para agua potable (5-9) como para riego agrícola (4.5-9) presentándose en todos los tramos un pH muy cercano a 7.

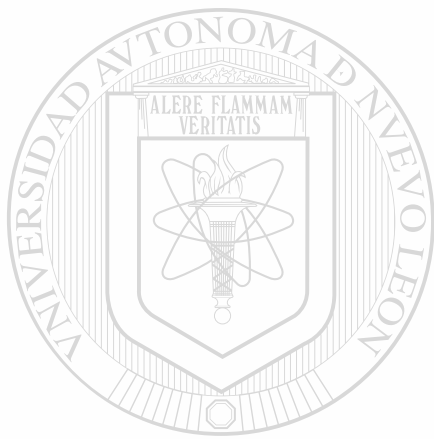
Los sólidos suspendidos presentes en el río Zahuapan se encuentran en la mayoría de los casos dentro del límite permisible de 500 mg/l para agua potable y cultivo excediéndose solo en algunas descargas de los tramos 3,4,5 y 7.

De acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996 tomando en cuenta los límites máximos permisibles para ríos en uso como riego agrícola (Promedio diario)

Los sólidos sedimentables se encuentran en un rango de 0-0.9 mg/l en la mayoría de las descargas sobrepasando el límite máximo permisible de 2.0 mg/l en las descargas crudas de Tlaxcala y ECCAET tramo 6, descargas queserías tramo 8 y barranca Corazón de Jesús tramo 10.

Los sólidos suspendidos totales rebasan en todos los tramos el límite máximo permisible de 200 mg/l, encontrándose valores hasta de 4864 en la represa 2 ejido la Concordia en el tramo 9.

La DBO en la corriente presenta variaciones muy marcadas, encontrándose principalmente un aumento considerable en las descargas municipales presentes en el tramo 6 sobrepasando el límite máximo permisible de 200 mg/l.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

9. Conclusiones y Recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos se puede concluir que actualmente la corriente del río Zahuapan tiene una calidad aceptable en su inicio y esta se ve disminuida conforme avanza, debido a la aportación de aguas residuales de origen municipales e industrial.

9.1 Modelo

Para simular el comportamiento de la corriente se empleó el modelo matemático SICLACOR mismo que es confiable cuando la corriente tiene capacidad para depurarse y calcula L_R , L_C , D_{md} y % de remoción; sin embargo es muy limitado, dado que la DBO es el parámetro básico usado para modelar y simular, lo que hace que los resultados que se obtienen, sean parciales, de tal manera que estos resultados no permiten describir el comportamiento global de la corriente en cuanto a contaminación orgánica.

Por otra parte cuando la corriente no tiene capacidad de autodepuración el modelo reporta valores no confiables, restringiendo su uso solamente como una base preliminar para diagnosticar las zonas de mayor contaminación en la corriente.

Considerando esta problemática, se modificó el programa SICLACOR en los siguientes puntos.

El porcentaje de remoción en la hoja de cálculo original está considerado para el propio cuerpo receptor, sin tomar en cuenta las descargas, en este trabajo, el porcentaje de remoción se aplica directamente a las descargas, lo que permite conocer la afectación de la descarga al cuerpo receptor.

El modelo matemático SICLACOR en su hoja de cálculo original considera como el fin de la secuencia de cálculo cuando se obtiene un déficit máximo de descarga, sin que la asimilación se de por parte del cuerpo receptor, de lo que se puede observar que aunque exista un déficit máximo de descarga no necesariamente es asimilada el total de la contaminación, por lo que esto arrastra un error que no demuestra el comportamiento real de la corriente, ya que no acumula los valores remanentes en los tramos.

Por lo anterior, es conveniente desarrollar un modelo matemático, específico para las condiciones del río, con el fin de conocer el comportamiento de los parámetros o variables más representativos en la corriente, para poder delimitar las concentraciones máximas permisibles que pueden descargarse a lo largo de la corriente con el fin de recuperarla y/o tener un manejo más adecuado de la corriente.

Es importante mencionar que los datos usados en el modelo matemático son puntuales que estadísticamente no dan un resultado 100 % confiable. Estos datos fueron obtenidos en época de estiaje por considerarse la más crítica en cuanto a contaminación por falta de dilución, pero es importante conocer las condiciones en el río tanto en las diferentes estaciones del año así como en

las modificaciones de la corriente originadas por la variación de las descargas.

Para poder realizar el modelo matemático adecuado a la corriente del río Zahuapan es necesario contar con datos subsecuentes, de tal manera que se recomienda tener una red de monitoreo continuo a lo largo del río en los 10 tramos considerados en este trabajo, tomando en cuenta el muestreo de parámetros como DBO, DQO, OD, sólidos suspendidos, temperatura, pH, gasto, velocidad, pendiente, coliformes fecales y totales.

Estos datos permitirán la modelación únicamente obteniendo la capacidad de autopurificación del río en base a la carga orgánica. Si se requiere modelar otro tipo de contaminantes como metales, sales, grasas y aceites, pesticidas o color será necesario monitorear otros parámetros para desarrollar el modelo matemático.

Conociendo el comportamiento de la corriente y teniendo muy bien definido que es lo que se quiere modelar, se podrán establecer zonas o tramos específicos con mayor o menor susceptibilidad, de manera que solo será necesario aplicar la normatividad vigente para que el río pueda recuperarse o en su caso permanecer en las condiciones óptimas. En el caso de contaminantes de tipo orgánico (DBO) y en base a los resultados aportados por el presente estudio, se deberán considerar como puntos críticos las estaciones: correspondientes a los tramos 2, 6, 7 y 10.

Algunas medidas de control que pueden aplicarse sobre el río Zahuapan son:

- 1. Mejorar el poder de autodepuracion de la corriente de agua.**
- 2. Evitar que llegue a la corriente en forma total o parcial todo aquel componente de las aguas residuales que pueda interferir perjudicialmente en el mecanismo de autodepuracion de las aguas receptoras.**
- 3. Considerar la disminuci3n de la cantidad de agua de diluci3n (como sucede en tiempo de estiaje), condicionando en los criterios de descarga de aguas residuales, el volumen y la concentraci3n de contaminantes.**

Para lograr el primer punto son necesarias las siguientes acciones:

- a) Ensanchar el cauce en la zona de descarga para disminuir la velocidad**
- b) Regular la formaci3n de dep3sitos de lodo por canalizaci3n del cauce del r3o.**
- c) Aumentar la aeracion provocando artificialmente disturbios en el agua por medio de cascadas, remolinos, etc.**

El segundo punto se consigue a partir de la implementaci3n de sistemas de tratamiento de aguas residuales y a la operaci3n adecuada de las plantas existentes en funcionamiento y las que no se encuentran en operaci3n.

Además de los puntos anteriores es importante planear el crecimiento tanto industrial, comercial y de servicios para no afectar de forma negativa a la corriente.

9.2 Factibilidad económica

Para tener una aproximación de los gastos necesarios que deberán hacerse para obtener una mejor calidad de agua en el río Zahuapan se tomaron en consideración los costos de la red de monitoreo, la generación del modelo matemático y además se consideraron cambios en las descargas sin tratamiento, obteniéndose los siguientes datos.

Red de monitoreo continuo

| | Costo en \$ |
|---|---------------------|
| - Equipo para 10 estaciones: Medidor digital de pH y temperatura marca OYSTER Registrador automático de niveles modelo Levelogger No. 3001 Sistema para medir, salinidad, conductividad y temperatura YSI85 Hand-Held Medidor digital de oxígeno disuelto marca ORION, modelo 810 | 1,083,300.00 |
| - Análisis tomando en cuenta reactivos y laboratorio por 365 días (solo parámetros básicos) | 438,000.00 |
| - Modelo matemático | 500,000.00 |
| Total | 2,138,000.00 |

Principales descargas y cambios en el tratamiento.

Para implementar nuevos tratamientos se tomaron en cuenta los costos para sistemas que trabajen a base de lodos activados por considerarse adecuados para el tipo de agua residual a tratar y con un costo económico aceptable en cuanto a inversión y operación.

Descargas municipales sin tratamiento

| Descarga | Tramo | DBO _{ent} mg/l | DBO _{sal} mg/l | Gasto...en m ³ /s | Necesidades |
|---------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Xaltocan | 1 | 305.85 | 305.85 | 0.0063 | Planta de tratamiento |
| Contla | 6 | 284.12 | 284.12 | 0.003 | Planta de tratamiento |
| Descarga cruda 1 Tlaxcala | 6 | 1,052.98 | 1,052.98 | 0.01 | Planta de tratamiento |
| Descarga cruda 2 Tlaxcala | 6 | 363.75 | 363.75 | 0.0015 | Planta de tratamiento |
| Descarga cruda 3 Tlaxcala | 6 | 744.43 | 744.43 | 0.005 | Planta de tratamiento |
| Descarga Totolac | 6 | 447.34 | 447.34 | 0.005 | Planta de tratamiento |
| Quesería 1 Tetlatlahuca | 8 | 729.82 | 729.82 | 0.005 | Planta de tratamiento |
| Quesería 2 Tetlatlahuca | 8 | 706.34 | 706.34 | 0.0003 | Planta de tratamiento |
| Tetlatlahuca | 8 | 1,141.32 | 1,141.32 | 0.008 | Planta de tratamiento |
| San Buena Ventura | 10 | 534.96 | 534.96 | 0.002 | Planta de tratamiento |

Descargas municipales que cuentan con tratamiento

| Descarga | Tramo | DBOent | DBOsal | Eficiencia % | Proceso de tratamiento | Necesidades |
|-------------|-------|--------|--------|--------------|--------------------------|-------------------------------|
| Apizaco "A" | 2 | 162 | 54 | 66 | Laguna aereada | Mejoramiento en la eficiencia |
| Atlihuetzia | 3 | 339.80 | | | Fosa séptica | Mejoramiento en la eficiencia |
| Ocotoxco | 4 | 82.42 | 82.42 | 0 | Fosa séptica | Operación de la planta |
| Apizaco "B" | 5 | 129.33 | 33.75 | 73.9 | Filtros biológicos | |
| Apetatitlan | 6 | 413.66 | | | Laguna de estabilización | Mejoramiento en la eficiencia |
| Panotla | 6 | 370 | 370 | 0 | Laguna de estabilización | Operación de la planta |
| Tlaxcala | 6 | 171.75 | 33.47 | 80.5 | Lagunas aereadas | |
| Ixtacuixtla | 6 | 828.58 | 241.83 | 70.8 | Lagunas aereadas | |
| Atlamaxac | 7 | 369.50 | 143.92 | 61 | Laguna de estabilización | Mejoramiento en la eficiencia |
| Xicohtzinco | 10 | 106.01 | | | Fosa séptica | Mejoramiento en la eficiencia |

Para calcular el costo aproximado de inversión en la construcción de las plantas de tratamiento propuestas, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- Costo de excavación
- Costo de cimentación
- Costo de acarreo y disposición de material
- Costos de construcción de carcamos
- Costos de tuberías y válvulas
- Costos de difusores de aire
- Costos de inyectores de aire
- Costos de caseta de inyectores de aire
- Costo de instalación eléctrica
- Costo de instalación mecánica
- Costo de instrumentación y control
- Costo de inóculo

Costo aproximado para plantas de tratamiento

| Descarga | Tramo | Gasto en m ³ /s | Costo en \$ |
|---------------------------|-------|----------------------------|-------------|
| Xaltocan | 1 | 0.0063 | 450,000 |
| Contla | 6 | 0.003 | 215,000 |
| Descarga cruda 1 Tlaxcala | 6 | 0.01 | 714,300 |
| Descarga cruda 2 Tlaxcala | 6 | 0.0015 | 107,200 |
| Descarga cruda 3 Tlaxcala | 6 | 0.005 | 357,150 |
| Descarga Totolac | 6 | 0.005 | 357,150 |
| Quesería 1 Tetlatlahuca | 8 | 0.005 | 357,150 |
| Quesería 2 Tetlatlahuca | 8 | 0.0003 | 21,500 |
| Tetlatlahuca | 8 | 0.008 | 571,500 |
| San Buena Ventura | 10 | 0.002 | 143,000 |

Finalmente es importante mencionar la necesidad de coordinar los esfuerzos y programas tanto del gobierno Federal como del Estatal y Municipal, teniendo los dos primeros la obligación de vigilar el cumplimiento de la normatividad, así como la eficiencia de las plantas de tratamiento existentes en el estado y la implementación de tratamiento en los municipios e industrias que no cuentan con el.

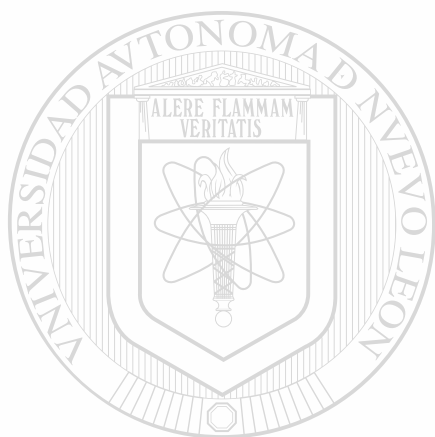
Tomando en cuenta que la Ley Federal de Derechos identifica al río Atoyac como un cuerpo tipo B, y considerando que el río Zahuapan (identificado como cuerpo tipo A) es un afluente directo del Atoyac, será necesario conocer la factibilidad de reclasificación del río Zahuapan a cuerpo tipo B, teniendo con esto un límite permisible de descarga menor (75 mg/l).

BIBLIOGRAFIA

- 1) APHA; AWWA, WEF., 1992., Standard methods for the examination of water and wastewater; 18 th; Arnold E. Greenberg; Maryland, USA.
- 2) Castellan Crespo J. Enrique; 1994; Elaboración del programa computarizado SICLACOR (Sistema de Clasificación de Corrientes) para determinar la capacidad de autopurificación del río Santiago por las descargas de aguas residuales que recibe a lo largo de su recorrido, Tesis profesional ESIA, IPN; México D.F.
- 3) Clarence J. Velz.; Applied Stream Sanitation; Wiley-Interscience; 1970.
- 4) Comisión Nacional del Agua; 1993; Manual de procedimientos para muestreo, mediciones de campo y visitas de inspección en agua y descargas de aguas residuales; Gerencia de calidad, reuso del agua e impacto ambiental; México. D.F.
- 5) Comisión Nacional del Agua; 1994; Programa de gran visión para el desarrollo de Tlaxcala; Sector Agua; Gerencia Estatal en Tlaxcala.
- 6) Comisión Nacional del Agua; 1996; Estudio preliminar de la clasificación del río Atenco en el estado de Tlaxcala.
- 7) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1995; Mc Graw-Hill
- 8) De Lora F., Miro Ch. J.; 1978. Técnicas de defensa del medio ambiente; Labor, S.A: España.
- 9) Diario Oficial de la Federación; México, 13 de diciembre de 1989; Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua.
- 10) Diario Oficial de la Federación; 6 de enero de 1997; NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- 11) Fair, Geyer, Okun; 1984; Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales; Vol II; Limusa; México
- 12) Gobierno del Estado de Tlaxcala; 1993; Periódico Oficial; Poder Legislativo; Tlaxcala, México
- 13) INEGI., 1996., Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala., Edición 1996.
- 14) INEGI; 1986; Síntesis Geográfica de Tlaxcala; Primera Reimpresión Junio de 1986.

- 15) INEGI; 1990; XI Censo General de Población y Vivienda, Tlaxcala; Resultados Definitivos
- 16) Kemmer N. F., McCallion J.; 1989; Manual del Agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones; McGraw-Hill; México.
- 17) Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento., 1994., Comisión Nacional del Agua., México
- 18) Ley Federal de Derechos en Materia de Agua., 1997., Comisión Nacional del Agua., México.
- 19) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, México, 1988.
- 20) Lora Soria F., Miro Chavarria J.; 1978; Técnicas de defensa del Medio Ambiente; Vol. I; Labor S.A., Barcelona España.
- 21) Metcalf Eddy; 1985; Ingeniería sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales; Labor, S.A.; Tercera edición: España.
- 22) Martínez Pereda, et. Al.; 1970, Estudio de la Contaminación del Agua en la cuenca del Río Lerma, Mex.; Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado; México.
- 23) Morales Juárez R.; 1996; Apuntes sobre Contaminación de corrientes; Instituto Tecnológico de Puebla; México.
- 24) Munive de León M.E.; 1997, Estudio de clasificación del Río Zahuapan en el Estado de Tlaxcala, mediante el uso del sistema de clasificación de corrientes (SICLACOR); Tesis de maestría; Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Sección de Estudios de Postgrado e Investigación.; IPN; México.
- 25) Nelson N Nemerow; 1975; Aguas residuales industriales, teorías, aplicaciones y tratamiento; H Blume Ediciones; Madrid.
- 26) Orlob T. G.; 1991; Models for environmental pollution control; Arbor Science Publisher, Inc., E.U.A.
- 27) Odum. E.P.; 1986; Ecología, Interamericana., Tercera Edición., México.
- 28) Ramalho R.S; 1991; Tratamiento de Aguas Residuales; Revertá S.A.; Barcelona España.
- 29) Rivas M. G.; 1978; Tratamiento de aguas residuales; Ediciones Vega; Segunda Edición; Venezuela.
- 30) Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca- CNA.; 1996; Programa Hidráulico 1995-2000; México.
- 31) SECOFI; 1992; A Study for the investor; Nacional Financiera; Tlaxcala, México
- 32) Sierra López A; 1995; Clasificación de la laguna y embalse de San José Atlangatepec, Tlax.; Tesis profesional. Escuela de Ingeniería Química; BUAP; México.

- 33) THY Tebbutt; 1990; Basic wastewater treatment; Butterworth Co.; Londres.
- 34) UNAM; 1982; División de Ingeniería, departamento de Ing. Sanitaria, limnología y saneamiento de corrientes; Apuntes de Limnología; UNAM, México.
- 35) UNAM, 1993, De Victoria J., Apuntes del curso "Contaminación de aguas superficiales (mares y estuarios)"; UNAM, México.
- 36) Victorica de J.; 1984; Influencia de la Hidrodinámica de embalses en la Evolución de la calidad del agua; Instituto de Ingeniería UNAM; Serie No. 480; México D.F.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Glosario

Asimilación. Propiedad que tiene un cuerpo receptor para restablecer su calidad (contaminantes no conservativos orgánicos).

Carga orgánica asimilable. Cantidad de materia orgánica que el cuerpo receptor puede asimilar sin ser afectado.

Carga Real. Cantidad de materia orgánica que contiene el cuerpo receptor para recibir cualquier elemento compuesto o sustancia, de forma tal que no exceda la concentración máxima admisible de dicho elemento, compuesto o sustancia.

Parámetro. Variable tomada como referencia para la medición del nivel en que este presente un contaminante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Anexo 1 Tablas. Criterios Ecológicos de Calidad
del Agua**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANEXO 1. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua

El artículo dos menciona las siguientes definiciones:

Calidad para la protección de la vida de agua dulce:

Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua dulce continental.

Calidad para la protección de la vida de agua marina:

Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua marina.

Calidad para uso en la acuicultura:

Grado de calidad del agua, requerido para las prácticas acuiculturales, que garantiza el óptimo crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas, así como para proteger su calidad para el consumo humano.

Calidad para riego agrícola:

Grado de calidad del agua, requerido para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo, tipos de suelo y métodos de riego.

Calidad para uso como fuente de abastecimiento de agua potable:

Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo humano, debiendo ser sometida a

tratamiento, cuando no se ajuste a las disposiciones sanitarias sobre agua potable.

Calidad para uso pecuario:

Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo por los animales domésticos, que garantiza la protección de su salud y la calidad de los productos para consumo humano.

Calidad para uso recreativo con contacto primario:

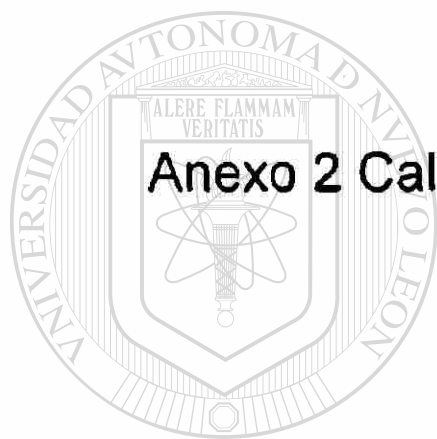
Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

Cuerpo de agua:

Los lagos; lagunas; acuíferos; ríos y sus afluentes directos o indirectos, permanentes o intermitentes; presas; embalses; cenotes; manantiales; litorales; estuarios; esteros; marismas y en general las zonas marinas mexicanas.

Fuente de abastecimiento de agua potable:

Todo cuerpo de agua que es o puede ser utilizado para proveer agua para consumo humano.



**Anexo 2 Calendario de Muestreo en el río
Zahuapan**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

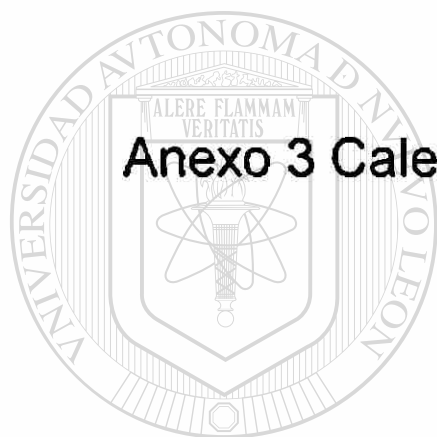


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Calendario de Muestreos en el río Zahuapan

| Estación | Fecha de monitoreo | | | |
|--|--------------------|-------|-------|-------|
| | 1996 | | | 1998 |
| | 1 | 2 | 3 | 1 |
| Río Zahuapan Confluencia Barranca la Ladera | 19/02 | | | |
| Barranca Texopa-Tlaxcantilla | 19/02 | 11/03 | 01/04 | |
| Barranca Analco | 19/02 | 11/03 | 01/04 | |
| Barranca S/N | 19/02 | 11/03 | 01/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba Bca. S/N (A) Xaltocan | 19/02 | 11/03 | | 11/05 |
| Barranca S/N (A) Xaltocan | 19/02 | 11/03 | 02/04 | 11/05 |
| Río Zahuapan a. abajo Bca. S/N (B) Xaltocan | 19/02 | 12/03 | 02/04 | 11/05 |
| Río Zahuapan a. arriba Bca. Zacatepec | 20/02 | 12/03 | 03/04 | 11/05 |
| Barranca Zacatepec | 20/02 | 12/03 | | 11/05 |
| Manantiales San Dionicio | 20/02 | 12/03 | 03/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba planta de Trat. Apizaco "B" | 20/02 | 12/03 | 03/04 | 17/03 |
| Descarga 1 Planta de Trat. Apizaco "B" | 20/02 | 12/03 | 03/04 | 17/03 |
| Descarga 2 Planta de Trat. Apizaco "B" | 20/02 | 12/03 | 03/04 | 17/03 |
| Arroyo San Benito o Atlixteca | 20/02 | 13/03 | 04/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba arroyo de Huacaltzingo | 21/02 | 13/03 | 04/04 | 17/03 |
| Arroyo de Huacaltzingo | 21/02 | 13/03 | 04/04 | 17/03 |
| Drenaje de riego Atlihuetzia | 21/02 | | 04/04 | 18/03 |
| Río Zahuapan aguas arriba derivación Atlihuetzia | 22/02 | 13/03 | 04/04 | 18/03 |
| Presa Metecatlan | 22/02 | 13/03 | 05/04 | 18/03 |
| Descarga Atlihuetzia (fosa séptica) | 22/02 | 13/03 | 05/04 | 18/03 |
| Río Zahuapan a. abajo cascada Atlihuetzia | 22/02 | 13/03 | 05/04 | 19/03 |
| Descarga Hotel Misión | 22/02 | 14/03 | 05/04 | 19/03 |
| Río Ocotoxco-Tlatlahuquitepec | 23/02 | 14/03 | 08/04 | 19/03 |
| Río Zahuapan a. arriba manantial Palo Huerfano | 23/02 | 14/03 | 08/04 | 19/03 |
| Manantiales Palo Huerfano | 23/02 | 14/03 | | 19/03 |
| Arroyo exedente de riego manantiales Palo Huerfano | 23/02 | 14/03 | 09/04 | 19/03 |
| Río Zahuapan a. arriba río Atenco | 23/02 | 14/03 | 09/04 | 24/03 |
| Río Atenco o Tequisquiatl | 23/02 | 14/03 | 09/04 | 24/03 |
| Derivación Belen | 23/02 | 14/03 | 09/04 | 24/03 |
| Río dos arroyos | 26/02 | 15/03 | 09/04 | 24/03 |
| Manantiales Belen | 26/02 | 15/03 | 10/04 | 24/03 |
| Arroyo Metlahuapan | 26/02 | 18/03 | | |
| Manantiales el Molinito | 26/02 | 18/03 | 10/04 | |
| Arroyo S/N | 26/02 | 18/03 | 10/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba descarga Contla | 26/02 | 18/03 | 11/04 | 13/04 |
| Descarga Contla | 26/02 | 18/03 | 11/04 | 13/04 |
| Descarga Laguna de oxidación San Pablo A. | 27/02 | 18/03 | 11/04 | 13/04 |
| Barranca el Cristo | 27/02 | 18/03 | 11/04 | 13/04 |
| Río de los Negros | 27/02 | 19/03 | 11/04 | 14/04 |
| Río Zahuapan a. arriba río los Negros | 27/02 | 19/03 | 11/04 | 14/04 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Río Zahuapan a. arriba descargas crudas de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 14/04 |
| Descarga Cruda No. 1 de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 15/04 |
| Descarga Cruda No. 2 de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 15/04 |
| Descarga Cruda No. 3 de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 15/04 |
| Descarga Cruda No. 4 de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 15/04 |
| Río Zahuapan a. abajo descargas crudas de Tlaxcala | 27/02 | 20/03 | 12/04 | 15/04 |
| Barranca Totolac | 28/02 | 22/03 | 15/04 | 16/04 |
| Descarga No. 1 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 28/02 | 22/03 | 15/04 | 16/04 |
| Descarga No. 2 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 28/02 | 22/03 | 15/04 | 16/04 |
| Descarga No. 3 Planta de Trat. ECCAET Tlaxcala | 28/02 | 22/03 | 15/04 | 16/04 |
| Descarga Totolac | 28/02 | 22/03 | 16/04 | 16/04 |
| Río Zahuapan a. arriba presa Panotla | 29/02 | 25/03 | 16/04 | 16/04 |
| Canal lateral derecho presa Panotla | 29/02 | | | 16/04 |
| Canal lateral izquierdo presa Panotla | 29/02 | 25/03 | 18/04 | 16/04 |
| Río Zahuapan a. abajo presa Panotla | 29/02 | 25/03 | 18/04 | 12/05 |
| Descarga Laguna de Oxidación Panotla | 29/02 | 25/03 | 18/04 | 12/05 |
| Río Zahuapan a. abajo barranca Monterrey | 01/03 | 26/03 | 22/04 | 13/05 |
| Barranca Monterrey | 01/03 | 26/03 | 22/04 | 13/05 |
| Río Totolac | 04/03 | 26/03 | 22/04 | 13/05 |
| Río Zahuapan a. arriba Represa Ejido Sta. Apolonia | 04/03 | 26/03 | 22/04 | 18/05 |
| Represa Edijo Sta. Apolonia | 04/03 | 26/03 | | 18/05 |
| Descarga No. 1 queserías Tetlatlahuca | 04/03 | 27/03 | 23/04 | 18/05 |
| Descarga No. 2 queserías Tetlatlahuca | 04/03 | 27/03 | 23/04 | 18/05 |
| Descarga Tetlatlahuca | 05/03 | 27/03 | 23/04 | 18/05 |
| Represa 1 Ejido Tetlatlahuca | 05/03 | 27/03 | 24/04 | 18/05 |
| Represa 1 Ejido la Concordia | 05/03 | 27/03 | | |
| Represa 2 Ejido Tetlatlahuca | 05/03 | 27/03 | | 18/05 |
| Represa 3 Ejido Tetlatlahuca | 06/03 | 28/03 | 24/04 | 18/05 |
| Represa 2 Ejido la Concordia | 06/03 | 28/03 | 24/04 | 18/05 |
| Presa Sta Agueda | 06/03 | 28/03 | 25/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba río viejo | 06/03 | 28/03 | 25/04 | 19/05 |
| Río Viejo | 06/03 | 28/03 | 25/04 | 19/05 |
| Río Zahuapan a. abajo río viejo | 06/03 | 28/03 | 25/04 | 19/05 |
| Barranca de Guardia | 07/03 | 29/03 | 25/04 | 19/05 |
| Barranca Corazón de Jesús | 07/03 | 29/03 | 26/04 | 19/05 |
| Barranca S/N | 07/03 | 29/03 | 26/04 | |
| Río Zahuapan a. arriba descarga San Buenaventura | 07/03 | 29/03 | 26/04 | |
| Descarga San Buenaventura | 07/03 | 29/03 | 26/04 | 19/05 |
| Descarga corredor industrial Xicohtzinco | 07/03 | 29/03 | 26/04 | 19/05 |
| Río Zahuapan antes de la confluencia con el Atoyac | 07/03 | 29/03 | 26/04 | 19/05 |



Anexo 3 Calendario de visitas a Plantas de Tratamiento

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Calendario de Visitas a Plantas de Tratamiento

| Planta de Tratamiento | Tratamiento | Fecha de Visita |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Atlamaxac | Reactor Anaerobio de flujo ascendente | 5/09/97 |
| Xicohtencatl | Lagunas aereadas | 6/09/97 |
| Ixtacuixtla | Lagunas aereadas | 7/09/97 |
| Tlaxcala | Lagunas Aereadas | 8/09/97 |
| Apizaco "A" | Lagunas aereadas | 10/09/97 |
| Apizaco "B" | Filtros biológicos | 11/09/97 |
| Loreto y Peña Pobre | Filtros biológicos | 19/09/97 |
| Hotel Misión | Fosa séptica | 26/09/97 |



**Anexo 4 Recopilación de datos Plantas de
Tratamiento ECCAET**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA 1995

APIZACO "B"

APIZACO "A"

TLAXCALA

IXTACUXTLA

XICHTENCATL

ATLAMAXAC

| Parámetro | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente |
|---------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| pH | 7.64 | 7.66 | 7.34 | 7.94 | 6.24 | 7.50 | 7.27 | 7.81 | 7.68 | 8.24 | 7.29 | 7.55 |
| Temperatura | 19.58 | 17.42 | 15.75 | 15.67 | 20.67 | 21.08 | 19.08 | 18.75 | 19.67 | 18.42 | 23.67 | 23.33 |
| Conductividad | 855.75 | 266.17 | 987.67 | 1394.25 | 4729.25 | 1804.92 | 755.79 | 789.58 | 1398.92 | 1358.67 | 556.75 | 22.92 |
| S.S | 2.40 | 0.21 | 0.41 | 0.11 | 17.87 | 0.22 | 0.92 | 0.20 | 1.02 | 0.10 | 1.80 | 0.12 |
| S.S.T | 1159.75 | 703.17 | 841.42 | 953.75 | 2289.42 | 1488.83 | 743.00 | 635.25 | 1369.08 | 1117.67 | 631.67 | 438.92 |
| S.S.T | 480.33 | 78.83 | 61.92 | 49.92 | 435.33 | 115.92 | 15.83 | 43.58 | 138.83 | 38.25 | 132.08 | 18.50 |
| S.D.T. | 921.08 | 670.17 | 759.50 | 903.83 | 1859.08 | 1372.92 | 592.67 | 597.67 | 1230.25 | 1079.42 | 489.58 | 418.75 |
| O.D | 0.00 | 0.37 | 3.89 | 8.72 | 0.00 | 1.78 | 0.00 | 6.67 | 0.00 | 4.70 | 0.00 | 3.46 |
| DBO | 325.00 | 97.92 | 64.92 | 30.08 | 1002.33 | 218.58 | 172.00 | 47.67 | 124.92 | 36.50 | 131.00 | 21.42 |
| DOO | 642.00 | 286.33 | 133.25 | 82.17 | 1840.83 | 455.58 | 320.42 | 102.92 | 327.75 | 89.25 | 279.25 | 50.17 |
| Nitrogeno amoniacal | 23.67 | 23.08 | 41.17 | 63.58 | 25.33 | 27.75 | 15.17 | 15.67 | 13.42 | 7.08 | 11.75 | 9.58 |
| Nitrogeno orgánico | 17.92 | 12.00 | 7.42 | 8.75 | 46.08 | 41.92 | 9.92 | 92.08 | 8.25 | 6.42 | 7.83 | 4.00 |
| Nitrogeno total | 41.58 | 35.08 | 48.58 | 72.08 | 71.42 | 69.67 | 25.08 | 22.75 | 21.67 | 13.42 | 18.58 | 13.58 |
| Grasas y aceites | 79.92 | 30.50 | 30.75 | 19.33 | 135.17 | 37.75 | 85.33 | 21.67 | 43.50 | 21.92 | 61.75 | 47.67 |
| SAAM | 6.12 | 4.72 | 1.44 | 0.44 | 7.98 | 0.30 | 5.29 | 0.66 | 4.35 | 0.85 | 5.40 | 1.65 |
| Coliformes fecales | 7.65E+19 | 6.50E+09 | 3.04E+10 | 1.32E+07 | 2.77E+24 | 1.21E+08 | 9.81E+18 | 5.89E+07 | 7.57E+17 | 8.63E+06 | 3.24E+19 | 3.67E+07 |
| Coliformes totales | 8.53E+18 | 9.15E+09 | 3.18E+10 | 3.06E+07 | 3.56E+24 | 2.94E+08 | 1.34E+19 | 8.54E+07 | 7.43E+18 | 2.00E+07 | 1.70E+20 | 9.50E+07 |

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA 1996

APIZACO "B"

APIZACO "A"

TLAXCALA

IXTACUXTLA

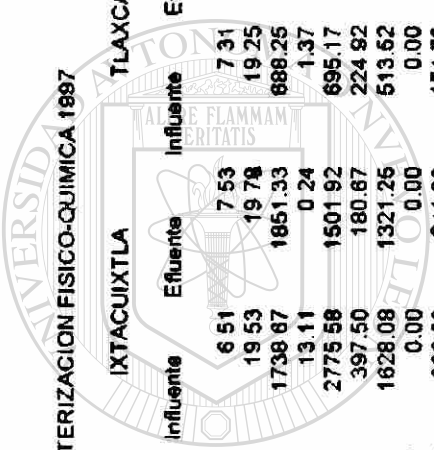
XICHTENCATL

ATLAMAXAC

| Parámetro | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente | Influyente | Efluyente |
|---------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| pH | 7.28 | 6.99 | 7.19 | 6.55 | 6.51 | 7.53 | 7.31 | 6.29 | 7.98 | 7.89 | 7.28 | 7.58 |
| Temperatura | 20.42 | 16.42 | 16.08 | 15.00 | 19.53 | 19.78 | 19.25 | 19.25 | 21.42 | 19.42 | 21.92 | 21.71 |
| Conductividad | 941.42 | 931.50 | 2995.58 | 2934.88 | 1738.67 | 1851.33 | 688.25 | 683.67 | 1618.00 | 2236.00 | 560.67 | 539.42 |
| S.S | 3.10 | 0.28 | 0.76 | 0.12 | 13.11 | 0.24 | 1.37 | 0.16 | 2.12 | 0.10 | 1.40 | 0.27 |
| S.T | 1004.08 | 780.67 | 1758.75 | 2262.00 | 2775.58 | 1501.92 | 695.17 | 577.75 | 1567.25 | 1836.75 | 602.75 | 444.00 |
| S.S.T | 273.83 | 100.42 | 90.17 | 62.92 | 397.50 | 180.67 | 224.92 | 34.00 | 173.92 | 48.42 | 159.42 | 32.92 |
| S.D.T. | 775.25 | 680.25 | 1676.92 | 2086.67 | 1628.08 | 1321.25 | 613.52 | 543.78 | 1396.67 | 1781.67 | 443.33 | 411.08 |
| O.D | 0.11 | 0.16 | 3.74 | 7.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.11 | 0.00 | 1.42 | 0.00 | 28.52 |
| DBO | 369.50 | 143.92 | 79.33 | 67.08 | 828.58 | 241.83 | 171.75 | 33.42 | 162.00 | 54.00 | 129.33 | 33.75 |
| DOO | 671.50 | 354.75 | 153.92 | 137.67 | 1824.08 | 493.33 | 333.75 | 78.08 | 319.42 | 136.83 | 259.67 | 68.33 |
| Nitrogeno amoniacal | 19.80 | 22.06 | 108.27 | 157.34 | 24.63 | 200.26 | 72.33 | 7.77 | 12.02 | 12.46 | 10.36 | 7.61 |
| Nitrogeno orgánico | 17.45 | 15.21 | 20.71 | 24.85 | 56.74 | 608.14 | 9.85 | 4.85 | 8.39 | 8.79 | 7.47 | 3.69 |
| Nitrogeno total | 37.24 | 37.28 | 130.63 | 174.22 | 81.31 | 70.58 | 21.79 | 12.42 | 2019.45 | 19.24 | 17.07 | 11.30 |
| Grasas y aceites | 58.33 | 28.09 | 32.33 | 20.08 | 126.50 | 39.00 | 77.25 | 24.58 | 77.83 | 36.58 | 63.42 | 37.25 |
| SAAM | 4.71 | 3.75 | 1.72 | 1.03 | 2.53 | 0.75 | 5.51 | 0.88 | 4.90 | 2.94 | 5.23 | 2.38 |
| Coliformes fecales | 1.00E+10 | 3.13E+08 | 2.32E+17 | 4.17E+13 | 1.34E+10 | 3.31E+07 | 3.01E+09 | 1.74E+08 | 1.53E+09 | 2.92E+07 | 2.72E+09 | 1.39E+08 |
| Coliformes totales | 1.04E+10 | 3.40E+08 | 2.25E+17 | 4.58E+13 | 1.71E+10 | 1.64E+09 | 3.43E+09 | 2.69E+08 | 1.88E+09 | 3.30E+07 | 2.79E+09 | 1.61E+08 |

CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA 1897

| Parámetro | ATLAMAXAC | | XICOHTECATL | | IXTACUXTLA | | TLAXCALA | | APIZACO "A" | | APIZACO "B" | |
|---------------------|-----------|----------|-------------|----------|------------|----------|-----------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | Influente | Efluente | Influente | Efluente | Influente | Efluente | Influente | Efluente | Influente | Efluente | Influente | Efluente |
| pH | 7.28 | 6.99 | 7.19 | 6.55 | 6.51 | 7.53 | 7.31 | 8.29 | 7.98 | 7.98 | 7.29 | 7.59 |
| Temperatura | 20.42 | 16.42 | 15.08 | 15.00 | 19.53 | 19.78 | 19.25 | 19.25 | 21.42 | 21.42 | 21.82 | 21.71 |
| Conductividad | 841.42 | 831.50 | 2995.58 | 2934.88 | 1738.87 | 1851.33 | 888.25 | 893.87 | 1818.00 | 2236.00 | 560.67 | 539.42 |
| S.S. | 3.10 | 0.28 | 0.76 | 0.12 | 13.11 | 0.24 | 1.37 | 0.16 | 2.12 | 0.10 | 1.40 | 0.27 |
| S.T. | 1004.08 | 780.67 | 1758.75 | 2262.00 | 2775.58 | 1501.92 | 695.17 | 577.75 | 1567.25 | 1836.75 | 602.75 | 444.00 |
| S.S.T. | 273.83 | 100.42 | 90.17 | 62.92 | 397.50 | 180.67 | 224.82 | 34.00 | 173.92 | 48.42 | 159.42 | 32.92 |
| S.D.T. | 775.25 | 680.25 | 1676.92 | 2086.67 | 1628.08 | 1321.25 | 513.62 | 543.79 | 1396.67 | 1781.67 | 443.33 | 411.09 |
| O.D | 0.11 | 0.16 | 3.74 | 7.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.11 | 0.00 | 1.42 | 0.00 | 28.52 |
| DBO | 368.50 | 143.92 | 79.33 | 67.08 | 828.58 | 241.83 | 171.75 | 33.42 | 162.00 | 54.00 | 129.33 | 33.75 |
| DOO | 671.50 | 354.75 | 153.92 | 137.67 | 1824.08 | 493.33 | 333.75 | 78.08 | 319.42 | 136.83 | 259.67 | 68.33 |
| Nitrógeno amoniacal | 19.80 | 22.06 | 108.27 | 157.34 | 24.63 | 200.26 | 72.33 | 7.77 | 12.02 | 12.46 | 10.36 | 7.61 |
| Nitrogeno organico | 17.45 | 15.21 | 20.71 | 24.85 | 56.74 | 606.14 | 8.85 | 4.65 | 8.39 | 6.79 | 7.47 | 3.69 |
| Nitrogeno total | 37.24 | 37.28 | 130.63 | 174.22 | 81.31 | 70.59 | 21.79 | 12.42 | 2019.45 | 19.24 | 17.07 | 11.30 |
| Grasas y aceites | 58.33 | 28.08 | 32.33 | 20.08 | 126.50 | 39.00 | 77.25 | 24.58 | 77.83 | 36.58 | 63.42 | 37.25 |
| SAAM | 4.71 | 3.75 | 1.72 | 1.03 | 2.53 | 0.75 | 6.51 | 0.89 | 4.90 | 2.94 | 5.23 | 2.36 |
| Coliformes fecales | 1.00E+10 | 3.13E+09 | 2.32E+17 | 4.17E+13 | 1.34E+10 | 3.31E+07 | 3.01E+09 | 1.74E+08 | 1.53E+09 | 2.92E+07 | 2.72E+09 | 1.39E+09 |
| Coliformes totales | 1.04E+10 | 3.40E+08 | 2.25E+17 | 4.59E+13 | 1.71E+10 | 1.64E+09 | 3.43E+09 | 2.69E+06 | 1.88E+09 | 3.30E+07 | 2.79E+09 | 1.51E+08 |

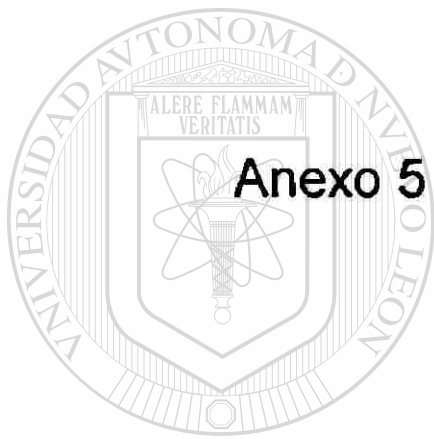


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

REPOSICION DE BIBLIOTECAS





Anexo 5 Gráficas de Resultados

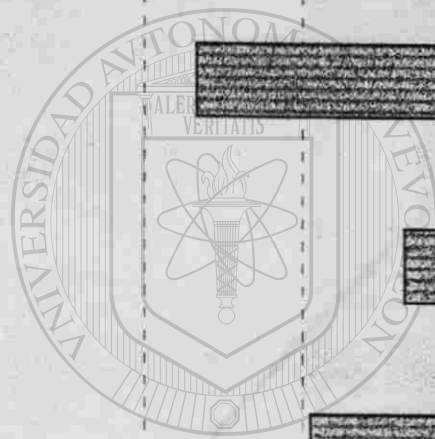
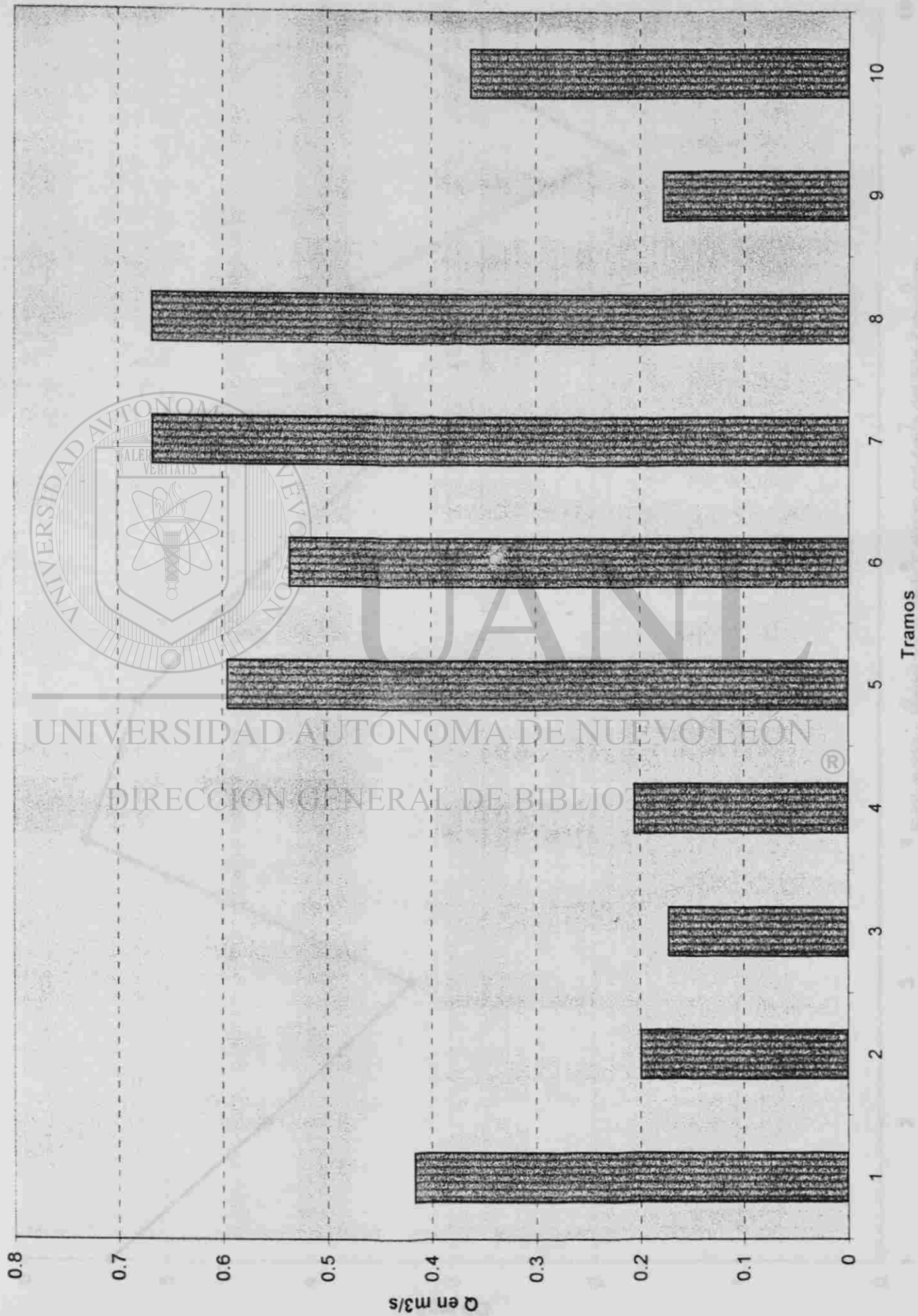
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Comportamiento del Q en el río Zahuapan (situación actual)

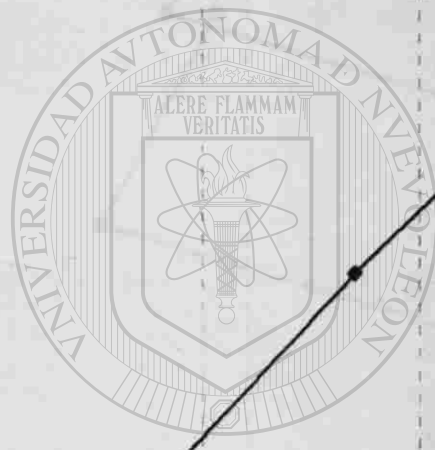


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tramos

Comportamiento del OD inicial en el río Zahuapan (situación actual)

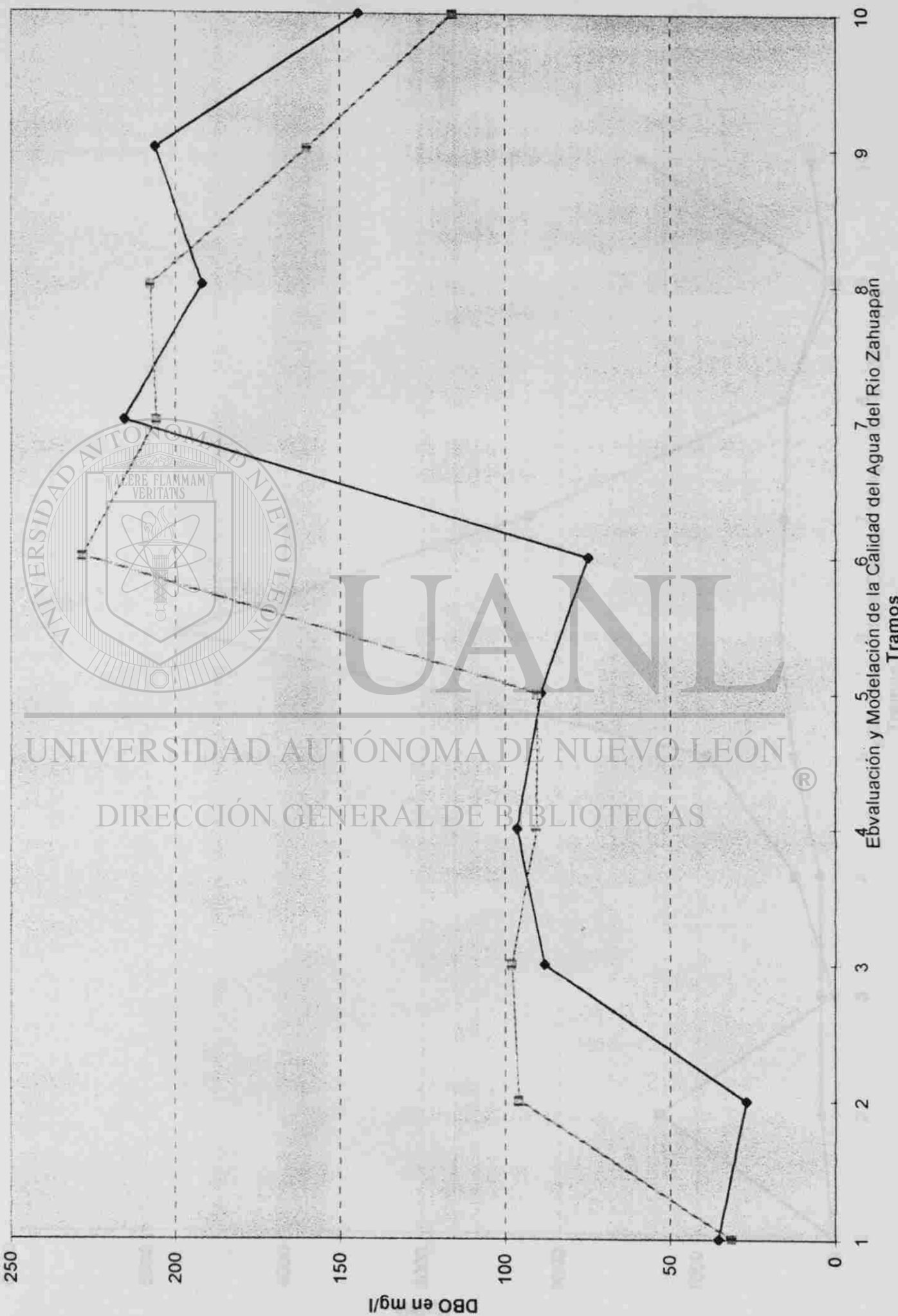


UANL

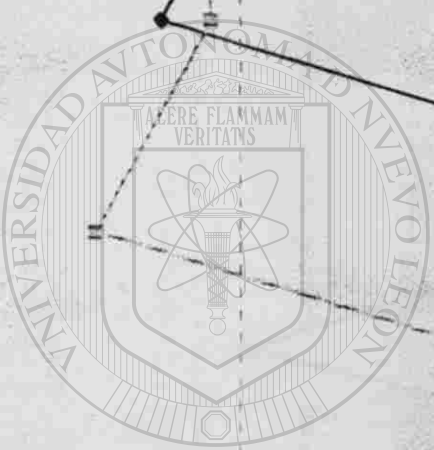
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DBO
DBO



Comparación DBO al inicio y final del tramo (Situación actual)

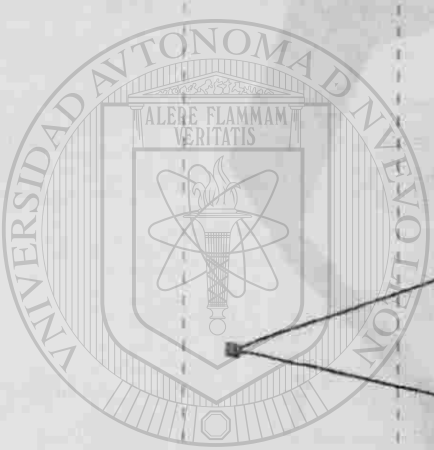
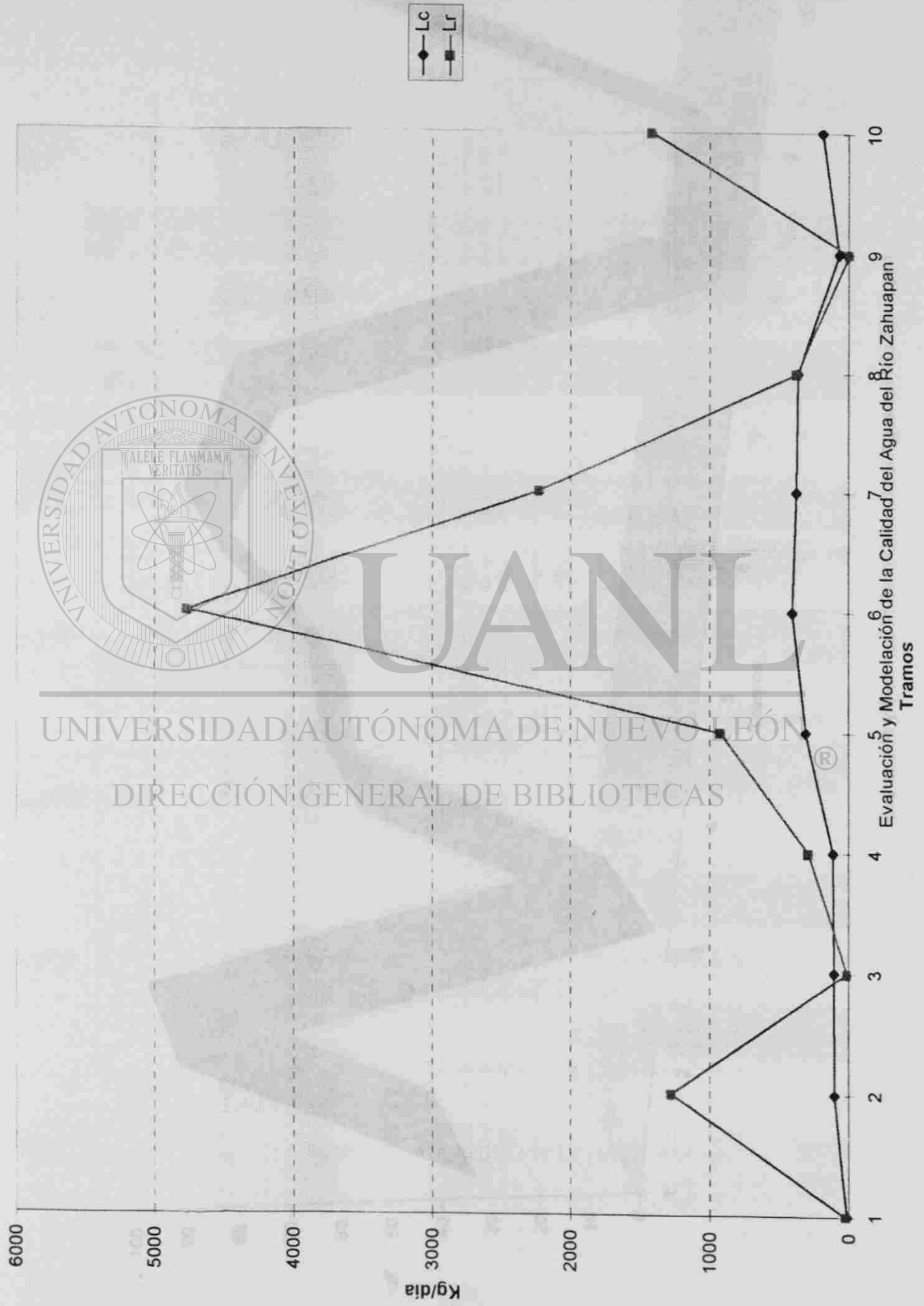


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Evaluación y Modelación de la Calidad del Agua del Río Zahuapán Tramos

Comportamiento de la Lc y Lr en el río Zahuapan (Situación actual)

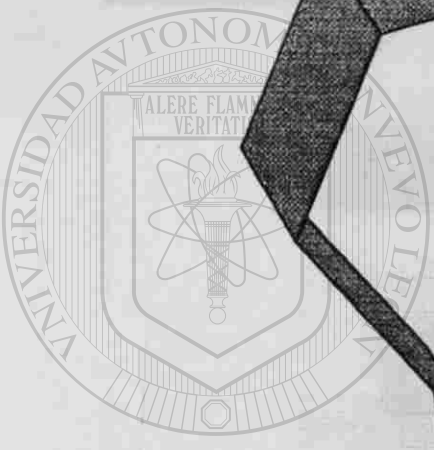


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Evaluación y Modelación de la Calidad del Agua del Río Zahuapan Tramos

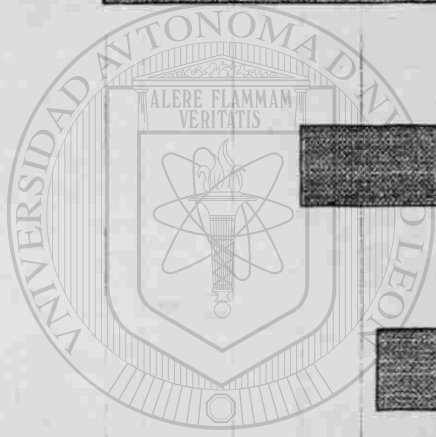
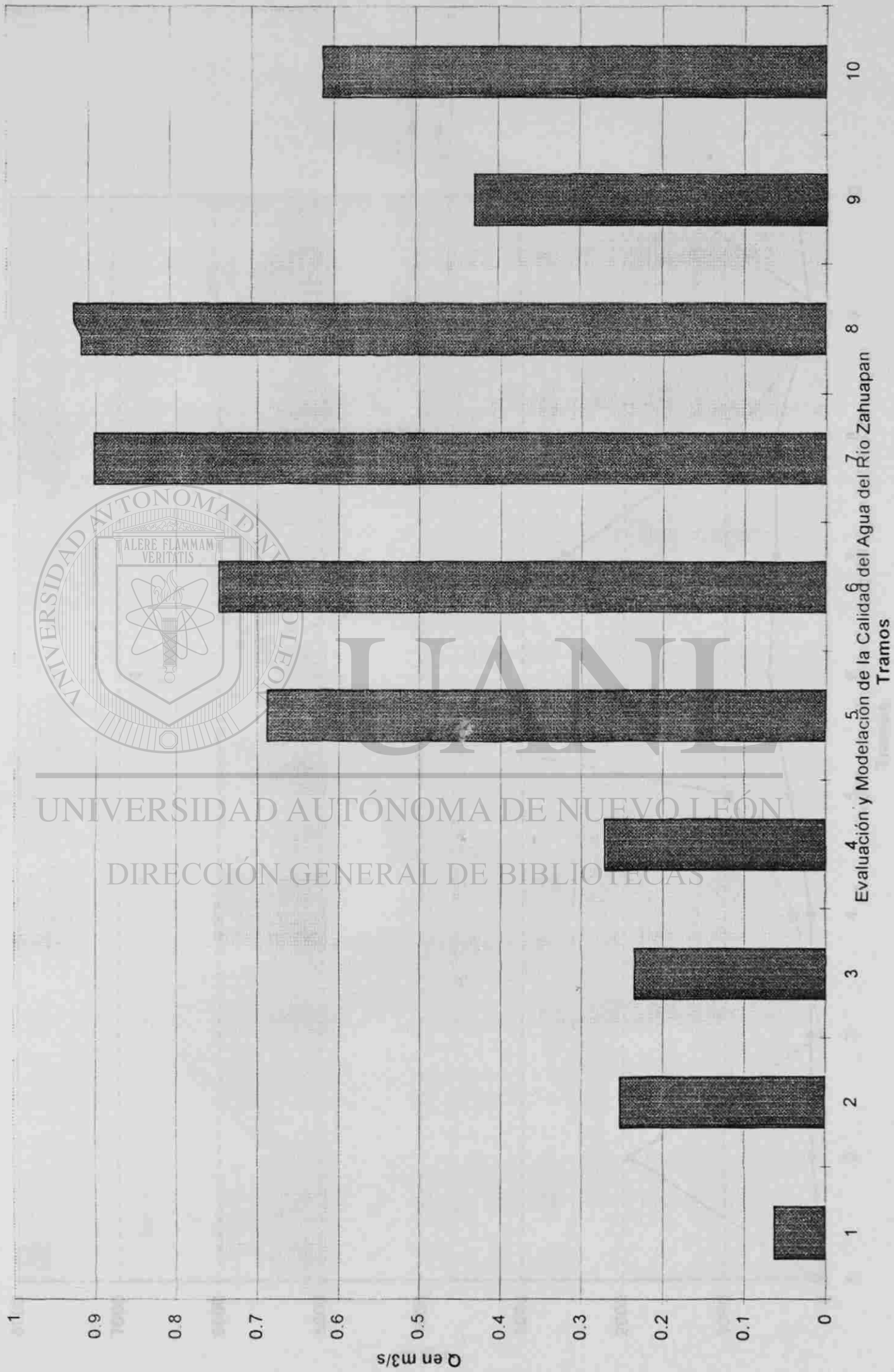


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Comportamiento del Gasto en el río Zahuapan (Mediano plazo)

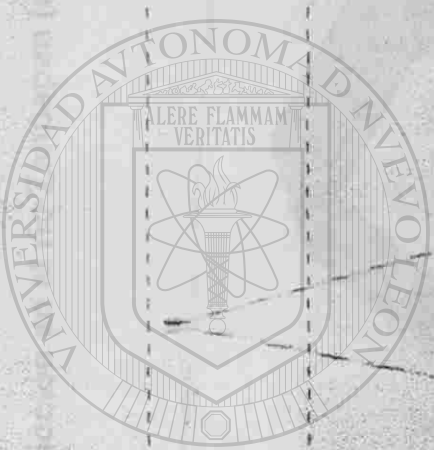
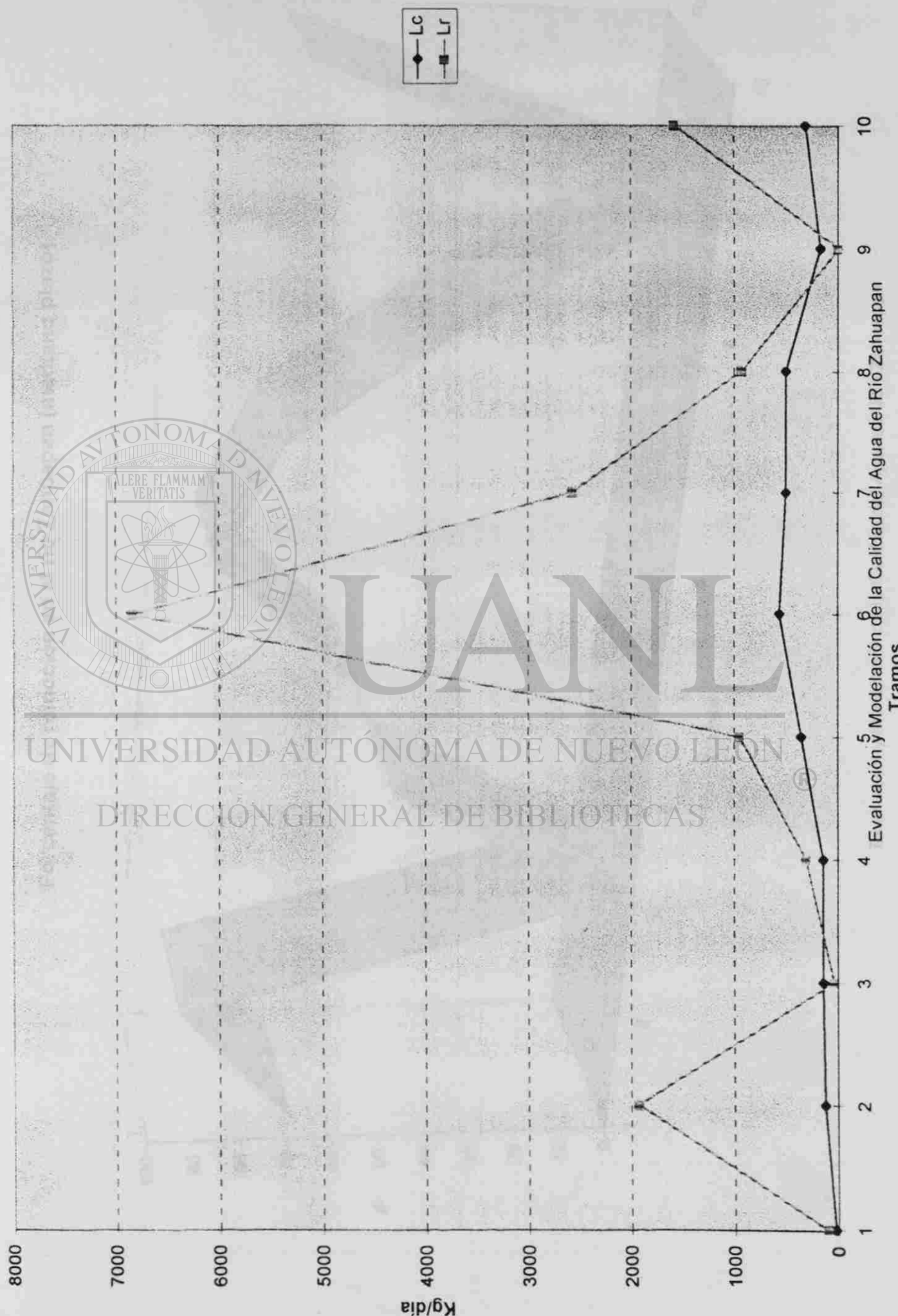


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Evaluación y Modelación de la Calidad del Agua del Río Zahuapan

Tramos

Comportamiento de la Lr y Lc en el río Zahuapan (mediano plazo)

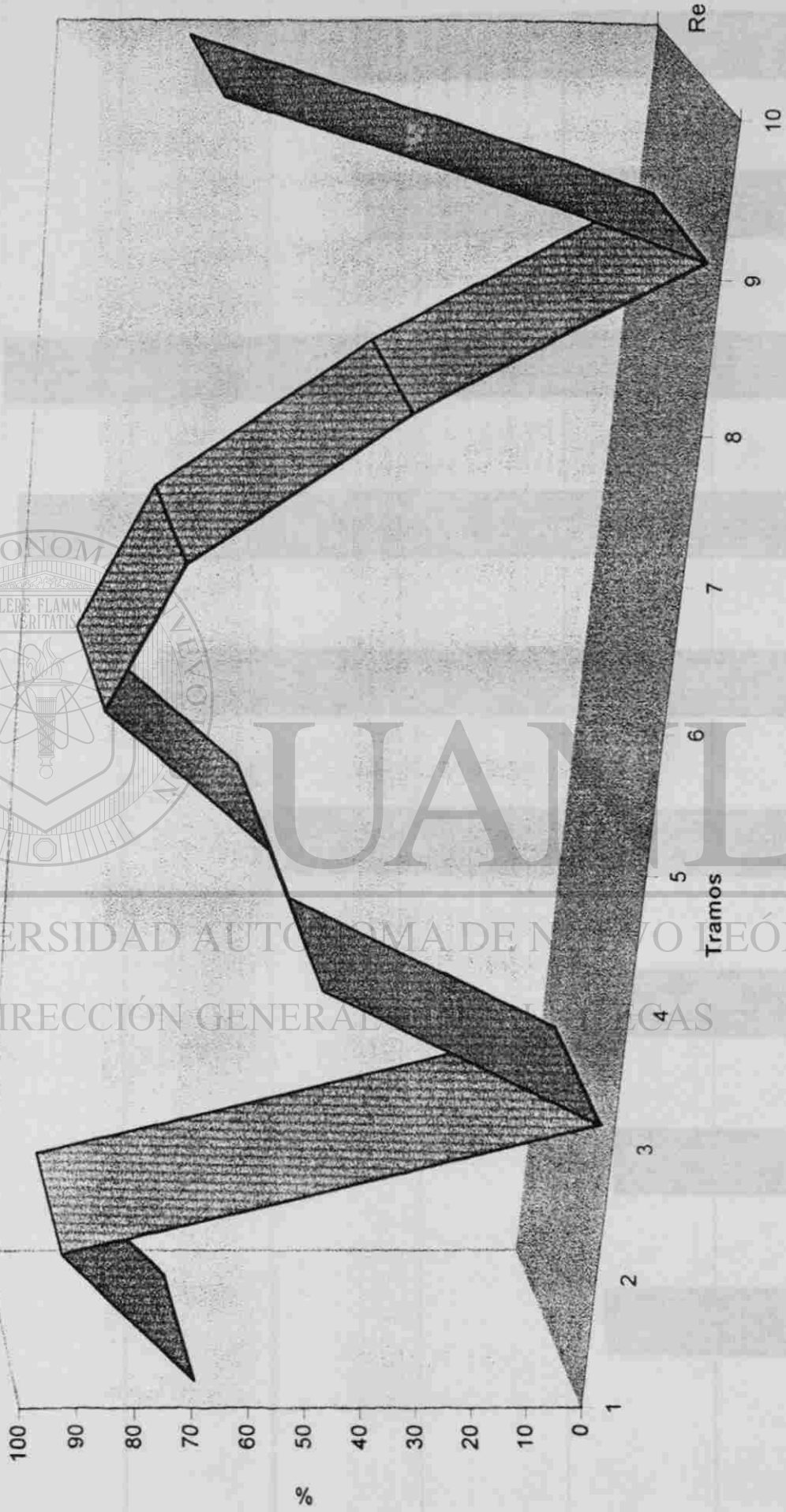


UANL

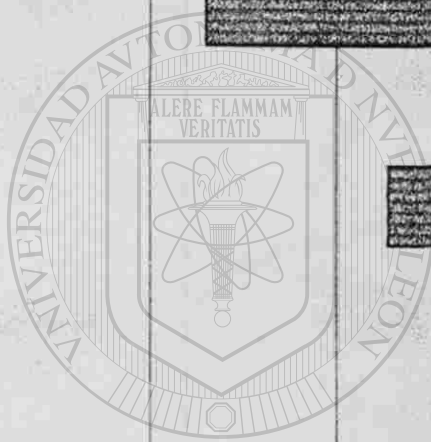
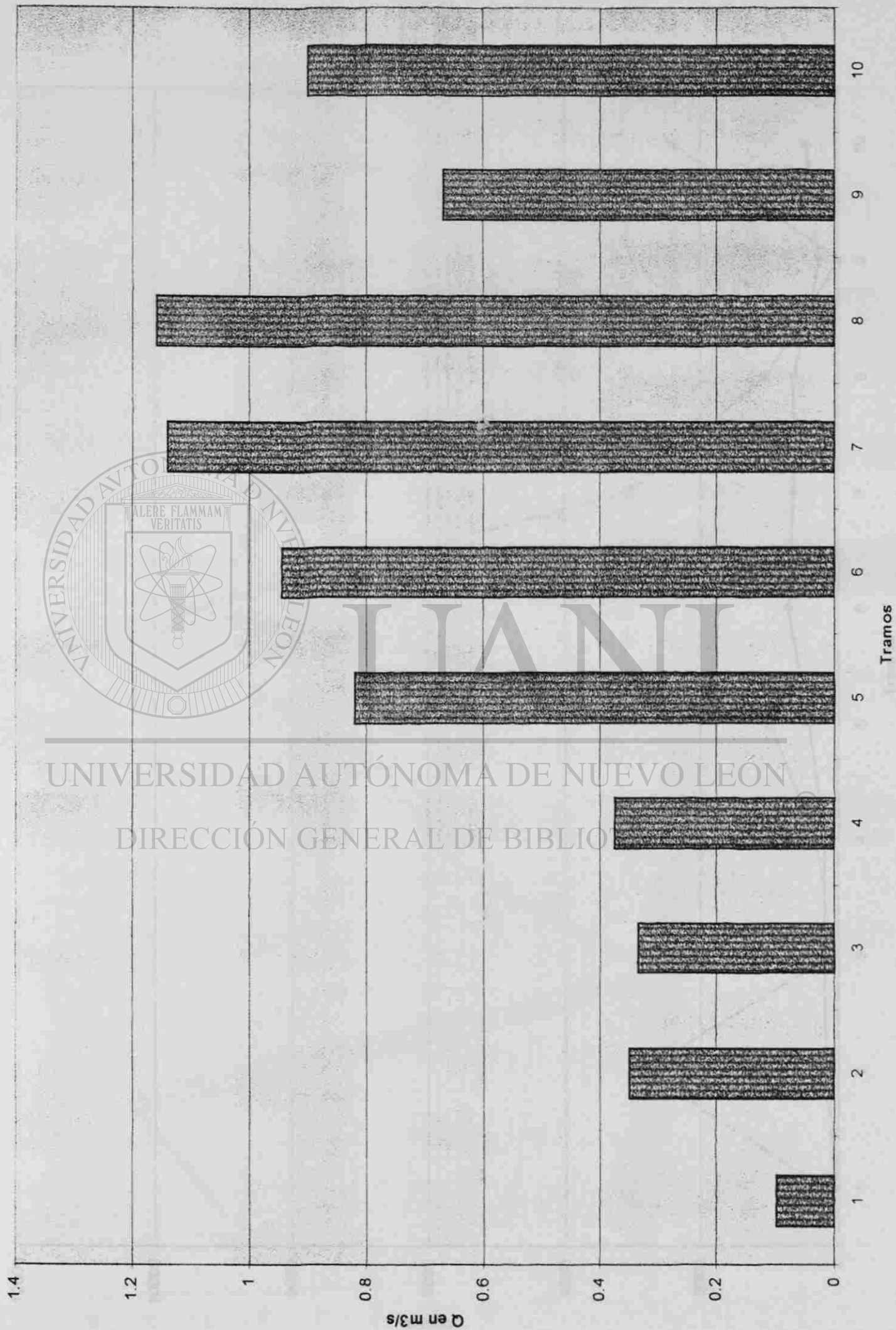
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Porcentaje de remoción en el río Zahuapan (mediano plazo)

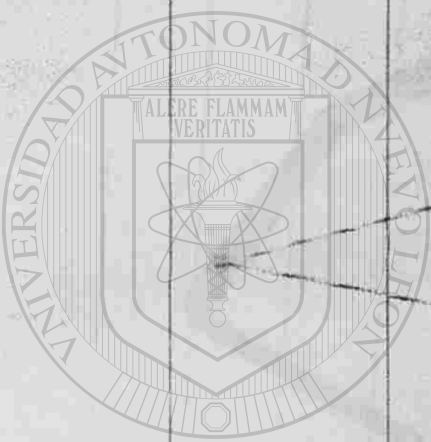
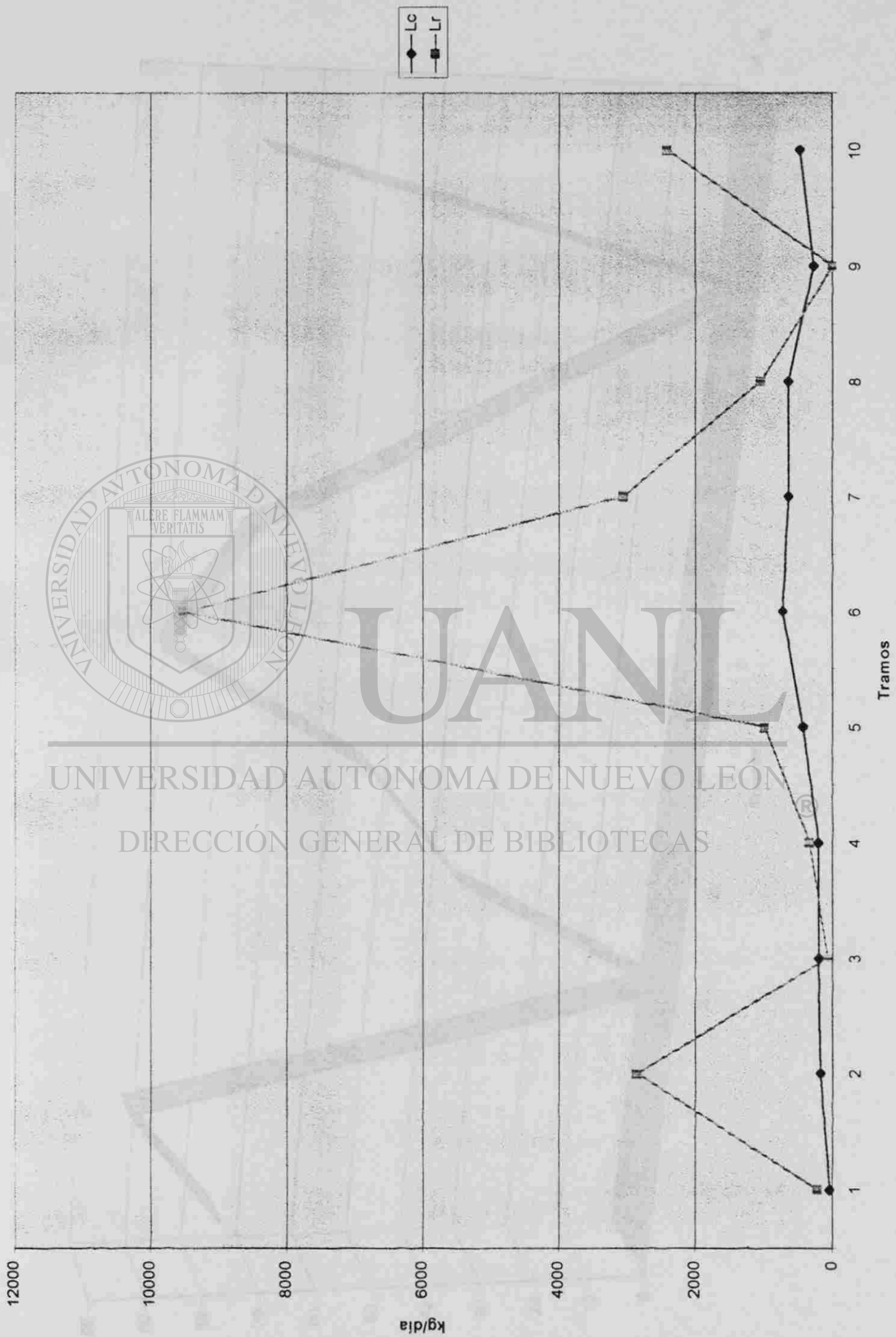


Comportamiento del Q en el río Zahuapan (Largo plazo)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

Comportamiento de la Lc y Lr en el río Zahuapan (Largo plazo)

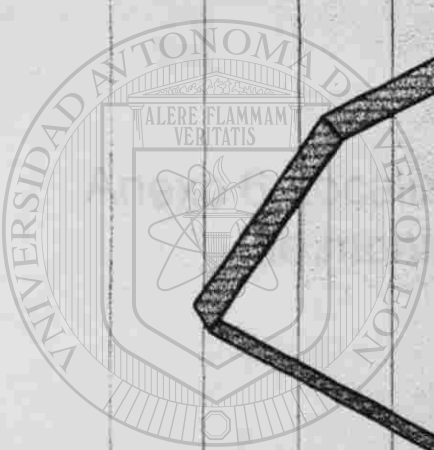
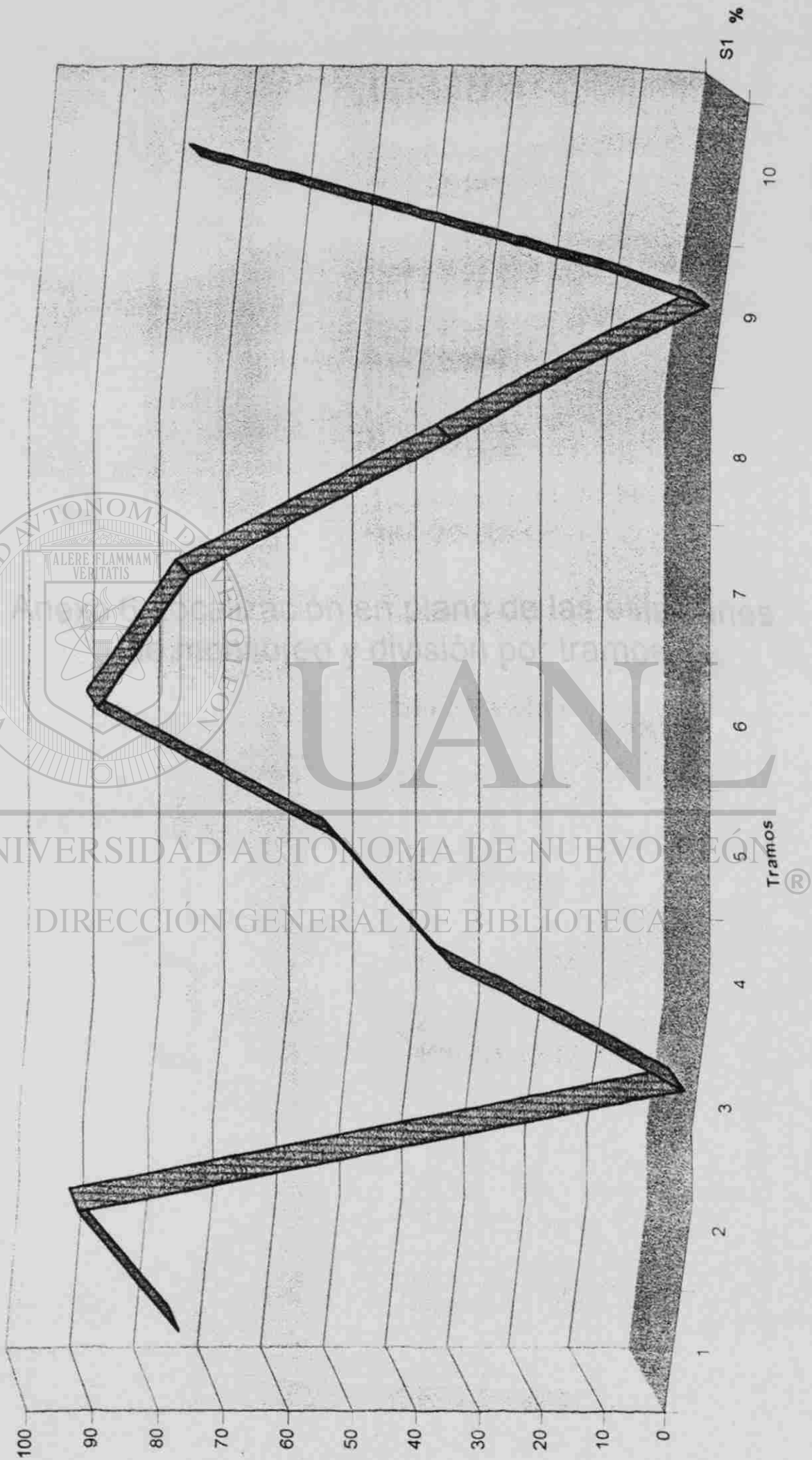


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

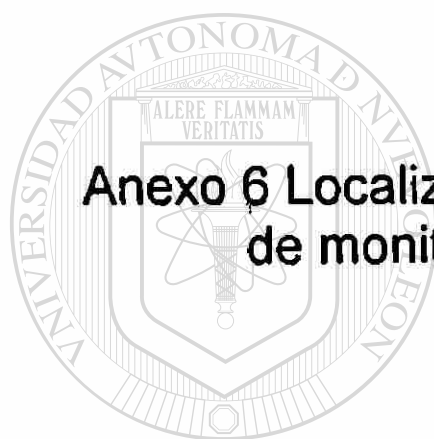
% de Remoción en el río Zahuapan (Largo plazo)



U.A.N.L.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA



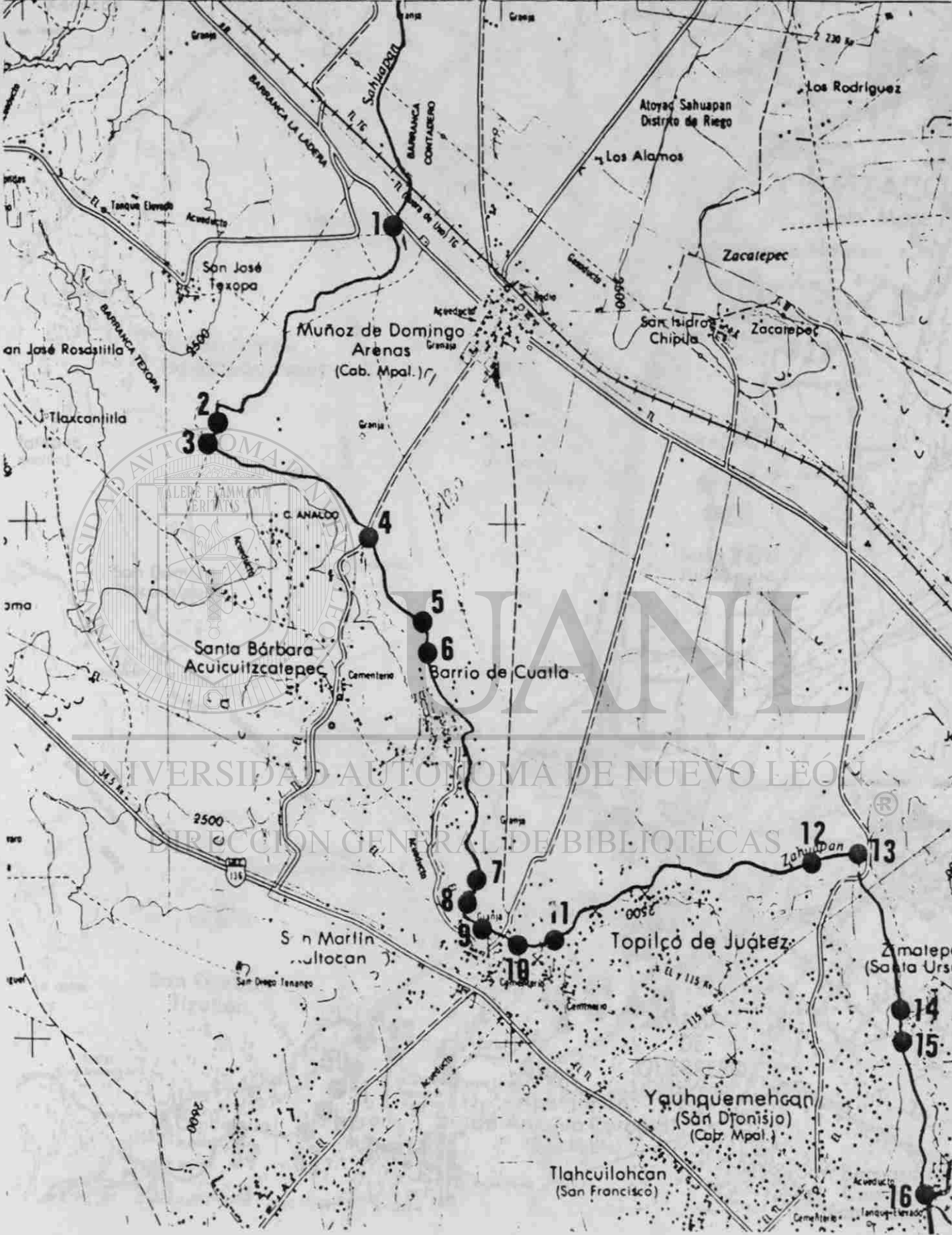
Anexo 6 Localización en plano de las estaciones de monitoreo y división por tramos

UANL

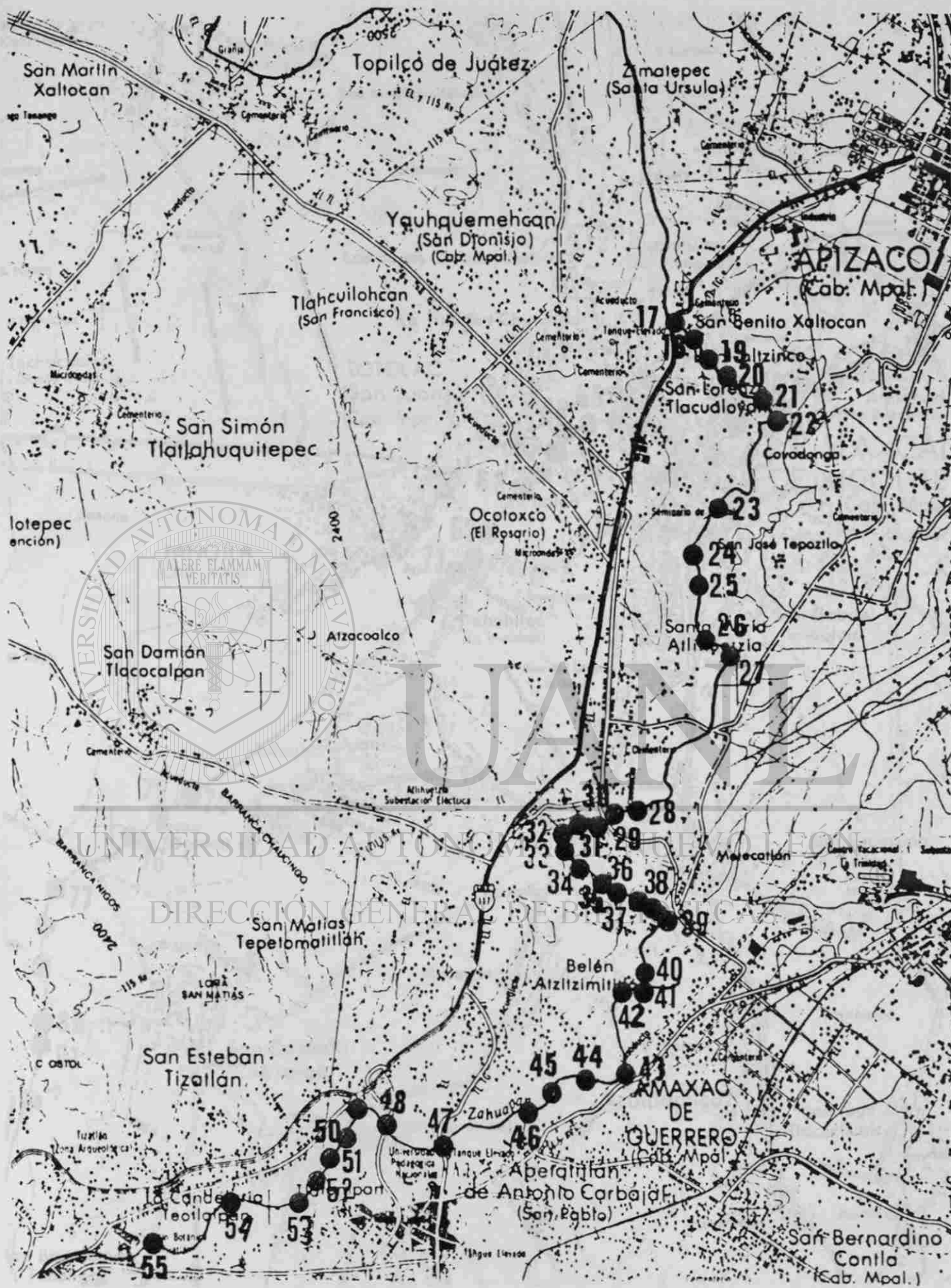
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



TRAMO 1 ESTACIONES 1-7 TRAMO 2 ESTACIONES 8-16
TRAMO 2 ESTACIONES 8-20

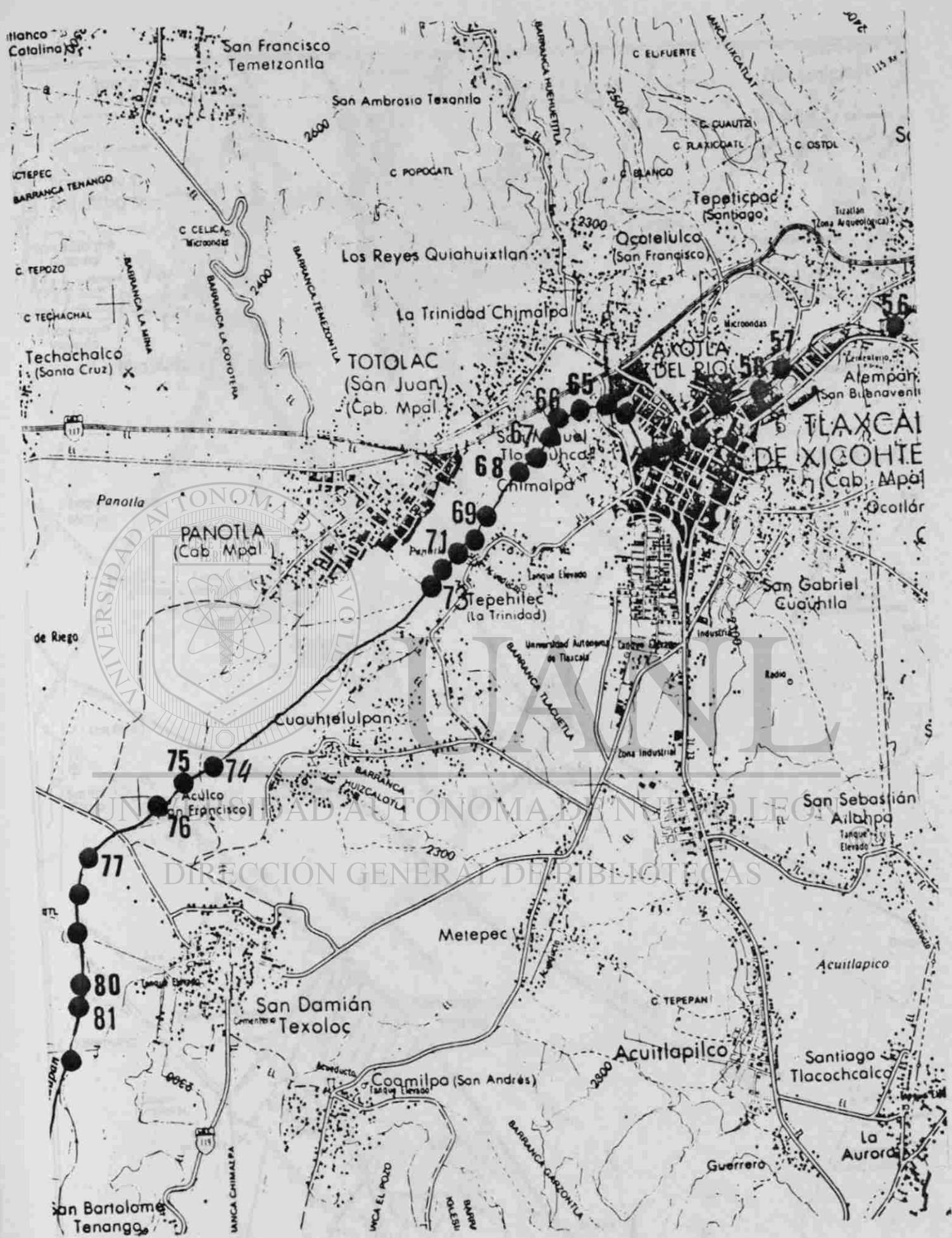


TRAMO 2
TRAMO 3

ESTACIONES: 8-20
ESTACIONES: 21-29

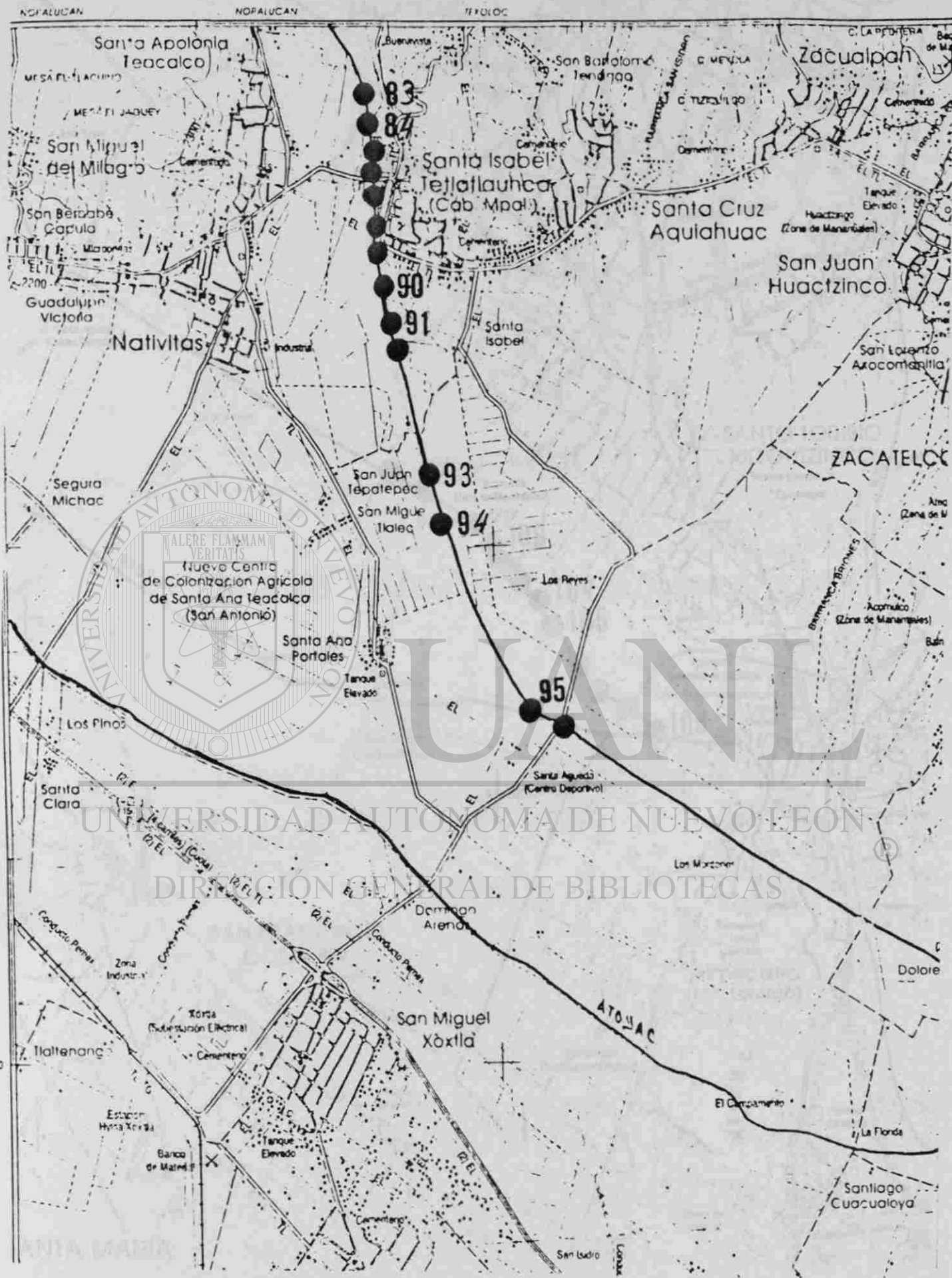
TRAMO 4
TRAMO 5

ESTACIONES: 30-35
ESTACIONES: 36-50



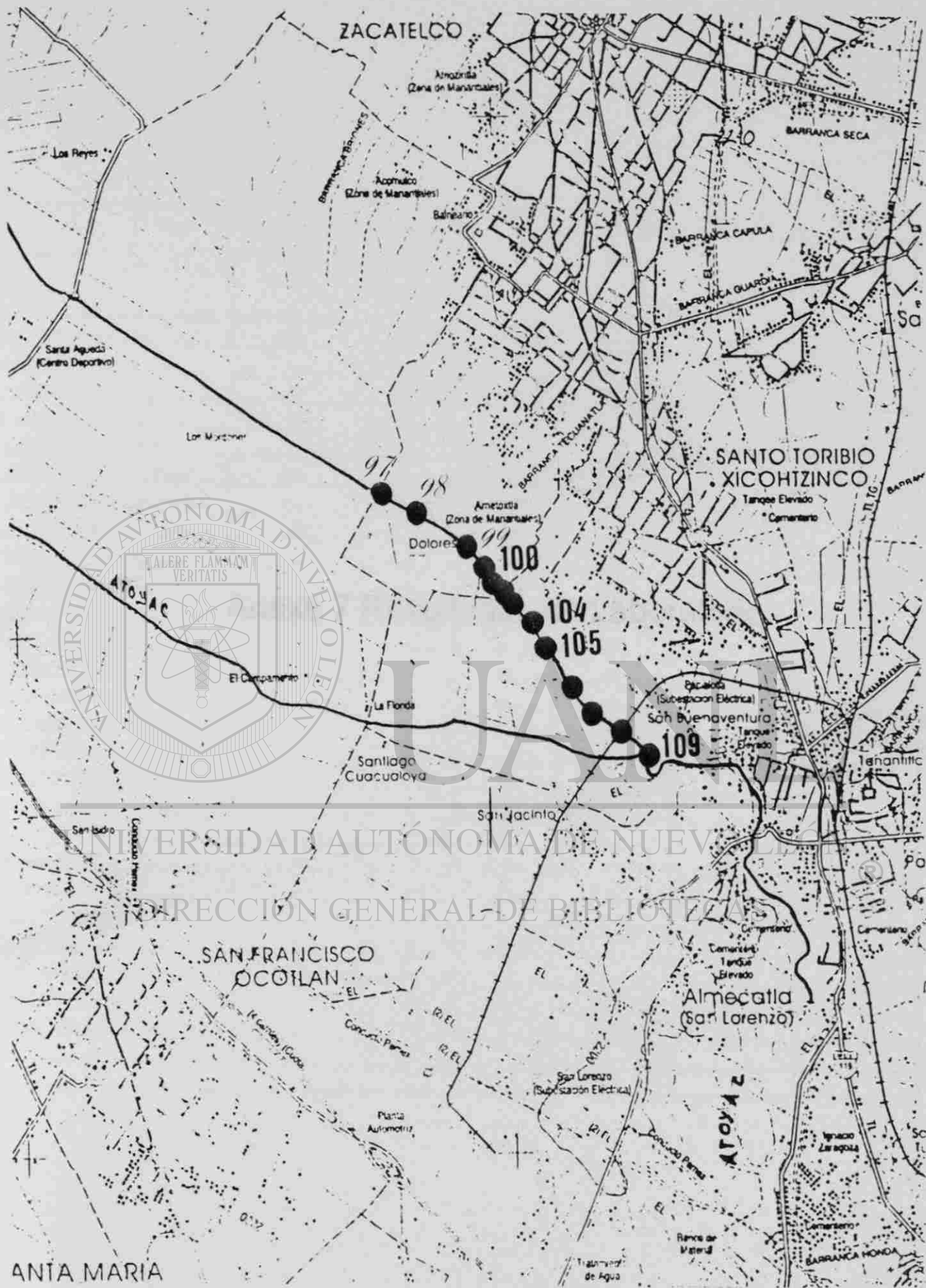
TRAMO 6
TRAMO 7

ESTACIONES: 51-74
ESTACIONES: 75-83



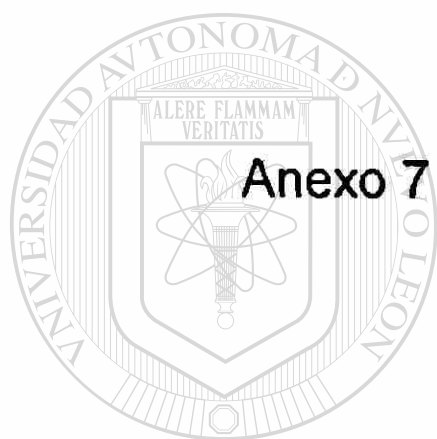
TRAMO 8
TRAMO 9

ESTACIONES: 84-89
ESTACIONES: 90-97



TRAMO 10

ESTACIONES: 98-109



Anexo 7 Resultados de Laboratorio

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | RIO ZAHUAPAN CONFLUENCIA BCA LA LADERA | BCA TEXOPA | BCA. ANALCO | BCA. SIN NOMBRE AGUAS ABAJO BCA. ANALCO | RIO ZAHUAPAN AG. ARR. BCA. S/N (A) XALTOCAN | BCA. SIN NOMBRE (A) XALOCAN |
|--------------------------------|--|------------|-------------|---|---|--------------------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 270 | 255 | 395 | 265 | 520 | 310 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7.55 | 7.5 | 7.55 |
| TEMPERATURA (°C) | 16 | 21/18.5 | 21/18.5 | 21/18 | 21/20 | 16 |
| S.A.A.M. (mg/L) | 0.4 | 0.76 | 0.5 | 1.6 | 1.8 | 0.4 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 584 | 637 | 604 | 383 | 850 | 535 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 307.5 | 232.5 | 246.5 | 260 | 380 | 180 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 276.5 | 404.5 | 378.5 | 178 | 470 | 490 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.17 | 0.97 | 0.83 | 1.22 | 1.63 | 2.11 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 0.34 | 0.31 | 0.3 | 0.663 | 0.41 | 1.13 |
| SULFATOS (mg/L) | 6.9 | 11.4 | 4.5 | 43.1 | 8.3 | 23.4 |
| FIERRO (mg/L) | 3.45 | 3.32 | 2.4 | 2.67 | 2.1 | 3.55 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | 2.3 | 4.6 | 3.9 | 19.3 | 4.5 | 2.9 |
| NITROGENO AMONIACAL (mg/L) | 0.2 | 2.6 | 2.4 | 4.3 | 0.9 | 0.2 |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | 2.1 | 2 | 1.9 | 15 | 3.7 | 2.7 |
| NITRATOS (mg/L) | - | - | - | - | - | - |
| NITRITOS (mg/L) | - | - | - | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 5.875 | 6.2 | 2.15 | 20 | 14.3 | 3.855 |
| CLORUROS (mg/L) | 5.1 | 32.25 | 9.95 | 4.8 | 7.8 | 42.8 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 29.45 | 14.75 | 23.4 | 53.8 | 22.42 | 106 |
| D.Q.O. (mg/L) | 69 | 29 | 39.4 | 159 | 44 | 256 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 5.4 | 4.9 | 3.2 | 3.75 | 4.3 | 3.93 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | | >2 E5 | NEG | 2500 | NEG | 90.0E+6 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | | 2 E5 | NEG | 500 | NEG | 200.5E+3 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| PARAMETROS | DESCARGA KALTOCAN | BCA SN (B) KALTOCAN | RIO ZAHUAPAN A AB BCA SN (B) KALTOCAN | RIO ZAHUAPAN A ARR BCA ZACATEPEC | BCA ZACATEPEC | MANANTIALES SN UICINICIO | RIO ZAHUAPAN A ARR DESC PTA TRAT APIZACO B |
|--------------------------------|----------------------|------------------------|--|--|------------------|-----------------------------|--|
| CONDUCTIVIDAD (M.mnos) | 715.00 | 575 | 480 | 450 | 280 | 360 | 210 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.50 | 7.5 | 8.1 | 7.7 | 7.75 | 7.95 | 7.75 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/18 | 21/17 | 16 | 21/20 | 21/18 | 21/20 | 15 |
| S.A.M. (mg/L) | 18.00 | 3.2 | | 5.3 | 0.244 | 0.1365 | 0.314 |
| SOL. SEDIMENTABLES M/L | 0.90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.05 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 570.00 | 611 | 398 | 753 | 845 | 335 | 967 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 100.00 | 280 | | 280 | 337.5 | 5 | 415 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 466.00 | 426 | | 477 | 507.5 | 330 | 552 |
| ACIDEZ TOTAL(mg CaCO3/L) | 11.00 | 59.4 | 30.8 | | 26 | 32 | 26.4 |
| ALC. TOTAL(mg CaCO3/L) | 600.60 | 171.6 | 325.6 | | 290 | 206 | 145.2 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 4.97 | 4.73 | 2.37 | 2.87 | 1.835 | 0.825 | 0.9315 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 4.06 | 2.615 | 1.73 | 1.11 | 0.34 | 0.265 | 0.57 |
| SULFATOS (mg/L) | 76.00 | 26.6 | | 14.4 | 16 | 8.07 | 15.4 |
| FIERRO (mg/L) | 2.00 | 3.5 | | 2.13 | 3.65 | 0.76 | 4.57 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXVALENTE (mg/L) | ND | ND | | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | 3.40 | 8.1 | | 4.8 | 1.045 | 1.46 | 1.985 |
| NITROGENO AMONIACAL (mg/L) | 1.70 | 6.5 | | | 0.15 | 0.49 | 0.555 |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | 1.90 | 1.6 | | 0.7 | 0.895 | 0.99 | 1.43 |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 19.05 | 4.92 | 3 | 14.2 | 3.6 | 6.1 | 24 |
| CLORUROS (mg/L) | 33.80 | 2.4 | | 8 | 8 | 10.35 | 8 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 252.70 | 290 | 51.98 | 51.9 | 38.9 | 9.52 | 45.38 |
| D.Q.O. (mg/L) | 376.50 | 528 | 176 | 63 | 49.7 | 13.3 | 115.3 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 0.85 | 0.5 | 6.93 | 4.2 | 4.42 | 6.3 | 5.87 |
| COUF. TOTALES UFC/100 ML | 41.0E+6 | 100.1E+6 | 2.0E+6 | <1.E3 | 2.0E+6 | 830.0E+3 | 400.0E+3 |
| COUF. FECALES UFC/100 ML | 21.0E+6 | 90.1E+6 | 1.0E+6 | <1.E3 | 1.0E+6 | 156.5E+3 | 63.5E+3 |

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | DESAGUAM PLANTA DE TRAT APIZACO B | DESAGUAM PLANTA DE TRAT APIZACO B | ARROYO ATLHUETZIA | RIO ZAHUAPAN 3 APR ARROYO HUACALTZINCO | ARROYO HUACALTZINCO | DRENAJE RIEGO ATLHUETZIA | RIO ZAHUAPAN 4 APR DERR ATLHUETZIA | R ZAHUAPAN A APR PRESA METECATLAN |
|--------------------------------|---|---|----------------------|---|------------------------|-----------------------------|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (W mhos) | 585 | 315 | 1035 | 580 | 700 | 533 | 580 | 430 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.6 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.5 | 7.4 | 7.6 | 7.3 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/21.5 | 21/21 | 21 | 17 | 21/18.5 | 21/18 | 17 | 21/14 |
| S.A.A.M (mg/L) | 0.5655 | 4.199 | 1.194 | 1.38 | 2.725 | 0.3 | | 0.13 |
| SOL. SEDIMENTABLES M/L | 0.05 | 0.9 | 0.05 | 0 | 0.05 | 0 | 0.3 | 0 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 1710 | 315 | 634 | 396 | 583 | 433 | 410 | 1238 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 72.5 | 200 | 92.5 | 104 | 115 | 156 | 95 | 645 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 1637.5 | 675 | 525.5 | 291 | 468 | 277 | 315 | 593 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 5.995 | 9.39 | 2.375 | 2.65 | 8.07 | 1.21 | 2.51 | 1.3 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 4.03 | 6.31 | 1.36 | 2.2 | 6.26 | 0.9 | 2.19 | 0.33 |
| SULFATOS (mg/L) | 31.1 | 48.9 | 10.3 | | 24.1 | 14.25 | | 16.4 |
| FERRO (mg/L) | 0.9 | 0.88 | 0.27 | | 4.47 | 0.35 | | 3.47 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | ND | | ND | ND | | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | ND | | ND | ND | | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | 17.97 | 34.69 | 5.76 | | | | | |
| NITROGENO AMONIAICAL (mg/L) | 10.07 | 30.07 | 4.49 | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | 1.88 | 4.88 | 1.27 | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | | | 0.17 | | | 0.21 | |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 10.6 | 21.8 | 11.7 | | 9.4 | 5.1 | | 22.3 |
| CLORUROS (mg/L) | 32.25 | 17.7 | 2.84 | 24.3 | 31.5 | 47 | 25.3 | 5.4 |
| D.B.D. AL 5º DIA (mg/L) | 99 | 251.85 | 52.8 | 74.7 | 274 | 724 | 887 | 477 |
| D.Q.O. (mg/L) | 197.5 | 427.1 | 87.4 | 98.8 | 486.4 | 83 | 117.6 | 50.3 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 5.405 | 0.496 | 2.845 | 3.28 | 2.65 | 3.4 | 2.75 | 6.5 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | 2.9E+6 | 470.0E+3 | 40.0E+3 | | 2.9E+6 | 10.0E+3 | | 400.0E+3 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | 2.0E+6 | 380.0E+3 | 30.0E+3 | 3.4E+6 | 100.0E+3 | 10.0E+3 | 120.0E+6 | 80.0E+3 |

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | FOSA SEPTICA ATLIHUETZA | RIO ZAHUAPAN A ARR DESC ATLIHUETZA | RIO ZAHUAPAN A ARR CASCADA ATLIHUETZA | DESCARGA HOTEL MISION | RIO OCOYOXCO TLATLAHUQUI- TEPEC | RIO ZAHUAPAN A ARR MANANT P. HUERFANO | MANANTIALES PALO HUERFANO | ARROYO EXCED RIEGO MANANTIAL PALO HUERFANO |
|--------------------------------|----------------------------|---|--|--------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|--|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 1 005.00 | 580.00 | 540 | 450 | 390 | 367.5 | 403.33 | 416.50 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.45 | 7.50 | 7.7 | 7.8 | 7.65 | 7.85 | 7.97 | 7.70 |
| TEMPERATURA (°C) | 20/21.5 | 21.00 | 21 | 20/21.5 | 20/19.5 | 18 | 20/19.3 | 20/17.5 |
| S.A.A.M. (mg/L) | 12.90 | 0.90 | 0.558 | 4.45 | 0.1 | | 0.40 | 0.55 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 0.75 | 0.00 | 0 | 0.35 | 0 | 0.1 | 0.07 | 0.00 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 959.00 | 375.00 | 364 | 622 | 557 | 342 | 264.67 | 456.50 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 145.00 | 75.00 | 60 | 77.5 | 207.5 | 223 | 110.33 | 82.50 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 714.00 | 301.00 | 324 | 544.5 | 349.5 | 119 | 154.33 | 374.00 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.39 | 2.55 | 2.64 | 7.605 | 2.131 | 0.32 | 0.18 | 0.80 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 1.23 | 2.31 | 2.33 | 1.74 | 1.215 | ND | 0.15 | 0.35 |
| SULFATOS (mg/L) | 32.90 | | | 12.3 | 11.4 | ND | 10.30 | 13.40 |
| FIERRO (mg/L) | 0.58 | | | 0.55 | 4.4 | ND | 1.15 | 1.22 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | | 6.6 | 1.28 | | | |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | | | | 4.1 | 0.3 | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | | 2.5 | 0.98 | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | 0.12 | 0.3 | | 0.41 | 1.885 | 0.26 | |
| NITRITOS (mg/L) | 0.14 | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 37.10 | | | 7.7 | 4.6 | | 6.00 | 5.40 |
| CLORUROS (mg/L) | 46.50 | 28.10 | 28.1 | 68.3 | 67 | 5.8 | 8.50 | 16.55 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 280.75 | 92.80 | 75 | 286 | 68.1 | 73.83 | 9.76 | 20.25 |
| D.Q.O. (mg/L) | 941.00 | 98.00 | 98 | 415.5 | 89.6 | 109.7 | 17.00 | 23.60 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 2.30 | 2.75 | 2.56 | 3.13 | 6.4 | 5.2 | 5.91 | 6.06 |
| COUF TOTALES UFC/100 ML | 10.0E+3 | | | 210.0E+3 | 200.0E+3 | | 10.0E+3 | 10.0E+3 |
| COUF FECALES UFC/100 ML | 10.0E+3 | 15.0E+3 | 17.0E+3 | 10.0E+3 | 62.0E+3 | 813.0E+3 | 10.0E+3 | 57E+3 |

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | RIO ZAHUAPAN AGUAS ABAJO EXCEDENCIAS | RIO ZAHUAPAN AGUAS ARRIBA RIO ATENCO | RIO ATENCO | DEPRACION BELEN | DOS ARROYOS | RIO ZAHUAPAN A ABAJO DOS ARROYOS | RIO ZAHUAPAN A ARR MANAT BELEN | MANANTIALES BELEN |
|-------------------------------|--|--|------------|--------------------|-------------|--|---|----------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 640 | 620 | 543.33 | 550.00 | 303.33 | 490.00 | 490.00 | 416.67 |
| PH (UNIDADES DE PH) | 7.5 | 7.4 | 7.77 | 8.05 | 7.83 | 7.60 | 7.95 | 7.90 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/20 | 21/20 | 21 / 17.3 | 18.50 | 21 / 17.3 | 18.00 | 21.00 | 21 / 16.3 |
| S A A M (mg/L) | 0.22 | 0.21 | 1.29 | | 0.71 | | 0.48 | 0.35 |
| SOL SEDIMENTABLES ML/L | 0 | 0 | 0.30 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 1143 | 1150 | 484.67 | 372.00 | 225.33 | 240.00 | 347.00 | 333.33 |
| SOL SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 523 | 535 | 203.47 | 139.50 | 23.33 | 98.00 | 70.00 | 51.67 |
| SOL DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 620 | 615 | 281.20 | 232.50 | 202.00 | 152.00 | 277.00 | 281.67 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 0.95 | 0.83 | 1.82 | 0.40 | 0.84 | 0.67 | 1.33 | 1.17 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 0.22 | 0.23 | 1.45 | ND | 0.63 | 0.66 | 1.18 | 0.83 |
| SULFATOS (mg/L) | 17.1 | 16.5 | 59.40 | | 13.00 | | | 7.60 |
| PIERRO (mg/L) | 3.3 | 3.1 | 3.97 | | 0.21 | | | 0.38 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | ND | | ND | | | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | ND | | ND | | | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | 12.20 | | | | | |
| NITROGENO AMONACAL (mg/L) | | | 9.30 | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | 2.90 | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | | | 1.23 | 0.80 | 0.87 | 0.42 | 1.04 |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 19.6 | 18.3 | 1.60 | | ND | | | ND |
| CLORUROS (mg/L) | 5.8 | 6.3 | 72.77 | 22.30 | 25.50 | 15.55 | 22.95 | 32.37 |
| D B O AL 5º DIA (mg/L) | 74.2 | 71.83 | 26.98 | 42.47 | 17.73 | 40.30 | 40.65 | 9.33 |
| D Q O (mg/L) | 98.9 | 155.7 | 49.20 | 68.80 | 33.40 | 55.35 | 60.40 | 53.67 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 5.8 | 5.9 | 5.25 | 6.88 | 6.23 | 5.99 | 6.70 | 5.70 |
| COLF. TOTALES UFC/100 ML | 5 E4 | 3 E4 | 2.0E+6 | | 2.0E+6 | | | 1.2E+6 |
| COLF. FECALES UFC/100 ML | 4 E4 | 3 E4 | 2.0E+6 | 2.0E+6 | 934.9E+3 | 600.0E+3 | 650.5E+3 | 630.4E+3 |

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | APPOYO METLAHUAPAN | MANANTIALES EL MOLINITO | APPOYO SIN NOMBRE | RIO ZAHUAPAN A ARR DESC CONTLA | DESC CONTLA | DESC LAG-OKIDACION SIN PABLO APETATITLAN | BCA EL CRISTO |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------|--|---------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 180.00 | 320 | 390.00 | 410.00 | 525.00 | 570.00 | 390.00 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.70 | 7.35 | 7.25 | 7.70 | 7.35 | 7.30 | 7.20 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/16 | 21/16.5 | 21/16.5 | 17.00 | 21/17.5 | 21/19 | 21/18.5 |
| S.A.A.M (mg/L) | 0.40 | 0.173 | 0.32 | | 10.48 | 2.07 | 0.16 |
| SOL SEDIMENTABLES ML/L | 0.00 | 0.5 | 0.00 | 0.10 | 1.25 | 0.10 | 0.05 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 173.00 | 243 | 253.00 | 378.00 | 1,505.50 | 585.00 | 316.00 |
| SOL SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 32.50 | 50 | 27.50 | 13.60 | 926.50 | 271.65 | 28.75 |
| SOL DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 140.50 | 193 | 225.50 | 364.40 | 579.00 | 313.35 | 287.25 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 0.85 | 0.295 | 0.33 | | 7.98 | 3.74 | 0.16 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 0.43 | 0.44 | 0.27 | | 4.19 | 3.15 | 0.09 |
| SULFATOS (mg/L) | 10.70 | 5.4 | 10.00 | | 10.50 | 8.60 | 15.10 |
| hierro (mg/L) | NO | NO | NO | | 0.47 | 0.35 | 2.70 |
| MANGANESO (mg/L) | NO | NO | NO | | NO | NO | NO |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | NO | NO | NO | | NO | NO | NO |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | | | | 15.50 | 3.72 |
| NITROGENO AMONIACAL (mg/L) | | | | | | 10.40 | 0.29 |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | | | | 5.10 | 3.43 |
| NITRATOS (mg/L) | | | | 0.40 | | | |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | NO | 2.6 | 15.70 | | 20.50 | 9.80 | 10.00 |
| CLORUROS (mg/L) | 26.50 | 10.35 | 8.45 | | 31.60 | 23.80 | 9.50 |
| D.B.O AL 5° DIA (mg/L) | 12.06 | 6.5 | 10.93 | 39.26 | 234.75 | 341.78 | 5.79 |
| D.Q.O (mg/L) | 50.80 | 23.1 | 14.80 | 50.00 | 473.20 | 445.00 | 36.65 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 5.51 | 3.12 | 4.75 | 4.30 | 0.00 | 0.45 | 7.65 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | 170.0E+3 | 12.7E+3 | 112.0E+3 | | 2.0E+6 | 9.8E+6 | 22.0E+3 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | 7.2E+3 | 12.1E+3 | 52.0E+3 | 10.0E+3 | 2.0E+6 | 6.5E+6 | 18.5E+3 |

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | RIO DE LOS NEGROS | RIO ZAHUAP A AB RIO DE LOS NEGROS | RIO ZAHUAP A ARR DESCARGAS TLAXCALA | DESCARGA CRUDA 1 TLAXCALA | DESCARGA CRUDA 2 TLAXCALA | DESCARGA CRUDA 3 TLAXCALA | DESCARGA CRUDA 4 TLAXCALA |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 715 | 400 | 390 | 826 | 815 | 870 | 825 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.65 | 9.8 | 8.2 | 7.45 | 7.8 | 7 | 8.4 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/19.5 | 17 | 16 | 21/22 | 21/18 | 21/18.5 | 21/18.5 |
| S.A.M. (mg/L) | 4.1 | | | 14 | 12.9 | 11.4 | 1.6 |
| SOL SEDIMENTABLES ML/L | 0.6 | 0.1 | 8 | 3.55 | 0.4 | 3 | 3.8 |
| SOLIDOS TOTALES (mg/L) | 458 | 398 | 278 | 998 | 850 | 980 | 1438 |
| SOL SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 215 | 102 | 10.52 | 510 | 181.65 | 582.85 | 445 |
| SOL DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 243 | 296 | 267.4 | 488 | 488.35 | 417.15 | 993 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.97 | | | 1.75 | 16.47 | 8.47 | 5.305 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 1.975 | | | 1.38 | 14.26 | 6.51 | 2.505 |
| SULFATOS (mg/L) | 9.4 | | | 37.7 | 44.9 | 68.8 | 16.6 |
| FERRO (mg/L) | 0.23 | | | 0.55 | 1.1 | 5.1 | 2.6 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | 22.85 | | | | | | |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | 20.4 | | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | 2.45 | | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | 0.24 | | | | | |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 5.4 | | | 12.1 | 6.9 | 152.7 | 48.2 |
| CLORUROS (mg/L) | 33.05 | 14.1 | 11.3 | 51.55 | 45.8 | 55.4 | 80.1 |
| D B O AL 5º DIA (mg/L) | 136.12 | 43.68 | 40 | 870 | 300.54 | 685.75 | 614.74 |
| D Q O (mg/L) | 280 | 80 | 60 | 1200 | 1035 | 1125 | 2105 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 2.82 | 16.54 | 4.3 | 0 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| COLIF TOTALES UFC/100 ML | 2.0E+6 | | | 21.0E+6 | 200.0E+6 | 131.0E+6 | 180.0E+6 |
| COLIF FECALES UFC/100 ML | 2.0E+6 | | 1.0E+3 | 19.0E+6 | 80.0E+6 | 121.0E+6 | 180.0E+6 |

| PARAMETROS | RIO ZAHUAPAN A AB DESCARGA CRUDA TLAXCALA | RIO ZAHUAPAN A ARR BARRANCA TOTOLAC | BARRANCA TOTOLAC | DESC 01 ECCAET TLAXCALA | DESC 02 ECCAET TLAXCALA | DESC 03 ECCAET TLAXCALA |
|---------------------------------|---|---|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 893 | 550 | 560 | 990 | 935 | 895 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.1 | 7.6 | 7.75 | 7.4 | 7.4 | 8.05 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/21 | 21 | 22/15.5 | 21/19.5 | 21/18 | 21/20.5 |
| S.A.M (mg/L) | 3.4 | 3.4 | ND | 14.9 | 12.3 | 0.8 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 0 | 0.25 | 4.55 | 4.25 | 1.4 | 0.1 |
| SOLIDOS TOTALES (mg/L) | 937 | 624 | 1372 | 1110 | 929 | 732 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 431 | 241.15 | 705 | 396.9 | 150.7 | 130 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 506 | 382.85 | 667 | 713.1 | 778.3 | 602 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.14 | 0.92 | 0.66 | 9.4 | 5.615 | 8.99 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 0.83 | 0.6 | 0.65 | 9.71 | 4.38 | 4.39 |
| SULFATOS (mg/L) | 17.7 | 15.4 | 11.7 | 82.3 | 48.3 | 39.7 |
| FIERRO (mg/L) | 1.93 | 1.8 | 3.5 | 0.33 | 0.5 | 0.23 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | | | | |
| NITROGENO AMONIACAL (mg/L) | | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | | | | | |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 13.5 | 12.9 | 1 | 24.8 | 14.1 | 6.8 |
| CLORUROS (mg/L) | 9.6 | 9.9 | 32.6 | 38.2 | 62.95 | 79.25 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 63.98 | 63.58 | 818.78 | 511.8 | 573 | 246 |
| D.Q.O. (mg/L) | 89.7 | 97.7 | 1340 | 830 | 750 | 380 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 2.7 | 2.5 | 3.5 | 0 | 0 | 4.31 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | 17.E6 | 1.6E+6 | 150.0E+9 | 125.0E+6 | 77.0E+6 | 1.0E+6 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | 23.E5 | 20.0E+3 | 100.0E+9 | 120.0E+6 | 71.0E+6 | 1.0E+6 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| PARAMETROS | DESCARGA TOTOLAC | RIO ZAHUAPAN AGUAS ARR PRESA PANOTLA | C LATERAL DERECHO PRESA PANOTLA | C LATERAL IZQUIERDO PRESA PANOTLA | RIO ZAHUAPAN A. AB. PRESA PANOTLA |
|---------------------------------|---------------------|--|--|--|--|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 1525 | 500 | 460 | 450 | 460 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 8.05 | 7.65 | 7.9 | 7.7 | 7.8 |
| TEMPERATURA (°C) | 22/18.5 | 18 | 16 | 16 | 16 |
| S.A.A.M (mg/L) | 33.1 | 1.4 | | | |
| SOL. SEDIMENTABLES MUL | 0.85 | 0.75 | 0 | 0 | 0 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES (mg/L) | 1198 | 629 | 376 | 384 | 398 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 535 | 192.5 | 45.7 | 62.5 | 41.3 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 663 | 436.5 | 330.3 | 321.5 | 356.7 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 2.71 | 1.215 | | 1.58 | ND |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 0.62 | 1.12 | | 1.4 | ND |
| SULFATOS (mg/L) | 90.3 | 44 | | | |
| FIERRO (mg/L) | 2.08 | 2.59 | | | |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | | | |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | | | |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | 11.66 | | | |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | | 3.04 | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | 8.62 | | | |
| NITRATOS (mg/L) | | 4.85 | ND | ND | ND |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 14.7 | 5.3 | | | |
| CLORUROS (mg/L) | 295.15 | 23.7 | 22.6 | 10.4 | 21.7 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 369.6 | 188.68 | 165.63 | 180.4 | 186.75 |
| D.Q.O. (mg/L) | 495 | 305 | 213 | 270 | 270 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 0 | 2.9 | 3.58 | 3.58 | 5.17 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | 127.0E+6 | 2.0E+7 | | | |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | 120.0E+6 | 106.8E+6 | 400.0E+6 | 270.0E+6 | 200.0E+6 |
| | | | | | |
| | | | | | |

| PARAMETROS | RIO ZAHUAPAN PUENTE SAN LUCAS CUAUHTELUFAN | DESCARGA LAGUNA DE OXIDAC PANOTLA | RIO ZAHUAPAN A ARR BARRANCA MONTERREY | BARRANCA MONTERREY | RIO ZAHUAPAN AGUAS ARR RIO TOTOLAC | RIO TOTOLAC |
|---------------------------------|---|---|--|-----------------------|--|-------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 302 | 733.5 | | 1940 | 640 | 960 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.1 | 7.4 | | 7.8 | 7.6 | 7.4 |
| TEMPERATURA (°C) | 18 | 22/19.6 | 18 | 22/18 | 18 | 22/19 |
| S A A M (mg/L) | | 30.4 | | 18.6 | 1.3 | 3.8 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 3 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES (mg/L) | 492 | 825 | 546 | 858 | 1236 | 2228 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 108 | 57 | 110 | 28 | 534 | 1690 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 384 | 768 | 436 | 831 | 702 | 538 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 3.24 | 4.875 | 0.53 | 10.11 | 2.57 | 1.57 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | ND | 4.815 | 0.45 | 8.71 | 1.98 | 0 |
| SULFATOS (mg/L) | | 31.7 | | 14.9 | 33 | 22.8 |
| FIERRO (mg/L) | | 0.11 | | 3.1 | 2.67 | 3.2 |
| MANGANESO (mg/L) | | 0 | | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | | 0 | | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | | | | |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | ND | ND | 0.23 | ND | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | | 2.3 | | 1 | 4.7 | 1.5 |
| CLORUROS (mg/L) | | 40.4 | | 116.4 | 37.4 | 42.8 |
| D B O AL 5º DIA (mg/L) | 170.97 | 120.58 | 184.5 | 301.5 | 168.76 | 155.6 |
| D Q O (mg/L) | 183.3 | 571.1 | 268.5 | 556.95 | 333 | 440 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 1.3 | 0.91 | 3.85 | 1.185 | 2.1 | 2.5 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | | 11.2E+6 | | 2.0E+6 | 131.E6 | 81.E4 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | | 3.9E+6 | | 2.0E+6 | 118.E5 | 67.E4 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| PARAMETROS Y | RIO ZAHUAPAN A ARR. REPRESA EJ STA. APOLONIA | REPRESA EJIDO STA. APOLONIA | DESCARGA QUES TETLATLAHUCA 1 | DESCARGA QUES TETLATLAHUCA 2 | DESCARGA TETLATLAHUCA | RIO ZAHUAPAN A AB DESC TETLATLAHUCA | RIO ZAHUAPAN A ARR. REPRESA EJ TETLATLAHUCA |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|---|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 800 | 660 | 1000 | 1960 | 2030 | | 610 |
| PH (UNIDADES DE PH) | 7.5 | 7.02 | 6.6 | 5.8 | 7.1 | | 7.5 |
| TEMPERATURA (°C) | 21 / 19 | 19 | 21/25 | 21/21 | 21/25 | | 21 / 22 |
| S.A.A.M. (mg/L) | 8.7 | | 10.9 | 2.5 | 2.2 | | 2.3 |
| SOL. SEDIMENTABLES M/L | 0.5 | 0.1 | 24 | 4.5 | 14 | 0 | 0.5 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 596 | 578 | 1500 | 1914 | 1744 | 656 | 678 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 290 | 50 | 760 | 160 | 300 | 130 | 240 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 306 | 528 | 740 | 1754 | 1444 | 526 | 438 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.64 | 1.6 | 4.1 | 19.8 | 22.29 | 0.97 | 11.4 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 1.12 | 1.4 | 4.56 | 7.3 | 19.58 | 0.21 | 3.4 |
| SULFATOS (mg/L) | 59.7 | | 47.4 | 31.7 | 41.1 | | 47.1 |
| FIERRO (mg/L) | 6.26 | | 1.08 | 2.12 | 1.87 | | 2.3 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | | ND | ND | ND | | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | | ND | ND | ND | | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | | | | | | | |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | | | | | | | |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | | | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | ND | ND | | | | ND | ND |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 7.9 | | 175.6 | 34.9 | 44.3 | | 40.4 |
| CLORUROS (mg/L) | 30.9 | 39 | 71.3 | 318.3 | 149.6 | | 33.3 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 150.7 | 162.5 | 603 | 583.6 | 943 | 173.58 | 168.7 |
| D.Q.O. (mg/L) | 240 | | 933.3 | 1466.7 | 1066.7 | 372.4 | 302.85 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 3.7 | | 0.6 | 1.2 | 0 | 1.82 | 1.82 |
| COUF. TOTALES UFC/100 ML | 2.00E+05 | | 125 E5 | 58 E5 | 95 E6 | | 1.24E+06 |
| COUF. FECALES UFC/100 ML | 2.00E+05 | 2.00E+05 | 121 E5 | 53 E5 | 72 E6 | | 1.23E+06 |

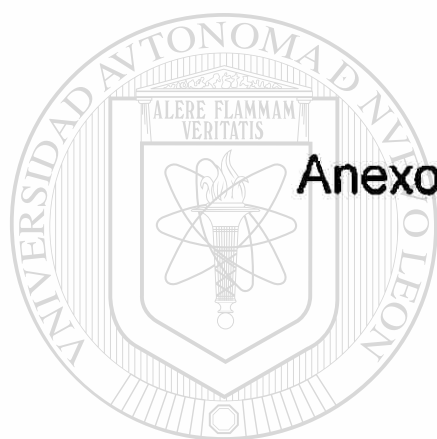
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

| PARAMETROS | REPRESA 1 EJIDO TETLATLAHUCA | REPRESA 1 EJIDO LA CONCORDIA | REP 2 EJ TETLATLAHUCA | REPR 3 EJ TETLATLAHUCA | AG AB REP 3 EJ TETLATLAHUCA | REP 2 EJ ST TOMAS LA C. |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 790 | 850 | 660 | 700 | 860 | 790 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 6.6 | 7.2 | 7.1 | 7.16 | 7.4 | 7.3 |
| TEMPERATURA (°C) | 19 | 19 | 19 | 18 | 21 | 21 |
| S A A M (mg/L) | | | | | | |
| SOL SEDIMENTABLES ML/L | 4 | 0 | 0.3 | 2 | 1.3 | 1.5 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES(mg/L) | 1076 | 806 | 834 | 802 | 894 | 4884 |
| SOL SUSPENDIDOS TOTALES(mg/L) | 340 | 30 | 30 | 390 | 290 | 260 |
| SOL DISUELTOS TOTALES(mg/L) | 736 | 576 | 804 | 412 | | |
| ACIDEZ TOTAL(mg CaCO ₃ /L) | 48 | 22.4 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| ALC TOTAL(mg CaCO ₃ /L) | 432 | 343 | 343 | 345 | 348 | 367 |
| DUREZA TOTAL (mg/L) | 268 | 223 | 216 | 223 | 223 | 218 |
| DUREZA DE CALCIO (mg/L) | 127 | 120 | 121 | 120 | 112 | 114 |
| DUREZA DE MAGNESIO (mg/L) | 141 | 103 | | | 111 | 104 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.5 | 1.8 | 0.99 | 1.08 | 1.71 | 1.8 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 1.2 | 1.12 | 0.79 | 1.06 | 1.16 | 0.4 |
| SULFATOS (mg/L) | | | | | | |
| FIERRO (mg/L) | | | | | | |
| MANGANESO (mg/L) | | | | | | |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | | | | | | |
| NITRATOS (mg/L) | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | | |
| CLORUROS (mg/L) | 38 | 40 | 47 | 38 | 37 | 88 [®] |
| D.B.O AL 5º DIA (mg/L) | 188.3 | 153.5 | 145.3 | 50.7 | 160.9 | 6.8 |
| D.Q.O (mg/L) | | | | | | |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 0.84 | 3.17 | 3.7 | 1.35 | 1.35 | 6.4 |
| COLIF TOTALES UFC/100 ML | | | | | | |
| COLIF FECALES UFC/100 ML | 2.00E+05 | 2.00E+05 | 3.E3 | 18.E6 | 5.E5 | NEG |

| PARAMETROS | AG. AB. REP. 2 ST. TOM. LA C. | A. ARR. PRESA STA. AGUEDA | LAT. DER. PR. STA AGUEDA | AG. AB. PRESA EJ. STA. AGUEDA | RIO ZAHUAPAN AG. ARR. CONFL. RIO VIEJO |
|--|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 760 | 700 | 700 | 690 | 820 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.3 | 7.1 | 7.1 | 7.2 | 8 |
| TEMPERATURA (°C) | 21 | 23 | 23 | 23 | 22 |
| S.A.M. (mg/L) | | | | | 3.6 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 2 | 0.4 | 1.4 | 0.7 | 0.1 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES (mg/L) | 718 | 644 | 648 | 648 | 498 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 260 | 440 | 200 | 170 | 20 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES (mg/L) | | | | | 478 |
| ACIDEZ TOTAL (mg CaCO ₃ /L) | 32 | 26 | 29 | 26 | |
| ALC. TOTAL (mg CaCO ₃ /L) | 348 | 350 | 350 | 360 | |
| DUREZA TOTAL (mg/L) | 219 | 243 | 227 | 221 | |
| DUREZA DE CALCIO (mg/L) | 116 | 118 | 116 | 121 | |
| DUREZA DE MAGNESIO (mg/L) | 103 | 125 | 111 | 100 | |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 1.6 | 0.9 | 1.17 | 1.1 | 1.75 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 1.19 | 0.4 | 0.94 | 1.1 | 1.69 |
| SULFATOS (mg/L) | | | | | 47.1 |
| FERRO (mg/L) | | | | | 0.98 |
| MANGANESO (mg/L) | | | | | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | | | | | ND |
| NITRATOS (mg/L) | 0.016 | ND | ND | ND | |
| NITRITOS (mg/L) | | | | | |
| CLORUROS (mg/L) | 36 | 63 | 37 | 51 | 52.3 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 157.6 | 156.1 | 30.4 | 148.7 | 119.45 |
| D.Q.O. (mg/L) | | | | | 180 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 1.28 | 3.7 | 1.48 | 2.7 | 3.9 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | | | | | 1.31E+06 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | >2 E7 | NEG | 13 E6 | >2 E7 | 1.27E+06 |

| PARAMETROS | RIO VIEJO | RIO ZAHLIAPAN A AB RIO VIEJO | RIO ZAHLIAPAN A. ARR BCA GUARDIA | BARRANCA GUARDIA | BCA CORAZON DE JESUS | DRENAJE DE RIEGO BCA SIN NOMBRE |
|---------------------------------|-----------|------------------------------------|---|---------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 590 | 640 | 560 | 850 | 655 | 580 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.4 | 7.6 | 7.8 | 7.6 | 7.45 | 8 |
| TEMPERATURA (°C) | 21/20 | 20 | 20 | 22 / 20 | 22 / 20.5 | 22 / 19.5 |
| S.A.A.M (mg/L) | 2.7 | | | 8.1 | 22.6 | 1.1 |
| SOL. SEDIMENTABLES ML/L | 2 | 0 | 0.1 | 0.15 | 2.75 | 0.15 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES (mg/L) | 600 | 530 | 432 | 533 | 803 | 444 |
| SOL. SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 460 | 175 | 140 | 212.5 | 375 | 85 |
| SOL. DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 140 | 355 | 292 | 320.5 | 428 | 359 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 7.31 | | | 5.3 | 10.14 | 0.75 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 2.63 | | | 4.96 | 5.87 | 0.73 |
| SULFATOS (mg/L) | 34.8 | | | 38.9 | 59.4 | 15.71 |
| FERRO (mg/L) | 0.18 | | | 3.12 | 2.55 | 2.91 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | | | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | - | | | 40.67 | 29.3 | - |
| NITROGENO AMONICAL (mg/L) | - | | | 25.97 | 15.48 | - |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | - | | | 14.5 | 13.8 | - |
| NITRATOS (mg/L) | - | | | - | - | - |
| NITRITOS (mg/L) | - | | | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 2.8 | | | 9.1 | 21.8 | 10 |
| CLORUROS (mg/L) | 42.8 | 41.7 | 39 | 38.2 | 48.15 | 22.95 |
| D.B.O. AL 5º DIA (mg/L) | 58.3 | 102.5 | 92.8 | 87 | 194.5 | 136.2 |
| D.Q.O. (mg/L) | 200 | 180 | 160 | 330 | 456.65 | 180 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 0.5 | 4.72 | 3.3 | 0 | 0 | 3.23 |
| COLIF. TOTALES UFC/100 ML | >2E5 | | | 9.70E+05 | 8.10E+05 | 9.30E+05 |
| COLIF. FECALES UFC/100 ML | >2E5 | | | 8.90E+05 | 7.80E+05 | 7.70E+05 |

| PARAMETROS | RIO ZAHUAPAN A ARR DESC SAN BUENAVENTURA | DESCARGA MUNICIPAL SN BUENAVENTURA | DESCARGA CORREDOR IND XICOHTZINCO | RIO ZAHUAPAN A ARR CONFLUEN- CIA RIO ATOYAC |
|--------------------------------|---|--|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (M mhos) | 640 | 530 | 6100 | 695 |
| pH (UNIDADES DE pH) | 7.6 | 7.3 | 5.4 | 7.85 |
| TEMPERATURA (°C) | 20 | 21/17 | 22 / 20.5 | 22 / 21.5 |
| S A A M (mg/L) | 0.44 | 7.71 | 2.5 | 3.38 |
| SOL SEDIMENTABLES ML/L | 0.05 | 2 | 1.3 | 0.25 |
| SOLIDOS TOTALES TOTALES (mg/L) | 518 | 658 | 3125 | 444 |
| SOL SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L) | 60 | 520 | 82.5 | 67.5 |
| SOL DISUELTOS TOTALES (mg/L) | 458 | 138 | 3042.5 | 376.5 |
| FOSFATOS TOTALES (mg/L) | 7 | 4.46 | 2.75 | 3.45 |
| ORTOFOSFATOS (mg/L) | 5 | 3.56 | 1.94 | 1.94 |
| SULFATOS (mg/L) | ND | 56.3 | 232.6 | 41.14 |
| FIERRO (mg/L) | | 0.82 | 0.88 | 3.4 |
| MANGANESO (mg/L) | ND | ND | ND | ND |
| CROMO HEXAVALENTE (mg/L) | ND | ND | ND | ND |
| NITROGENO TOTAL (mg/L) | 7.5 | 18.23 | - | - |
| NITROGENO AMONIA CAL (mg/L) | 6 | 2.35 | - | - |
| NITROGENO ORGANICO (mg/L) | 1.5 | 15.88 | - | - |
| NITRATOS (mg/L) | 1.45 | - | - | - |
| NITRITOS (mg/L) | 0.1 | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES (mg/L) | 4.8 | - | 16.1 | 15.9 |
| CLORUROS (mg/L) | 35.2 | 33.3 | 62.45 | 40.45 |
| D B O AL 5º DIA (mg/L) | 101.3 | 442 | 49.45 | 92.36 |
| D O O (mg/L) | 1.40 | 800 | 320 | 120 |
| OXIGENO DISUELTO (mg/L) | 3.71 | 0 | 0.2 | 1.88 |
| COLIF TOTALES UFC/100 ML | 4.30E+06 | - | SC | 2.00E+06 |
| COLIF FECALES UFC/100 ML | 1.10E+06 | - | SC | 1.97E+06 |
| | | | | |
| | | | | |



Anexo 8. NOM-001-ECOL-1996

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

(Publicada en el D.O.F. de fecha 6 de enero de 1997)

Aclaración: 30 de abril de 1997

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 bis fracciones I, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 85, 86 fracciones I, III y VII, 92 fracciones II y IV y 119 de la Ley de Aguas Nacionales; 5o. fracciones VIII y XV, 8o. fracciones II y VII, 36, 37, 117, 118 fracción II, 119 fracción I inciso a), 123, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41 45, 46 fracción II, y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, he tenido a bien expedir la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; y

CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 1996, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Av. Revolución 1425, mezanina planta alta, Colonia Tlacopac, Código Postal 01040, de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del Ordenamiento Legal citado, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 1996.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de octubre de 1996, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles

de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.

INDICE

1. Objetivo y campo de aplicación

2. Referencias

3. Definiciones

4. Especificaciones

5. Métodos de prueba

6. Verificación

7. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales

8. Bibliografía

9. Observancia de esta Norma

10. Transitorio

11. Anexo I

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

2. REFERENCIAS

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

- Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.**
- Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción Soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.**
- Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de diciembre de 1973.**
- Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.**
- Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.**
- Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.**
- Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno - Método de incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.**
- Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de octubre de 1981.**
- Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.**
- Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.**
- Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua - Método espectrofotométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1982.**

Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de septiembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales- Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.

Norma Mexicana NMX-AA-099 - Determinación de nitrógeno de nitritos- Agua potable, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 1987.

3. DEFINICIONES

3.1 Aguas costeras

Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

3.2 Aguas nacionales

Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

3.3 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.4 Aguas pluviales

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

3.5 Bienes nacionales

Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

3.6 Carga contaminante

Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

3.7 Condiciones particulares de descarga

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

3.8 Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno⁵, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

3.9 Contaminantes patógenos y parasitarios

Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que

corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

3.10 Cuerpo receptor

Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

3.11 Descarga

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.12 Embalse artificial

Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.13 Embalse natural

Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.14 Estuario

Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

3.15 Humedales naturales

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos originadas por la descarga natural de acuíferos.

3.16 Limite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

3.17 Metales pesados y cianuros

Son aquellos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

TABLA 2 **ERSID**
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS

| PARAMETROS | RIOS | | | | | | AGUAS COSTERAS | | | | | | SUELO | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| | Uso en riego agrícola (A) | | Uso público urbano (B) | | Protección de vida acuática (C) | | Uso en riego agrícola (B) | | Uso público urbano (C) | | Explotación pesquera, navegación y otros usos (A) | | Recreación (B) | | ESTUARIOS (B) | | Uso en riego agrícola (A) | | INDUSTRIALES MUNICIPALES (B) | |
| | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. | P.M. | P.D. |
| Temperatura °C (1) | N.A. | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | N.A. | N.A. | 40 | 40 |
| Grasas y Aceites (2) | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 25 |
| Materia Flotante (3) | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le | au- sen- le |
| Sólidos Sedimentables (ml/l) | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | N.A. | N.A. | 1 | 2 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 150 | 200 | 75 | 125 | 40 | 60 | 75 | 125 | 40 | 60 | 100 | 175 | 75 | 125 | 75 | 125 | N.A. | N.A. | 75 | 125 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ | 150 | 200 | 75 | 150 | 30 | 60 | 75 | 150 | 30 | 60 | 100 | 200 | 75 | 150 | 75 | 150 | N.A. | N.A. | 75 | 150 |
| Nitrógeno Total | 40 | 60 | 40 | 60 | 15 | 25 | 40 | 60 | 15 | 25 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | 15 | 25 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| Fósforo Total | 20 | 30 | 20 | 30 | 5 | 10 | 20 | 30 | 5 | 10 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | 5 | 10 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006

3.18 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.19 Muestra simple.- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t)$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples " i ", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Q_t = Q_i hasta Q_n , litros por segundo

3.20 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

3.21 Promedio diario (P.D.)

Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

3.22 Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que

TABLA 3

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS

| PARAMETROS (*) | RIOS | | | | | | EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES | | | | | | AGUAS COSTERAS | | | | | | SUELO | | | |
|-------------------|---------------------------|------|------------------------|------|---------------------------------|------|-----------------------------------|------|------------------------|------|---|------|----------------|------|---------------|------|---------------------------|------|-------|-------------------------|-------|------|
| | Uso en riego agricola (A) | | Uso publico urbano (B) | | Proteccion de vida acuatica (C) | | Uso en riego agricola (B) | | Uso publico urbano (C) | | Explotacion pesquera, navegacion y otros usos (A) | | Recreacion (B) | | ESTUARIOS (B) | | Uso en riego agricola (A) | | | HUMEDALES NATURALES (B) | | |
| | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D | P.M | P.D |
| Arsenico | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| Cadmio | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.05 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| Cinuro | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 |
| Cobre | 4.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4 | 6.0 | 4 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 |
| Cromo | 1 | 1.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 1 | 1.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 1 | 1.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 |
| Mercurio | 0.01 | 0.02 | 0.005 | 0.01 | 0.005 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.005 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.005 | 0.01 | 0.005 | 0.01 | 0.005 | 0.01 |
| Niquel | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| Piomo | 0.5 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 1 | 0.2 | 0.4 | 5 | 10 | 0.2 | 0.4 | 5 | 10 |
| Zinc | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 |

(*) Medidos de manera total

P D = Promedio Diario P M = Promedio Mensual N A = No es aplicable (A), (B) y (C) Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario),

3.23 Riego no restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras;

3.24 Riego restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas;

3.25 Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar;

3.26 Suelo

Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

3.27 Tratamiento convencional

Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

3.28 Uso en riego agrícola

La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

3.29 Uso público urbano

La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización. La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto.

El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

El límite permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

4.4. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno₅ (DBO₅) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

T A B L A 4

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DESCARGAS MUNICIPALES

| FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE: | RANGO DE POBLACIÓN |
|---|-------------------------------|
| 1 de enero de 2000 | mayor de 50,000 habitantes |
| 1 de enero de 2005 | de 20,001 a 50,000 habitantes |
| 1 de enero de 2010 | de 2,501 a 20,000 habitantes |

TABLA 5

DESCARGAS NO MUNICIPALES

| FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE | CARGA CONTAMINANTE | |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO 5 (v/d) | SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (v/d) |
| 1 de enero de 2000 | mayor de 3.0 | mayor de 3.0* |
| 1 de enero de 2005 | de 1.2 a 3.0 | de 1.2 a 3.0 |
| 1 de enero de 2010 | menor de 1.2 | menor de 1.2 |

4.6 Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

4.7. Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen los límites máximos permisibles de esta norma, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en las fechas establecidas en las Tablas 6 y 7.

Lo anterior, sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de Derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.

T A B L A 6**DESCARGAS MUNICIPALES**

| RANGO DE POBLACIÓN | FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES |
|-------------------------------|---|
| mayor de 50,000 habitantes | 30 de junio de 1997 |
| de 20,001 a 50,000 habitantes | 31 de diciembre de 1998 |
| de 2,501 a 20,000 habitantes | 31 de diciembre de 1999 |

T A B L A 7**CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES**

| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 Y/ O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día) | FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES |
|---|---|
| mayor de 3.0 | 30 de junio de 1997 |
| de 1.2 a 3.0 | 31 de diciembre de 1998 |
| menor de 1.2 | 31 de diciembre de 1999 |

4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales.

En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un periodo de tres años posteriores a su realización.

T A B L A 8

| RANGO DE POBLACIÓN | FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS | FRECUENCIA DE REPORTE |
|-------------------------------|--|------------------------------|
| mayor de 50,000 habitantes | MENSUAL | TRIMESTRAL |
| de 20,001 a 50,000 habitantes | TRIMESTRAL | SEMESTRAL |
| de 2,501 a 20,000 habitantes | SEMESTRAL | ANUAL |

T A B L A 9

| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 (v/d) | SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (v/d) | FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS | FRECUENCIA DE REPORTE |
|--|--|--|------------------------------|
| mayor de 3.0 | mayor de 3.0 | MENSUAL | TRIMESTRAL |
| de 1.2 a 3.0 | de 1.2 a 3.0 | TRIMESTRAL | SEMESTRAL |
| menor de 1.2 | menor de 1.2 | SEMESTRAL | ANUAL |

4.9 El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que se dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

4.10 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

4.11 Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal excedente. El

responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua el caudal derivado.

4.12 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

5. MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares.

Para la determinación de huevos de helminto se deberán aplicar las técnicas de análisis y muestreo que se presentan en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

6. VERIFICACIÓN

La Comisión Nacional del Agua llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica o aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana.

7. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

7.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Jacqueline García García

Candidata para el grado de Maestra en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental.

Tesis: **EVALUACION Y MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ZAHUAPAN (FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA SU RECUPERACION)**

Campo de Estudio: Ingeniería Ecológica con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Biografía:

Datos Personales: Nacida en Tlaxcala, Tlax., el 9 de septiembre de 1972, hija de Medardo García Cabañas y María de la Luz García Aguila.

Educación:

Egresada de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, en 1994 con el grado de Ingeniero Ecológico.

Título de tesis: Manejo Integral de Residuos Biológico Infecciosos en el HGZ No. 1 IMSS, Tlaxcala.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Experiencia Profesional

Ingeniero de Proyectos en la empresa CISP, S. A. de C. V. de la ciudad de Puebla.

Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado de Puebla, Escuela de Ingeniería Ecológica

