

1177  
1  
2aj



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**



**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**EVALUACION PRELIMINAR DE LA  
CONTAMINACION POR SUSTANCIAS  
TOXICAS EN LA PRESA TUXPANGO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERIA**

**( AMBIENTAL )**

P R E S E N T A

**ALEJANDRA ALVAREZ VERONA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, 1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

**EVALUACION PRELIMINAR DE LA  
CONTAMINACION POR SUSTANCIAS  
TOXICAS EN LA PRESA TUXPANGO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERIA  
(AMBIENTAL)

P R E S E N T A

**ALEJANDRA ALVAREZ VERONA.**

MEXICO, 1994.

## **APROBADO POR EL JURADO**

**Presidente :** Dr. Jorge Aguirre Martínez

**Vocal:** Dr. Pedro Martínez Pereda

**Secretario:** Dra. Georgina Fernández Villagomez

**Suplente:** M en I. Ana Elisa Silva Martínez

**Suplente:** M en I. Jorge Luis de Victorica Almeida

EL PRESENTE TRABAJO FUE REALIZADO BAJO LA DIRECCION DEL DR. PEDRO MARTINEZ PEREDA, Y LA ASESORIA DEL DR. JORGE AGUIRRE MARTINEZ Y LA DRA. GEORGINA FERNANDEZ VILLAGOMEZ.

EL PRESENTE TRABAJO FUE REALIZADO GRACIAS AL APOYO ECONOMICO Y TECNICO DEL LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA Y BIOINGENIERIA DEL CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN.

## AGRADECIMIENTOS

Hace algún tiempo, al terminar el trabajo de licenciatura, imaginé que de ahí en adelante la vida profesional sería como navegar con viento en popa, con una gran independencia. ¡Nada más equivocado y vanidoso que eso!; pero pronto la vida se encargó de sacarme de mi equivocación.

Ahora sé que cuanto más se avanza más ayuda se requiere, y que el hecho de que haya podido llegar a este momento es producto del esfuerzo de muchísimas personas que han cooperado conmigo (en ocasiones aun en contra de mí voluntad) en diferentes etapas, en diferentes aspectos, en diferentes momentos. A todas ellas mi agradecimiento sincero, en especial a

Los Doctores Pedro Martínez Pereda, Jorge Aguirre Martínez y Georgina Fernández V. por su paciente y tenaz guía.

Al M en C. Vicente López Mercado, por todo lo que me ha brindado.

Al M en C. Francisco Javier Avelar, por todo el entusiasmo que me ha transmitido y por su dedicada y desinteresada ayuda.

Al QBP Joel Alba Flores por su amistad y trabajo.

A mis compañeras de maestría (Gabriela y Rosalina), de SEDUE (Miguel Angel, Jesús, Sergio y Araceli) y a todos los miembros del laboratorio 16.

A mis padres y hermanos, por todo...

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	5
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	8
1.3 OBJETIVOS .....	11
1.3.1 Objetivos específicos .....	11
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	13
1.4.1 ALCANCES .....	13
1.4.2 LIMITACIONES .....	14
<b>2. SUSTANCIAS TÓXICAS .....</b>	<b>15</b>
2.1 DEFINICIÓN .....	18
2.2 PROBLEMÁTICA DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS .....	20
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS .....	24
2.3.1 SUSTANCIAS TÓXICAS ORGÁNICAS .....	24
2.3.2 SUSTANCIAS TÓXICAS INORGÁNICAS .....	40
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO .....</b>	<b>46</b>
3.1 LOCALIZACIÓN .....	48
3.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA .....	52
3.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS .....	52
3.2.1.1 Provincia de la Sierra Madre Oriental .....	52
3.2.1.2 Provincia del Eje Volcánico .....	53
3.2.1.3 Provincia de la Llanura Costera del Golfo .....	54
3.2.2 TIPO DE ROCAS .....	55
3.2.3 ACTIVIDAD SÍSMICA .....	55
3.2.4 TIPOS DE SUELOS .....	56
3.2.4.1 Andosol órtico .....	56
3.2.4.2 Luvisol vítrico .....	56
3.2.4.3 Gleysol mólico .....	56
3.2.5 CLIMATOLOGÍA .....	59
3.2.5.1 Climas cálidos húmedos y subhúmedos .....	59
3.2.5.2 Climas semifrío y frío con lluvias en verano .....	60
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>63</b>
4.1 LINEAMIENTOS DEL TRABAJO .....	66
4.2 TRABAJO EXPERIMENTAL .....	70
4.2.1 TRABAJO EN CAMPO .....	70



4.2.2	TRABAJO EN LABORATORIO	71
4.2.2.1	Fisicoquímicos	71
4.2.2.2	Metales Pesados	72
4.2.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	75
4.2.4	PRUEBAS DE TOXICIDAD	77
4.2.4.1	Ensayos con <i>Daphnia magna</i>	78
4.2.4.2	Ensayo con lodos activados	80
4.2.4.3	Ensayo con semillas de lechuga	84
5.	RESULTADOS y DISCUSIÓN	85
5.1	ESTUDIO DE GABINETE	86
5.1.1	IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA	86
5.1.2	HIDROLOGÍA E HIDROMETRÍA	105
5.1.2.1	Zona Alta	105
5.1.2.2	Zona Media	107
5.1.2.3	Zona Baja	108
5.1.2.4	Hidrometría	113
5.1.3	PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN	119
5.1.3.1	Problemática Generada por Materia Orgánica	119
5.1.3.2	Problemática generada por sustancias tóxicas	148
5.1.4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE GABINETE	172
5.2	ESTUDIO DE CAMPO	186
5.2.1	ANÁLISIS DE AGUA	186
5.2.1.1	Aspectos Hidráulicos y Batimetría	187
5.2.1.2	Cuadro Ambiental	191
5.2.1.3	Sólidos	195
5.2.1.4	Nutrientes	202
5.2.1.5	Otros Parámetros Fisicoquímicos	209
5.2.1.6	Metales Pesados	212
5.2.1.7	Microorganismos	215
5.2.2	ANÁLISIS DE SEDIMENTOS	218
5.2.2.1	Textura y Nutrientes	218
5.2.2.2	Metales Pesados	221
5.2.2.3	Microorganismos	223
5.2.2.4	Pruebas de Toxicidad	227
6.	CONCLUSIONES	236
7.	RECOMENDACIONES PARA UNA INVESTIGACION FUTURA	245
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	252

## LISTA DE TABLAS.

- 2.1 **Compuestos Tóxicos Orgánicos Prioritarios**
- 2.2 **Volumen de la Producción Petroquímica Básica y Secundaria por Producto**
- 2.3 **Consumo Aparente de Algunos Compuestos de Importancia Ambiental**
- 2.4 **Principales Familias que agrupan a los componentes del Petróleo Crudo**
- 2.5 **Producción Nacional de Metales**
- 2.6 **Volumen de la Importación Minero Metalúrgica según Producto**
- 2.7 **Producción Nacional de algunos No Metales**
- 2.8 **Clasificación de los Metales de acuerdo a su Toxicidad**
- 3.1 **Municipios que conforman la cuenca del río Blanco.**
- 3.2 **Minerales encontrados en la cuenca del río Blanco.**
  - 4.1 **Estaciones de muestreo.**
  - 4.2 **Parámetros Físico-Químicos.**
  - 4.3 **Procedimiento de extracción de metales solubles.**
  - 4.4 **Metales Pesados analizados a muestras de agua y Sedimentos.**
  - 4.5 **Metodologías empleadas en la cuantificación de diferentes grupos microbianos.**
  - 4.6 **Concentraciones de muestra usadas en los ensayos con *Daphnia magna*.**
  - 4.7 **Condiciones de prueba empleadas en los ensayos con *Daphnia magna*.**
  - 4.8 **Condiciones de Operación del sistema de lodos Activados.**
  - 4.9 **Medio de cultivo para lodos Activados.**
  - 4.10 **Condiciones del Ensayo con Lodos Activados.**
  - 4.11 **Control Positivo.**
- 5.1 **Población por municipios en la cuenca del río Blanco.**
- 5.2 **Población económicamente activa en la cuenca del río Blanco.**
- 5.3 **Índice de diversificación económica de los municipios ordenados de mayor a menor grado de diversificación.**
- 5.4 **Usos del suelo en los municipios que integran la cuenca del río Blanco (Ha.).**
- 5.5 **Productos agrícolas cultivados en la cuenca del río Blanco.**

- 5.6 **Especies ganaderas explotadas en la cuenca del río Blanco.**
- 5.7 **Especies forestales explotadas en la cuenca del río Blanco.**
- 5.8 **Lagos, lagunas y manantiales.**
- 5.9 **Gastos y volúmenes de escurrimiento anuales de las estaciones hidrométricas ubicadas en el río Blanco.**
- 5.10 **Gastos y volúmenes de escurrimiento de las estaciones hidrométricas ubicadas en afluentes del río Blanco.**
- 5.11 **Gastos y volúmenes de escurrimiento en las estaciones hidrométricas ubicadas sobre canales de derivación en el río Blanco.**
- 5.12 **Aforos eventuales en los afluentes del río Blanco.**
- 5.13 **Principales fuentes de abastecimiento de agua potable.**
- 5.14 **Agua residual y carga orgánica generada en la cuenca del río Blanco.**
- 5.15 **Cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales de las poblaciones de la cuenca del río Blanco mayores a 10,000 habitantes.**
- 5.16 **Industrias de importancia por la carga orgánica que aportan a la cuenca del río Blanco.**
- 5.17 **Tóxicos potencialmente vertidos en la cuenca del río Blanco.**
- 5.18 **Insecticidas y herbicidas empleados en la cuenca del río Blanco.**
- 5.19 **Tóxicos potencialmente vertidos en la zona alta de la cuenca del río Blanco.**
- 5.20 **Actividades industriales y tóxicos que potencialmente se vierten en la zona alta de la cuenca del río Blanco.**
- 5.21 **Tóxicos potencialmente vertidos en la zona media de la cuenca del río Blanco.**
- 5.22 **Actividades industriales y tóxicos que potencialmente se vierten en la zona media de la cuenca del río Blanco.**
- 5.23 **Tóxicos potencialmente vertidos en la zona baja de la cuenca del río Blanco.**
- 5.24 **Actividades industriales y tóxicos que potencialmente se vierten en la zona baja de la cuenca del río Blanco.**
- 5.25 **Principales tóxicos vertidos en la cuenca del río Blanco.**
- 5.26 **Número de tóxicos y empresas que potencialmente los vierten por municipio.**
- 5.27 **Compuestos Orgánicos.**
- 5.28 **Compuestos Inorgánicos.**
- 5.29 **Características de los Compuestos Potencialmente Vertidos en la Cuenca del Río Blanco.**

## **LISTA DE FIGURAS**

- 3.1 Localización de la Cuenca del Río Blanco.
- 3.2 Municipios que la Conforman la Cuenca del Río Blanco.
- 3.3 Edafología de la Cuenca del Río Blanco.
- 3.4 Precipitación Anual en la Cuenca del Río Blanco.
- 3.5 Temperaturas Anuales en la Cuenca del Río Blanco.
- 4.1 Estaciones de Muestreo.
- 4.2 Presa Tuxpango.
- 5.1 Distribución de la Densidad Poblacional en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.2 Población Económicamente Activa en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.3 Diversificación Económica Municipal en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.4 Distritos de Riego en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.5 Perfil e Hidrología, Cuenca del Río Blanco.
- 5.6 Usos del Agua en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.7 Agua Residual Municipal Generada en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.8 Producción y Distribución de la Industria Azucarera en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.9 Distribución de la Industria del Beneficio del Café y la Matanza de Ganado.
- 5.10 Distribución de la Industria de las Bebidas en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.11 Distribución de la Industria Textil y del Cuero en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.12 Distribución de la Industria del Papel en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.13 Distribución de la Industria Farmoquímica en la Cuenca del Río Blanco.
- 5.14 Municipios que presentan mayor problemática de Contaminación del Agua por Materia Orgánica.
- 5.15 Sólidos del Cauce Principal de la Cuenca del Río Blanco.
- 5.16 Materia Orgánica en el Cauce Principal de la Cuenca del Río Blanco.
- 5.17 Relación Materia Orgánica Soluble Total.
- 5.18 Déficit de Oxígeno presentado en Diferentes Zonas del Cauce Principal de la Cuenca del Río Blanco.
- 5.19 Batimetría de la Presa Tuxpango.
- 5.20 Distribución de los parámetros ambientales en las estaciones de muestreo.
- 5.21 Distribución de los sólidos en las estaciones de muestreo.

- 5.22 **Distribución de los nutrientes en las estaciones de muestreo.**
- 5.23 **Distribución de los parámetros Físico - Químicos en las estaciones de muestreo.**
- 5.24 **Metales pesados determinados en agua.**
- 5.25 **Microorganismos determinados en agua.**
- 5.26 **Textura y nutrientes determinados en sedimentos.**
- 5.27 **Metales Pesados determinados a sedimentos.**
- 5.28 **Microorganismos determinados en sedimentos.**
- 5.29 **Microorganismos determinados en sedimentos II.**
- 5.30 **Efecto de los extractos de sedimento en la germinación y crecimiento de semillas de lechuga.**
- 5.31 **Semillas germinadas de acuerdo a la concentración de extracto de sedimento.**
- 5.32 **Semillas germinadas de acuerdo a la concentración de extracto de sedimento II.**
- 5.33 **Inhibición del crecimiento de las raíces de acuerdo a la concentración de extracto de sedimento.**
- 5.34 **Inhibición del crecimiento de las raíces de acuerdo a la concentración de extracto de sedimento II.x**

## RESUMEN.

En el presente trabajo se evalúa la Problemática de la Contaminación por sustancias tóxicas en la Presa Tuxpango. Esta presa pertenece a la Cuenca del Río Blanco, la cual es la quinta cuenca más contaminada por materia orgánica de México. Alberga aproximadamente 900,000 habitantes, y se estima que para el año 2005 se tendrá una población aproximada de 1'800,000 habitantes. El número de industrias establecidas en esta área es de aproximadamente 700, de las cuales el 97.4% pertenecen al sector manufacturero y el 2.6% al minero y de extracción. De dichas industrias, 213 empresas, pertenecientes a 37 giros industriales, potencialmente pudieran verter 90 diferentes compuestos en toda la cuenca; de este número de empresas en la zona alta se localizan 103, mismas que potencialmente pueden verter 85 compuestos tóxicos, de los cuales los metales pesados tienen una mayor probabilidad de estar presentes tanto por ser refractarios como, por el número de industrias que potencialmente los vierten.

Por lo anterior se realizaron muestreos de agua y sedimentos antes, después y dentro de la presa Tuxpango (límite de la zona alta). A las muestras les fueron analizados DBO<sub>5</sub>, DQO, N<sub>T</sub>, P<sub>T</sub>, Grasas y Aceites, Sólidos, Metales pesados y microbiológicos a las muestras de sedimentos les fue analizada en forma adicional su toxicidad.

Con excepción del cianuro no se encontraron niveles de metales pesados que sobrepasaran los niveles establecidos en los criterios ecológicos de calidad del agua en México, aunque las concentraciones encontradas en el agua de la presa fueron más altas que las determinadas en el manantial Ojo de Agua; así como en los sedimentos. No se detectó toxicidad con *Daphnia magna*, ni con lodos activados, pero sí en semillas de lechuga.

# 1. INTRODUCCIÓN

El mundo actual depende de los beneficios aportados por una gran cantidad de productos químicos, los cuales se destinan para diversos usos (alimentos, medicinas, industria, agricultura, etc.); su importancia es tal, que cada año el número de sustancias en el mercado se incrementa notablemente. Hasta 1986, el registro del Chemical Abstract Service, de los Estados Unidos de América, excedía de los 7 millones de sustancias químicas antropogénicas, de ellas, 70,000 eran de uso corriente en países industrializados y 3,000 acaparaban el 95% de la utilización<sup>26</sup>. Muchas de estas sustancias son potencialmente peligrosas para la salud y para el medio ambiente; sobre todo cuando se generan y manejan grandes cantidades de productos químicos que no existían en la naturaleza, lo que hace difícil su degradación natural y provocan su acumulación.

En contra parte, se han desarrollado poco las tecnologías que permiten transformar dichos compuestos en formas inocuas; especialmente en los países en vías de desarrollo, cuyo afán por solventar sus problemas económicos mediante el impulso acelerado de la industria, no ha permitido desarrollar en forma paralela ni la tecnología, ni la legislación de protección a la salud y al ambiente que corresponden a la nueva realidad. De aquí que, una vez usadas, las sustancias químicas sean depositadas en el ambiente, de donde alcanzan directa o indirectamente los cuerpos de agua.

Con el propósito de conocer la magnitud del problema en América Latina, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) inició en 1986, el proyecto denominado: "Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales".

México se incorporó al programa establecido por CEPIS en 1987, mediante el estudio de caso "Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en el Sistema Hidrológico Lerma-Chapala-Santiago"<sup>26</sup>. Por diversos factores, esta participación se ha distinguido por la carencia de datos. Entre ellos se encuentra la falta de registros actualizados relativos al



---

tipo de industrias establecidas, procesos y materias primas que utilizan, producciones alcanzadas, usos del agua dentro de los procesos, calidad y cantidad del agua vertida, así como del manejo de sustancias tóxicas y peligrosas.

Por otra parte, la política de protección al ambiente ha estado enfocada al control de la materia orgánica; razón por la cual, en la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua se ha dado primordial importancia a este parámetro, habiéndose establecido el estado de contaminación de las cuencas hidrológicas del país y los requerimientos respectivos en prioridad de atención en esta base<sup>28</sup>. Sin embargo, se desconoce el estado de los cuerpos de agua en cuanto a la presencia de sustancias tóxicas y los pocos estudios existentes son contradictorios.

En el presente trabajo se pretende colaborar en el desarrollo de este tipo de información, mediante el estudio de la cuenca del Río Blanco.

## 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El río Blanco es una corriente notable ligada a la historia del desarrollo industrial del país, ya que desde el siglo pasado se estableció a lo largo de su cauce, en la zona alta, un importante distrito industrial (textil). A mediados de 1906, bajo el gobierno del general Porfirio Díaz, este distrito fue el centro de un gran movimiento obrero, que a pesar de haber sido reprimido con gran dureza, representa un acontecimiento de importancia histórica debido a que marcó el inicio de la caída de la dictadura de Porfirio Díaz. La Huelga de Río Blanco, junto a la de Cananea, constituye uno de los eventos más importantes precursores de la Revolución Mexicana.

Actualmente, el número de industrias establecidas en esta área es de aproximadamente 700, de las cuales el 97.4% pertenecen al sector manufacturero y sólo el 2.6% al minero y de extracción. Por otra parte, de acuerdo a los censos de 1990, la cuenca alberga aproximadamente 900,000 habitantes, los cuales presentan una tasa de crecimiento media anual de 2.67; considerando dicha tasa de crecimiento y empleando el método geométrico de proyección se estima que para el año 2005 se tendrá una población aproximada de 1'800,000 habitantes.

Como consecuencia del desarrollo en la cuenca, además de bienes de capital y de fuentes de trabajo, se ha generado una problemática aguda de contaminación del agua, que a su vez ha hecho que los ecosistemas acuáticos se deterioren; el detrimento en la calidad del agua en la zona también ha afectado a los usuarios, quienes tienen que pagar costos cada vez mayores para obtener el recurso con la calidad adecuada a sus necesidades. Fenómeno mismo que se ha presentado en otras cuencas del país.

Por lo anterior, desde hace algunas décadas se iniciaron diversos estudios encaminados a evaluar la problemática de contaminación del agua en el área mencionada, con el propósito de establecer las prioridades y medidas correctivas necesarias.

De esta forma, en 1973, la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos realizó el estudio: "Evaluación, mediante indicadores, del grado de contaminación del agua en las cuencas del país", donde la cuenca del río Blanco fue clasificada en el cuarto lugar nacional del orden de prioridad para atención<sup>38</sup>.

En 1975, los estudios para la identificación de las zonas del país con mayores problemas de drenaje y en el estudio preliminar para la instalación de distritos de control de la contaminación del agua, determinaron que la zona conurbada de Orizaba, río Blanco, Nogales y Camerino Z. Mendoza, presentaban características que hacían deseable la formación de un distrito de control, clasificándola en el Grupo I, en el cuarto lugar en el orden de prioridad de atención<sup>39</sup>.

En 1983, la Universidad Nacional Autónoma de México realizó un estudio sobre la distribución de metales pesados en sedimentos del río Blanco, en el cual no se encontró una problemática aguda, al menos en la cubeta del cauce principal, ocasionada por este tipo de compuestos<sup>4</sup>.

En 1984, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), actualizó la información del estudio realizado por la SRH en 1973, dicho estudio rectificó que la cuenca del río Blanco ocupaba, no el 4º., sino el 5º. lugar en contaminación de sus aguas, en relación al total de cuencas del país. La causa de este descenso fue que otras cuencas se habían deteriorado a un ritmo más acelerado y no porque se hubieran establecido acciones para el saneamiento de la cuenca del Blanco<sup>28</sup>.

El Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos (INIREB), realizó en los estudios:

- a) "Presencia de contaminantes inorgánicos procedentes de los tramos 2º y 3º del río Blanco"<sup>22</sup>
- b) "Residuos de contaminantes orgánicos en sedimentos del río Blanco, Ver." (plaguicidas y ftalatos)<sup>41</sup>.
- c) "Evaluación preliminar de la contaminación por metales pesados en sedimentos y organismos del río Blanco, Ver." <sup>9</sup>
- d) "Sistematización del uso de poblaciones ostrícolas como centinelas biológicas para la vigilancia ambiental de las zonas costeras de México" , este último realizado en la Laguna de Alvarado<sup>19</sup>.

En dichos estudios se indica la presencia de compuestos tóxicos en la cuenca, ( $\beta$ HCH,  $\gamma$ HCH, HCB, endrín, p,p´DDE, p,p´DDT, DMP, DEP en sedimentos y en suelos en concentraciones menores a 0.001  $\mu$ g/g; Plomo y zinc en el vaso de la presa Tuxpango en concentraciones de 267 y 322 mg/kg respectivamente; dimetilftalato con 2.6  $\mu$ g/Kg, dietilftalato con 2.8  $\mu$ g/Kg y 2 dietil hexilftalato con 2.8  $\mu$ g/Kg) señalando la urgencia de dar solución al problema de contaminación del río Blanco, debido a los efectos que pudieran tener sobre la flora y fauna de la zona y que pudieran alcanzar a la población humana.

Sin embargo, en 1991, se determinaron metales pesados (Sb, As, Be, Cd, CN, Cu, Cr, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Tl y Zn) en el agua y sedimentos del cauce principal, no encontrándose una problemática aguda de contaminación por dichas sustancias<sup>35</sup>. Lo anterior contrasta con los trabajos realizados por el INIREB, en el sentido de que en los SEDUE se concluye que no existe una problemática aguda ocasionada por sustancias tóxicas, en tanto que en los trabajos realizados por el INIREB se resalta la necesidad de atención para estos problemas.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN.

La mecánica que en general se ha seguido en los estudios relacionados con sustancias tóxicas y las diferentes cuencas hidrológicas del país ha sido, establecer un gran número de estaciones de muestreo, en las cuales se toman muestras de agua y sedimentos para analizar algunos compuestos tóxicos que la EPA marca como prioritarios.<sup>1, 9, 10, 22, 29, 31, 32, 33, 34, 35 y 40</sup> Desafortunadamente, en dichos estudios no se ha podido establecer la problemática de contaminación por sustancias tóxicas debido a varios aspectos:

- El primero lo constituye el desconocimiento sobre el tipo de industrias establecidas en las distintas zonas y los tóxicos que pudieran ser vertidos por ellas, lo que a su vez tiene como consecuencia que tampoco se analice el posible comportamiento de las sustancias específicas en el agua y su posible destino.
- El segundo, es la carencia de una priorización adecuada sobre las zonas de la cuenca que tienen un mayor riesgo de contener sustancias tóxicas. Es común que las estaciones de muestreo para evaluar sustancias tóxicas se establezcan siguiendo el mismo criterio que se sigue para evaluar la materia orgánica, sin considerar la enorme diferencia en cuanto a la concentración en que son vertidas. En general sólo se consideran los sitios donde se localizan las principales descargas de aguas residuales esperando ahí encontrar las concentraciones máxicas de dichas sustancias olvidando tomar en cuenta las características hidráulicas del sistema, así como las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, muchas de las cuales se acumulan en sitios alejados de acuerdo con la hidráulica de los sistemas, otras son muy volátiles y ya no se detectan en los sitios de muestreo, etc.

- El tercer aspecto lo constituyen las características de las sustancias tóxicas y de los métodos de análisis. Este tipo de compuestos, en concentraciones muy bajas, muchas veces en niveles cercanos a los límites de detección alcanzados por los métodos fisicoquímicos tradicionales, son capaces de ocasionar daños agudos a los organismos y por tanto de alterar el funcionamiento de los ecosistemas, como sería el caso del 2,3,7,9 tetraclorodibenzo-p-dioxina; el toxafeno; el paratión; el mercurio; el hexaclorociclopentadieno; el endrin; el  $\alpha$  y  $\beta$  endosulfano; el clordano; los cloronaftalenos; etc. Esto genera problemas metodológicos en los estudios, ya que muchas veces las sustancias no son detectadas, estando presentes e incluso afectando al ecosistema; en otros casos se ha subestimado su peligrosidad en las normas oficiales y en los criterios ecológicos de calidad del agua, puesto que no se consideran las características antagónicas y sinérgicas de los compuestos en la mezcla. La mayor parte de las ocasiones, la legislación sólo se basa en los efectos agudos de las sustancias, debido a que existe muy poca información sobre los efectos crónicos de los compuestos. Por otra parte, la búsqueda de métodos analíticos adecuados para detectar las sustancias a concentraciones traza ha hecho que estudios sobre un mismo punto arrojen resultados distintos por efecto de la manipulación de las muestras.

Las razones anteriores ofrecen una explicación sobre el hecho de que los estudios llevados a cabo sobre las diversas cuencas del país hayan arrojado resultados contradictorios inconsistentes e insuficientes para evaluar el riesgo que representa la presencia de sustancias tóxicas y hacen evidente la necesidad de establecer criterios de evaluación previos a los estudios formales.

En el presente estudio se presta especial atención a la generación de información acerca del tipo de industrias y de las sustancias que tienen una mayor posibilidad de ser vertidas. Información de la cual se carece y por tanto es necesario recopilar, clasificar, analizar y algunas veces inferir. Con dicha información esencialmente, se pretende

---

establecer la metodología más adecuada a seguir en estudios posteriores en el área, en la que se tomen en cuenta las características particulares de la zona a estudiar; también se busca seleccionar los métodos de análisis más apropiados, en función de las características específicas de la cuenca.

En este contexto, la elección de la cuenca del Río Blanco como estudio de caso, se debió a que es una cuenca que alberga un complejo industrial considerable, lo que hace altamente probable la presencia de sustancias tóxicas. Por otra parte, a pesar de que algunos estudios han arrojado resultados negativos acerca de la presencia de dichas sustancias, es evidente la alteración del ecosistema, cuya manifestación principal es una disminución de los recursos pesqueros de la zona baja de la cuenca. Específicamente, la población de la zona baja comenta sobre grandes mortandades de peces en las épocas de lluvia, época en la que son abiertas las compuertas de la presa Tuxpango, liberando los sólidos acumulados en ella, lo que es indicativo de que los sólidos de la presa tienen cierto efecto negativo sobre los organismos de la zona baja, requiriéndose dilucidar la razón.

### 1.3 OBJETIVOS.

El objetivo del presente trabajo es realizar una Evaluación Preliminar de la Problemática de Contaminación por Sustancias Tóxicas en la Cuenca del río Blanco, con especial énfasis en la Presa Tuxpango.

#### 1.3.1 Objetivos específicos

- A partir de una investigación preliminar de gabinete, describir la problemática general de contaminación de la cuenca del río Blanco, haciendo énfasis en la potencial presencia de sustancias tóxicas, con el propósito de conocer el tipo y número de sustancias tóxicas que potencialmente pueden ser vertidas por los sectores agrícola, industrial y municipal; las zonas donde se pueden generar sustancias tóxicas y aquellas áreas que tienen mayores riesgos de ser alteradas además de la magnitud de la población económicamente activa potencialmente involucrada en la generación de sustancias tóxicas.
  
- Con base en la información recabada, proponer una metodología particular para evaluar la problemática de contaminación del agua por las sustancias tóxicas que mayor probabilidad tengan de estar presentes en la Presa Tuxpango.



- 
- **Evaluar la problemática general de contaminación del agua en la Presa Tuxpango, incluyendo parámetros fisicoquímicos, además de sustancias tóxicas.**
  - **Con base en el diagnóstico que se derive de los resultados de este trabajo, establecer la necesidad de estudios más profundos, a nivel cuenca, sobre diversos aspectos de contaminación.**

## 1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

### 1.4.1 ALCANCES

En el presente trabajo se establecen, por medio de una investigación bibliográfica, estadística y cartográfica, las principales industrias que vierten sustancias tóxicas en la cuenca del Río Blanco, así como los compuestos que con mayor probabilidad se desechan. Se determinan además los municipios que pueden generar mayores cantidades de desechos y las zonas que tienen un mayor riesgo de estar contaminadas, de acuerdo con la ubicación de los centros productores de contaminantes, las características hidrológicas de la cuenca y las propiedades fisicoquímicas de los compuestos en cuestión.

A partir del análisis de la información anterior, se hace un primer intento a fin de establecer una metodología particular para estudiar la Problemática de contaminación de la cuenca del Río Blanco, adecuada a las características de la zona.

Finalmente se realiza un muestreo de agua y sedimentos en la Presa Tuxpango a los que se analizan metales pesados, cianuros, fenoles algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y se realizan pruebas de toxicidad aguda a la fracción soluble de los sedimentos.

### 1.4.2 LIMITACIONES

Es importante aclarar que la información bibliográfica que se integra en el presente trabajo, en particular lo referente a la industria, no es precisamente actualizada (la información disponible data de 1985). Los datos socioeconómicos se encuentran ligeramente sobreestimados, ya que se consideró que los municipios localizados en los extremos de la cuenca se encontraban totalmente dentro de ella ante la imposibilidad de discriminar las poblaciones que no están incluidas.

El tipo de desechos generados, de acuerdo al ramo industrial, fueron obtenidos del estudio Remoción de Sustancias Tóxicas por Métodos no Convencionales<sup>30</sup>, mismo que se basa en información de estudios realizados en Estados Unidos. Dado que en México aún son vigentes muchos procesos que fueron sustituidos en ese país por tecnologías más limpias, es posible que se haya subestimado el número de tóxicos que pueden verterse. Por otra parte, es frecuente el uso de sustancias tóxicas diversas en actividades no directamente relacionadas con el proceso, lo que también puede hacer que se subestime el número y tipo de tóxicos utilizados.

Los gastos y cargas orgánicas fueron estimadas con base en los datos de población, porcentaje de alcantarillado e índices usados en forma común. Una limitación de gran importancia, la cual no debe perderse de vista en ningún momento en el transcurso de la lectura de los resultados experimentales y su discusión, se deriva del hecho de que los resultados de campo que se presentan, corresponden a muestras puntuales. Por otra parte, no se llevaron a cabo, ni análisis de sustancias orgánicas, ni pruebas de toxicidad crónica.

Es necesario mencionar que el presente estudio no pretende establecer en forma definitiva la problemática de contaminación del agua en la cuenca del Río Blanco; es apenas un trabajo exploratorio que trata de buscar la metodología más adecuada de evaluación.

## **2. SUSTANCIAS TÓXICAS.**

La exposición a sustancias químicas representa una preocupación creciente debido al riesgo que este hecho tiene tanto para la salud humana, de las generaciones presentes y futuras, como para el equilibrio de los ecosistemas. Dicha preocupación se debe a los grandes incrementos en el uso y al mal manejo y disposición de las sustancias.

Por lo general se considera que la problemática causada por las sustancias químicas prevalece únicamente en los países industrializados, aunque en la actualidad no hay un país en el mundo donde no se haga uso de dichos productos, muchos de los cuales resultan indispensables para el mantenimiento de la vida humana y para su desarrollo económico.

Los beneficios que se obtuvieron de la síntesis de nuevas sustancias químicas provocó un entusiasmo tal entre los industriales, que pronto se presentó un uso desmedido de ellas. Hoy en día, la sociedad moderna ha aprendido, a un costo muy alto, que no se pueden seguir generando y utilizando, en forma tan irracional, compuestos de los cuales no podrá deshacerse en forma ambientalmente idónea, dadas las diversas afectaciones que se han presentado a la salud humana, como alteraciones a los sistemas ecológicos<sup>27</sup>.

México, a pesar de ser un país en vías de desarrollo, mantuvo hasta hace pocos años un alto índice de crecimiento industrial y uno de los más altos en el aspecto población. Ambas circunstancias obligaron a intensificar el aprovechamiento de los recursos. Indudablemente las acciones realizadas han contribuido a mejorar los niveles de bienestar de la población, pero también han influido notablemente en la generación de residuos industriales. Por la diversidad de procesos que emplean las industrias instaladas, las características de los residuos generados presentan una amplia gama, que va desde los altamente peligrosos hasta los que no representan riesgo ni al ser humano, ni al medio ambiente<sup>27</sup>.

---

Tradicionalmente la industria ha depositado sin control los residuos en terrenos baldíos o sitios abandonados en forma clandestina de donde han alcanzado en ciertas ocasiones cuerpos de agua superficial o subterráneos, situación que actualmente se está tratando de controlar. No obstante, es necesario evaluar el estado actual de los cuerpos de agua en relación a los compuestos que potencialmente pudieran haberlos alcanzado, las concentraciones en que se encuentran, los daños que pudieran estar ocasionando y el riesgo que su presencia representa para la salud humana y de los ecosistemas y para el desarrollo de las actividades económicas.

## 2.1 DEFINICIÓN.

Se puede definir una sustancia tóxica como cualquier agente capaz de producir un efecto nocivo a un sistema biológico, como puede ser alguna alteración fisiológica, morfológica, carcinogénesis, teratogénesis, mutagénesis y en el extremo la muerte de los organismos, o bien ocasionar alguna modificación en la reproducción y estructura de las poblaciones <sup>26</sup>.

La capacidad de una sustancia para producir un efecto nocivo está relacionada con la cantidad, vía de administración y tiempo de contacto, aunque el factor crítico es el riesgo asociado con su uso<sup>26</sup>.

El riesgo es la posibilidad de que una sustancia o grupo de ellas produzcan daño en condiciones específicas; el riesgo asociado con un agente químico es una función de dos factores: el primero se refiere a las propiedades tóxicas intrínsecas de dicho agente (cabe aclarar que en un sentido general todas las sustancias químicas pueden llegar a ser tóxicas); el segundo factor involucra a las condiciones de exposición, ya sea de los organismos o del ecosistema, con la sustancia en cuestión<sup>26</sup>.

Ningún agente químico es totalmente seguro o peligroso por sí mismo, sino que el grado de seguridad o riesgo está determinado por las condiciones de uso y desecho, la susceptibilidad de los organismos involucrados, la cantidad utilizada y su distribución en el tiempo; entendiéndose por esto último la frecuencia de las dosis y el tiempo que tarda la sustancia en ser eliminada de los sistemas. Existen incluso compuestos cuya vida media se desconoce, puesto que no han sido degradados significativamente desde su producción; en consecuencia, tienden a acumularse en los sistemas; existen otros más que se bioacumulan <sup>26</sup>.

---

De hecho, no hay posibilidad de evitar en forma absoluta el riesgo, tan sólo existe la opción de elegir entre el riesgo y el beneficio que implica el uso de determinada sustancia, de aquí que la labor de la toxicología ambiental sea establecer en forma objetiva el riesgo resultante de la presencia de tales sustancias en el medio ambiente; así como las medidas que permitan prever o minimizar daños, lo cual en ocasiones tiene fuertes implicaciones económicas<sup>26</sup>.



## 2.2. PROBLEMATICA DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS.

Las sustancias químicas pueden llegar al medio ambiente acuático por muchas vías; entre las que se cuentan las siguientes: efluentes industriales, descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales, escorrentía superficial, lixiviado de suelos y de la industria minera y asentamiento y lavado directo de los contaminantes atmosféricos. Muchas de estas sustancias químicas y sus productos de degradación son tóxicas, aun cuando se encuentren presentes a nivel de trazas\*; para estimar el riesgo que su presencia representa en el medio, es necesario contar con información relativa a la naturaleza y extensión de las fuentes que las emiten, la cadena de eventos, rutas y procesos que conectan las causas (tóxicos) con los efectos (respuesta del sistema ante la sustancia tóxica) y la relación entre las características de la dosis (vías de absorción, tipo de dosificación y tiempo de contacto) y los tipos de respuesta <sup>26</sup>.

En los países industrializados, que son los principales productores de este tipo de sustancias, se ha establecido la obligación, por parte de quienes desarrollan y producen nuevas sustancias, de obtener la información necesaria sobre las propiedades tóxicas, de manejo y los requerimientos necesarios posteriores al uso de tales sustancias químicas; antes de que éstas puedan ser usadas en forma masiva, de forma tal que han podido definir la serie de compuestos que requieren una atención especial por el riesgo que implica su presencia en el ambiente. A estas sustancias se les ha denominado contaminantes prioritarios.

---

\* TRAZA SE DICE QUE UNA SUSTANCIA SE ENCUENTRA A NIVEL DE TRAZA CUANDO SU CONCENTRACIÓN ES INFERIOR A 1 000 µg/Kg o 1000 µg/L.

Las características que se han considerado para incluir a un compuesto como prioritario son, entre otros, el conocimiento de la presencia de esas sustancias en efluentes de fuentes puntuales, en el medio acuático, en organismos o en agua potable; las propiedades tóxicas de los compuestos (tóxicos agudos, carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos y bioacumulables); el grado probable de la producción o empleo; el potencial de persistencia en el medio ambiente y de acumulación en la biota; y la magnitud de las poblaciones humanas o naturales que estarían expuestas <sup>26</sup>.

Para dichos compuestos se ha desarrollado (sólo en los países industrializados) la legislación que norma su uso dentro de los procesos productivos, manejo y adecuada disposición; al tiempo que son monitoreados en las descargas industriales donde pueden estar presentes y en los cuerpos de agua natural. En los casos en los que se ha considerado un riesgo extremo se ha prohibido su uso, tal como ha sucedido con los bifenilos policlorados y muchos plaguicidas (por ejemplo el DDT).

Debido a los cambios y evolución de los procesos industriales, a la formulación de nuevas sustancias químicas, al desarrollo de información toxicológica y a las modificaciones en el uso de los compuestos, el listado de sustancias tóxicas prioritarias puede sufrir modificaciones, lo que hace necesario una constante revaloración de las prioridades <sup>26</sup>.

En los países en vías de desarrollo, como lo es México, la necesidad de fortalecer la economía provocó que se permitiera la instalación de diversas industrias altamente contaminantes, muchas de las cuales habían dejado su país de origen por problemas de índole económico-ambiental, sin que previamente se llevaran a cabo estudios que permitieran prever los efectos contaminantes que pudieran generar. No sólo eso, sino que además se ha permitido que se mantenga bajo confidencialidad una gran cantidad

de información, necesaria para estimar el estado de contaminación por sustancias tóxicas y el riesgo que ello implica; tal como las producciones obtenidas en los diferentes procesos, las materias primas (tipo de materiales, proveedores, compradores y volúmenes que manejan) además de condiciones de uso y desecho, etc.; datos de los cuales únicamente se cuenta con información global, ya sea a nivel nacional o en el mejor de los casos a nivel estatal, lo que no permite hacer estimaciones a nivel regional o de cuenca hidrológica. Todo esto con el fin de evitar deslindar responsabilidades a nivel de empresa.

Debido a las tremendas restricciones impuestas al acceso de dicha información, no se cuenta con una relación de las principales fuentes de contaminación, ni de los posibles desechos por tipo de industria; razón por la cual resulta difícil establecer la lista de compuestos tóxicos prioritarios en el país, su distribución en el ambiente y las cargas que probablemente estén siendo vertidas. Mucho menos ha sido posible desarrollar la tecnología propia que permita el manejo y disposición adecuado de tales desechos, las medidas para restaurar los ecosistemas que han sido alterados, ni tampoco establecer las principales zonas conflictivas.

Sólo en la década presente, a raíz de algunos incidentes graves, tanto nacionales como internacionales, se ha despertado la preocupación por la problemática actual y la que pueda generarse<sup>27</sup>.

Ante la falta de información nacional, ha sido necesario echar mano de la generada por los países industrializados; por ejemplo, los datos obtenidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS), información en la cual se sustenta la legislación actual de nuestro país en lo referente a sustancias tóxicas y peligrosas.

---

En cuanto a la evaluación de la problemática generada por las sustancias tóxicas en el país, los esfuerzos únicamente han sido encaminados al monitoreo de las cuencas hidrológicas que presentan mayor contaminación por materia orgánica, lo que ha dejado relegadas las zonas agrícolas que pudieran contaminar las aguas con plaguicidas. Por otra parte, en los estudios realizados no se ha podido establecer la problemática concreta, ni el riesgo que ello implica.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS

Las sustancias químicas, tóxicas o inócuas, han sido divididas en dos grupos: orgánicas e inorgánicas. Los compuestos orgánicos son moléculas que incluyen al carbono en su molécula, unido a otros elementos por medio de enlaces covalentes.

### 2.3.1 SUSTANCIAS TÓXICAS ORGÁNICAS.

Las características físicoquímicas y toxicológicas de cada una de estas sustancias dependen de la estructura de su molécula. La EPA y la OMS han establecido como sustancias tóxicas orgánicas prioritarias a aquellas que aparecen en la Tabla 2.1, mismas que pueden ser clasificadas en once grandes grupos, con base en la estructura básica de sus moléculas o bien por su principal uso <sup>26</sup>. Estos grupos son:

- Compuestos alifáticos halogenados
- Éteres.
- Ésteres del Acido Ftálico
- Nitrosaminas
- Fenoles
- Bifenilos y Terfenilos policlorados
- Otros compuestos aromáticos monocíclicos
- Compuestos aromáticos policíclicos
- Plaguicidas
- Otros compuestos

**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
<b>ALIFATICOS HALOGENADOS</b>		
1,1,2,2 TETRACLOROETANO	•	
1,1,1, TRICLOROETANO	•	
1,1, DICLOROETANO	•	
1,1 DICLOROETILENO	•	
1,2 DICLOROETANO	•	
1,2 DICLOROETILENO		•
1,2 DICLOROPROPANO	•	
1,2 DICLOROPROPILENO	•	
1,2 TRANS-DICLOROETILENO	•	
BROMOFORMO	•	
BROMURO DE METILO	•	
CLORODIBROMOMETANO	•	
CLOROETANO	•	
CLOROFLUOROCARBONOS		•
CLOROFORMO	•	•
CLORURO DE METILENO	•	
CLORURO DE METILO	•	
CLORURO DE VINILO	•	
DICLOROBROMOMETANO	•	
HEXACLOROBUTADIENO	•	
HEXACLOROCICLOPENTADIENO	•	
HEXACLOROETANO	•	
TETRACLOROETILENO	•	
TETRACLORURO DE CARBONO	•	•
TRICLOROETILENO	•	•

continúa . . .

**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
<b>ÉTERES</b>		
2,3,7,8 TETRACLORODIBENZO-P-DIOXINA	•	
2 CLOROETIL VINIL ÉTER	•	
4 BROMOFENIL FENIL ÉTER	•	
4 CLOROFENIL FENIL ÉTER	•	
BIS(2 CLOROETIL)ETER	•	
BIS(CLOROETOXI)METANO	•	
BIS(2 CLOROISOPROPIL) ÉTER	•	
DIOXINAS	•	•
EPICLORHIDRINA		•
ÉTER ETILICO		•
OXIDO DE ETILENO		•
OXIDO DE PROPILENO		•
<b>ÉSTERES DEL ACIDO FTÁLICO</b>		
BIS (2 ETIL HEXIL) FTALATO	•	•
BUTILBENCIL FTALATO	•	•
DI N BUTILFTALATO	•	•
DI N OCTIL FTALATO	•	•
DIETIL FTALATO	•	•
DIMETIL FTALATO	•	•
<b>NITROSAMINAS</b>		
N-NITROSO-DI N PROPILAMINA	•	
N- NITROSO DIFENILAMINA	•	
N-NITROSO DIMETILAMINA	•	

continúa . . .

**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
<b>FENOLES</b>	•	
2,4,6 TRICLOROFENOL	•	
2,4 DICLOROFENOL	•	
2,4 DIMETILFENOL	•	
2,4 DINITROFENOL	•	
2 CLOROFENOL	•	
2 NITROFENOL	•	
4,6 DINITRO O CRESOL	•	
4 NITROFENOL	•	
FENOL	•	•
F CLORO M CRESOL	•	
FENTA CLORO FENOL	•	•
<b>OTROS COMPUESTOS AROMÁTICOS</b>		
<b>MONOCICLICOS</b>		
1,2,4 TRICLOROBENCENO	•	
1,2 DICLOROBENCENO	•	
1,3 DICLOROBENCENO	•	
1,4 DICLOROBENCENO	•	
2,4 DIAMINOTOLUENO		•
2,4 DINITROTOLUENO	•	
2,6 DINITROTOLUENO	•	
ANILINA Y DERIVADOS		•
BENCENO	•	•
CLOROBENCENO	•	
DETERGENTES DERIVADOS DEL BENCEN SULFONATO		•
ESTIRENO		•
ETILBENCENO	•	

continúa . . .



**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
HEXACLOROBENCENO	•	•
NITROBENCENO	•	
TOLUENO	•	•
<b>BIFENILOS Y TERFENILOS</b>		
<b>POLICLORADOS</b>		
PCB 1016	•	•
PCB 1221	•	•
PCB 1232	•	•
PCB 1242	•	•
PCB 1248	•	•
PCB 1254	•	•
PCB 1260	•	•
<b>COMPUESTOS AROMÁTICOS</b>		
<b>POLICÍCLICOS</b>		
1,2 DIFENILHIDRAZINA	•	•
2, CLORONAFTALENO	•	•
3,3 DICLOROBENCIDINA	•	•
3, 4 BENZOFLUORANTENO	•	•
ACENAFTENO	•	•
ACENAFTILENO	•	•
ANTRACENO	•	•
BENCIDINA	•	•
BENZO (A) ANTRACENO	•	•
BENZO (A) PIRENO	•	•
BENZO (B) FLUORANTENO	•	•
BENZO (GHI) PERILENO	•	•
CRISENO	•	•
DI BENZO (A,II) ANTRACENO	•	•

continúa . . .

**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
FENANTRENO	•	•
TOLUENO	•	•
INDENO (1,2,3,C,D) PIRENO	•	•
NAFTALENO	•	•
PIRENO	•	•
<b>PLAGUICIDAS</b>		
4,4 DDD	•	•
4,4 DDE	•	•
4,4 DDT	•	•
AC 2,4 DICLOROFENOXIACÉTICO		•
ALDRIN	•	•
ALFA BHC	•	
BETA ENDOSULFANO	•	
CANFENO CLORADO		•
CLORDANO	•	
CLORDECONA		•
CLOROTALONIL		•
DELTA BHC	•	
DIELDRIN	•	•
DITIOCARBAMATOS		•
ENDOSULFAN		•
ENDOSULFAN SULFATO	•	
ENDRIN	•	•
ENDRIN ALDEHIDO	•	
FENITROTION		•
GAMA BHC	•	

continúa . . .

**TABLA 2.1**  
**COMPUESTOS TÓXICOS ORGÁNICOS PRIORITARIOS**

COMPUESTO	EPA	OMS
HEPTACLORO	•	•
HEPTACLORO EPOXIDO	•	
HERBICIDAS DERIVADOS DE LA ANILINA Y		•
HEXACLOROCICLOHEXANO		•
INSECTICIDAS CARBÁMICOS		•
INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS		•
ISOBENZAN		•
KELEVAN		•
MIREX		•
PARAQUAT Y DIQUAT		•
PICLORAN		•
PIRETROIDES		•
QUINTOCENO		•
TETRADIFÓN		•
TOXAFENO	•	•
TRICLORFÓN		•
<b>OTROS COMPUESTOS</b>		
ACRILAMIDA		•
ACRILONITRILO	•	•
ACROLEÍNA	•	
BROMOTÓXINAS ACUÁTICAS		•
DETERGENTES NO IONICOS Y ANIÓNICOS		•
DIMETIL FORMAMIDA		•
DIMETIL SULFATO		•
HIDRAZINA		•
ISOFORONA	•	
METIL CETONA		•
MICOTOXINAS		•
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS		•

Fuente: 26

Aunque el hombre ha usado desde hace cientos de años procesos químicos para la obtención de diversos productos, el número de compuestos orgánicos ha tenido un incremento constante, a la par con el desarrollo de la industria petroquímica, la cual se ocupa de la producción de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos a partir de los hidrocarburos y el gas natural derivados del petróleo; de tal manera que la descripción de dicha industria da una idea de la evolución que ha tenido la producción y generación de sustancias tóxicas a nivel nacional, aunque cabe aclarar que no es el único giro que produce y genera sustancias tóxicas.

Los principales productos de la industria petroquímica se clasifican en dos grandes grupos. Los productos primarios son aquellos cuya elaboración está basada en los hidrocarburos presentes en el petróleo y el gas natural o las corrientes de refinación cuya producción se reserva Petróleos Mexicanos (PEMEX). Los secundarios se derivan de los petroquímicos primarios y a su vez son utilizados en otros procesos como materia prima, pueden ser fabricados por PEMEX o por empresas particulares<sup>23</sup>.

El programa de petroquímica en el país se inició en 1959, cuando México era importador de petróleo crudo, comenzó con la elaboración de 4 principales productos: fertilizantes, hule, resinas y compuestos aromáticos. Este programa registró en sus casi cuatro décadas de vida un crecimiento constante, el cual se vio acelerado a partir del período 1977-1979, lapso en el cual se conocieron los resultados exploratorios sobre yacimientos petrolíferos en México. Estos mostraron una reserva probada de 40,194 millones de barriles de hidrocarburos líquidos totales, cifra que colocó a México en el sexto lugar mundial con reservas probadas; 44, 612 millones de reservas probables y 200, 000 millones de reservas potenciales totales; lo que permitió predecir que el país tendría suficientes reservas para disponer de este energético al ritmo que marquen las necesidades del siguiente siglo<sup>23</sup>.

Como ya se mencionó, la petroquímica en México inició con la fabricación de cuatro productos en 1959; para 1964, la cifra se incrementó a 68, de los cuales 10 eran productos primarios y 58 secundarios. Para 1970 se elaboraban 130 productos secundarios y 26 primarios; en 1975 eran ya 164 los productos secundarios y 36 los primarios y para 1977 la cifra llegó a un total de 290 productos<sup>22</sup>.

A partir de 1985, el país se vio afectado fuertemente en su economía, lo cual provocó que muchas ramas industriales detuvieron su crecimiento. Sin embargo, la industria petroquímica ha continuado su desarrollo, aunque a un ritmo menos acelerado. De esta manera, el volumen total de la producción de petroquímicos se incrementó 12% en tan sólo un año; en 1987, la producción de petroquímicos básicos fue de 13'807, 597 ton., mientras que en 1988 alcanzó la cantidad de 15'462, 248 ton<sup>2</sup>.

La caída mundial en los precios del petróleo, así como la crisis económica nacional, indujeron un cambio en la política seguida para esta industria en el país, motivo por el cual, a partir de 1989, muchos de los productos que se consideraban dentro de la canasta de petroquímicos primarios fueron trasladados a la petroquímica secundaria, quedando actualmente sólo 7 productos incluidos en la categoría de básicos (primarios anteriormente), 11 en secundarios y el resto fueron agrupados en la categoría de otros. Esta reforma en la clasificación, a primera vista intrascendente, ha tenido consecuencias drásticas para la petroquímica nacional, puesto que limitó el monopolio de PEMEX a tan sólo 7 productos, permitiendo la participación del capital privado en el resto; en consecuencia, la iniciativa privada, principalmente de origen extranjero, ha tomado las riendas de la producción de petroquímicos. En la Tabla 2.2 aparece el volumen de la producción petroquímica básica y secundaria, en la Tabla 2.3 se muestra el consumo aparente de algunos productos petroquímicos que son considerados como tóxicos prioritarios.

Al realizar el presente trabajo no se contaron con estadísticas de los residuos generados por esta actividad, ni con información en relación al programa de prevención y control de la contaminación correspondiente, mismo que se realiza a través de un convenio "PEMEX- SEDUE (actual SEDESOL), el cual se encuentra en proceso de modificación debido a que muchas de las actividades de la empresa han sido modificadas a raíz de la desincorporación de algunos de los procesos del sector gubernamental. Dichas actividades pretenden ser controladas a través de Normas Oficiales Mexicanas que se encuentran en proceso de elaboración.

Sin embargo, en el documento Políticas y Estrategias en el Manejo de los Residuos Municipales e Industriales en México editado por la SEDUE se menciona:

"Según el inventario de las actividades de la industria petrolera y petroquímica primaria, se ha cuantificado un volumen de 1 710, 448 toneladas por año, de residuos industriales generados en sus centros productivos. De la cifra anterior, sólo el 0.25 % es sólido y la forma el grupo de los catalizadores agotados. El 9.6% es líquido, destacándose principalmente los compuestos organoclorados, entre ellos los hexas. El 90.15% son semisólidos, constituidos principalmente por lodos de pretratamiento de agua y los aceites provenientes de fondos de almacenamiento de tanques de crudo y de los sistemas de separación" (SEDUE, 1989).

"De los residuos generados por las actividades de PEMEX, aproximadamente el 13% presenta al menos una característica que lo hace peligroso de acuerdo a la norma ecológica NTE- CPR-001/88"<sup>27</sup>.

**TABLA 2.2**  
**VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA**  
**BÁSICA Y SECUNDARIA POR PRODUCTO**  
**MILES DE TONELADAS**

PRODUCTOS	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>TOTAL</b>	<b>13 807 597</b>	<b>15 462 248</b>	<b>16 089 288</b>	<b>17 588 836</b>	<b>18 586 064</b>	<b>19 206 947</b>
<b>BÁSICOS</b>	<b>3 373 665</b>	<b>3 948 362</b>	<b>3 279 239</b>	<b>3 599 161</b>	<b>4 448 117</b>	<b>4 702 990</b>
BUTANO/BUTA DIENO	0	0	0	0	10 185	20 539
BUTANO CRUDO	0	0	0	0	3 429	38 983
ETANO	2 518 462	2 927 194	2 942 864	3 247 271	3 553 571	3 592 301
HEPATANO	9 439	7 425	10 290	9 941	20 344	14 114
HEXANO	97 640	69 756	89 088	89 670	105 810	82 242
MAT PRIM NEGRO HUMO	748 124	943 987	236 997	252 279	183 465	168 747
PENTANOS	0	0	0	0	571 313	785 164
<b>SECUNDARIOS</b>	<b>4 633 211</b>	<b>5 184 875</b>	<b>5 687 592</b>	<b>6 087 436</b>	<b>6 197 317</b>	<b>6 219 103</b>
AMONÍACO	2 121 471	2 514 656	2 554 932	2 632 204	2 702 402	2 677 769
BENCENO	281 913	270 965	291 109	319 778	337 885	352 787
BUTADIENO	21 168	12 313	20 921	20 562	10 620	31 218
ETILENO	804 358	915 730	1 187 674	1 369 844	1 364 741	1 481 670
METANOL	190 898	200 666	207 606	210 494	213 280	200 130
META Y P XILENO	312 766	321 590	390 953	404 497	415 042	386 861
ORTOXILENO	68 132	67 568	69 839	75 285	62 706	67 334
PARAXILENO	187 191	183 232	222 111	226 064	228 927	224 185
PROPILENO	256 836	281 276	294 897	362 665	364 833	344 005
TETRÁMERO	75 503	107 613	103 107	98 227	94 895	53 193
TOLUENO	312 985	309 266	344 443	367 816	401 986	399 951

continúa...

**TABLA 2.2**  
**VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA**  
**BÁSICA Y SECUNDARIA POR PRODUCTO**  
**MILES DE TONELAJAS**

PRODUCTOS	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
OTROS	5 800 711	6 329 011	7 122 457	7 902 239	7 940 630	8 285 754
ACETALDEHÍDO	157 614	156 380	160 761	190 482	267 689	274 936
ACETONITRILLO	2 134	2 243	3 237	4 543	5 865	6 119
AC. CIANHÍDRICO	6 776	7 175	10 311	15 129	17 453	20 391
AC. CLORHÍDRICO	116 961	117 732	132 498	155 202	85 025	154 640
AC. MURIÁTICO	29 153	25 171	23 212	28 374	35 968	27 842
ACRILONITRILLO	57 770	61 241	84 664	122 275	154 886	166 207
ALQUILARILO PESADO	9 216	10 998	11 623	8 960	7 569	3 928
ANHÍDRIDO CARBÓNICO	3 005 575	3 377 997	3 489 756	3 559 480	3 718 806	3 645 935
AROMÁTICOS PESADOS	90 649	84 875	117 953	123 722	123 565	126 088
AROMINA 100	118 757	98 424	159 449	168 598	117 005	95 008
AZUFRE	500 911	510 160	555 039	701 113	754 097	775 216
CICLOHEXANO	51 709	41 886	53 522	74 970	86 395	92 043
CLORURO DE VINILO	178 808	175 002	193 849	230 733	97 443	224 317
CUMENO	37 818	47 634	50 278	52 859	47 346	40 357
DICLOROETANO	326 095	329 861	357 411	394 134	189 553	386 144
DODECILBENCENO	98 356	111 315	128 387	117 084	114 516	61 644
ESP. PETROQUÍMICAS	7 556	8 336	8 384	7 079	5 098	2 656
ESTIRENO	121 129	131 643	119 625	157 882	151 927	159 856
ETER METIL TERBUTÍLICO	0	0	0	0	15 374	40 752
ETILBENCENO	151 523	159 204	148 666	191 992	194 297	186 679
GLICOLAS	2 846	3 329	79 658	129 558	174 489	128 411
HIDRÓGENO	20 065	29 560	30 312	35 142	37 644	38 573

continúa ...



TABLA 2.2  
VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA  
BÁSICA Y SECUNDARIA POR PRODUCTO  
MILES DE TONELADAS

PRODUCTOS	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
ISOPROPANOL	16 831	13 630	18 486	19 315	18 477	15 897
NITRÓGENO	49 498	61 537	95 043	106 766	116 804	118 136
OXIDO DE ETILENO	95 367	102 071	208 301	265 188	311 077	296 137
OXÍGENO	179 271	241 422	415 171	482 659	479 169	526 169
POLIETILENO AD	75 992	81 717	97 134	175 674	212 764	220 107
POLIETILENO B D	275 103	317 101	340 011	347 803	337 211	354 817
POLIPROPILENO	0	0	0	0	36 045	69 280
PERCLOROETILENO	7 356	8 466	10 927	12 382	12 123	10 810
POLIALQUILADOS	2 055	2 479	4 095	3 077	3 394	3 272
TETRACLORURO DE CARBONO	406	2 294	4 244	6 928	7 809	9 601
SULFATO DE AMONIO	7 406	8 128	10 450	13 136	3 747	3786

FUENTE: 20  
LOS PETROQUÍMICOS BÁSICOS ESTÁN REPORTADOS DE ACUERDO A LA RESOLUCIÓN PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 17 DE AGOSTO DE 1992

COMPRENDE ÚNICAMENTE LA PRODUCCIÓN DE PEMEX

TABLA 2.2  
VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA  
BÁSICA Y SECUNDARIA POR PRODUCTO  
MILES DE TONELADAS

PRODUCTOS	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
TOTAL	7 076	7 805.4	8 435.8	8 637.3	8 958.2	8 191.7
FERT.NIT.	3 828.9	3 786.0	4 227.4	4 133.3	3 927.5	3 072.7
FIBRAS QUÍMICAS	381.9	829.3	828.1	841.7	900.2	964.8
ELASTÓMEROS Y NEGRO DE HUMO	276.2	280.9	261.5	259.9	215.9	223.0
RESINAS SINT.	646.8	651.4	695.9	762.6	882.2	979.5
PROD. INT	1 736.5	1 892.9	1 997.5	2 161.1	2 484.3	2 370.5
ESPECIALIDADES	205.7	364.9	425.4	478.7	548.1	581.2

FUENTE: 21

EXCLUYE A LOS PRODUCTOS QUE ELABORA PEMEX.

TABLA 2.3  
 CONSUMO APARENTE\* DE ALGUNOS COMPUESTOS  
 DE IMPORTANCIA AMBIENTAL

COMPUESTO	AÑO			
	1985	1986	1987	1988
<b>PLAGUICIDAS</b>				
BHC	1 424	1 380	1 300	1 543
TOXAFENO	709	.	28	469
AC 2, 4 DICLORO FENOXIACÉTICO	2 298	862	1 792	1 695
<b>COMPUESTOS AROMÁTICOS MONOCÍCLICOS</b>				
BENCENO	110 675	221 043	227 368	272 441
FENOL	22 109	17 444	21 022	21 022
<b>OTROS COMPUESTOS</b>				
CLORURO DE VINILO	280 221	280 295	320 904	307 578
DIMETIL TETRAFTALATO	129 257	107 200	107 700	103 003
DIOCTIL FTALATO	36 138	34 496	34 670	28 227
ACRILONITRILLO	90 514	109 637	125 360	128 267

FUENTE : 1

\* CONSUMO APARENTE = PRODUCCIÓN + IMPORTACIÓN - EXPORTACIÓN

Desde el punto de vista químico, el petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos combinados con pequeñas cantidades de otros materiales orgánicos. Esta mezcla varía de acuerdo a los yacimientos de donde es extraído e incluye de 200 a 300 compuestos distintos, tales como alcanos lineales y ramificados, alicíclicos y aromáticos. Contiene además algunos compuestos que no son hidrocarbonados, como ácidos nafténicos y compuestos con azufre y nitrógeno<sup>8</sup>. En la Tabla 2.5 se muestran las principales familias que agrupan los componentes del petróleo crudo.

La separación de los compuestos que conforman el petróleo se conoce como refinación; después de haber sido separadas, las diferentes sustancias son utilizadas en los procesos de otras industrias o como materias primas para la síntesis de nuevas sustancias<sup>8</sup>.

Una vez que los hidrocarburos alcanzan el medio ambiente pueden sufrir procesos de autooxidación bajo condiciones aerobias. Este fenómeno, no biológico, consiste en el desencadenamiento de reacciones de radicales libres formadores de hidroxiperóxidos que son rápidamente oxidables mediante la activación por luz ultravioleta, calor o presencia de iones metálicos<sup>8</sup>.

Algunos componentes del petróleo son susceptibles de ser degradados por microorganismos, entre los que se encuentran algunos hongos como el *Penicillium glaucum*, algunas levaduras como *Candida utilis* y algunas especies de bacterias como *Pseudomonas*, *Nocardia* y *Mycobacteria*. Se ha visto que dichos organismos pueden degradar con más facilidad los compuestos lineales que los ramificados, en tanto que son muy pocos aquellos que pueden degradar compuestos aromáticos. Los hidrocarburos alicíclicos son los menos susceptibles al ataque microbiano y por lo tanto son considerados como no biodegradables en la mayoría de los casos<sup>8</sup>.

**TABLA 2.5**  
**PRINCIPALES FAMILIAS QUE AGRUPAN A LOS**  
**COMPONENTES DEL PETRÓLEO CRUDO**

- **ALCANOS**
- **CICLOALCANOS**
- **HIDROCARBUROS AROMÁTICOS**
  - Azufrados
  - No azufrados
- **COMPUESTOS NITROGENADOS**
- **COMPUESTOS OXIGENADOS**
- **ASFALTENOS**
  - Aceites
  - Resinas
  - Breas

FUENTE: 8

### 2.3.2 SUSTANCIAS TÓXICAS INORGÁNICAS.

Las principales sustancias inorgánicas pueden dividirse en dos grandes grupos: metales y no metales. La estructura electrónica de los átomos de los elementos metálicos se destaca por tener de 1 a 3 electrones en la última órbita. Esta característica en la distribución electrónica provoca que los átomos tiendan a perder con gran facilidad los electrones del nivel más extremo, lo cual determina propiedades químicas y físicas comunes y claramente distintivas a estos elementos. Las principales propiedades físicas de los metales son las siguientes: poseen brillo, son maleables, dúctiles, buenos transmisores de la electricidad y el calor con excepción del mercurio son sólidos y la mayoría tienen pesos específicos elevados. A continuación se enlistan algunos de los metales con mayor importancia ecológica: K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Be, Fe, Ni, Cr, Sn, Cu, Pb, Al, Hg, Ag, Au, Pt, Mo, Co, Cd, Sr, Ba, Mo, Tl y Sb.

Los átomos de los elementos no metálicos presentan de 4 a 7 electrones en el último nivel, en consecuencia, tienden a captar electrones a fin de alcanzar una distribución electrónica estable (8 electrones en la capa más externa). Como es lógico suponer, tanto de la discusión anterior como de la denominación misma de estas sustancias, las propiedades físicas de los no metales son precisamente contrarias a las que distinguen a los metales. Desde el punto de vista ecológico, los principales elementos no metálicos son los siguientes: F, Cl, Br, I, O, S, Se, N, P, As, C, Si y B. En este grupo se encuentran la gran mayoría de los nutrientes utilizados por los organismos.

En cuanto a su distribución en el ambiente, es raro que los metales y los no metales existan en estado libre, los metales suelen estar combinados con diferentes elementos, formando compuestos estables que reciben el nombre de minerales. Los minerales son casi siempre óxidos o sales de sulfuros, carbonatos, sulfatos, cloruros, etc. Dichos minerales

se presentan incluidos en rocas o en depósitos sedimentarios, de donde han sido extraídos para distintos fines y a partir de lo cual se ha desarrollado la actividad minera.

La gran diversidad de formaciones geológicas con que cuenta el país es la causa de la enorme riqueza mineral de nuestro territorio. México cuenta con vastos yacimientos minerales que han sido explotados desde antes de la conquista; el esplendor de dichos yacimientos despertó la codicia de los conquistadores y fue uno de los estímulos más importantes para la exploración de los territorios de varios países americanos<sup>48</sup>.

Los españoles lograron descubrir y explotar importantes reservorios de oro y plata, de forma que el país pronto alcanzó fama en el mundo entero como productor de metales preciosos. Esta actividad sirvió como base para la fundación de algunas ciudades importantes del país, como Guanajuato, Pachuca, Zacatecas, etc., el esplendor de la minería predominó durante toda la colonia y el siglo XIX<sup>49</sup>; sólo hasta principios de este siglo, a causa de la baja en el precio de algunos minerales, al agotamiento de los fondos y al entusiasmo que provocó en los inversionistas el desarrollo de la industria del petróleo, es que disminuyó el apogeo de la industria minera.

A pesar de que se habla del agotamiento de algunas minas, hasta el momento sólo se considera que se ha explotado el 1.5 % de los yacimientos en México; actualmente se benefician 44 minerales diversos, de los cuales 2 son metales preciosos (Oro y Plata), 15 industriales y 27 no metálicos. Los estudios realizados por el sector minero en los últimos años indican una reserva mineral de: 700 mil toneladas de azufre en la cuenca del Istmo, 17 millones de toneladas de hierro en Michoacán, 900 mil ton. de carbón en Coahuila, 1.5 millones de ton. de minerales no ferrosos y preciosos que contienen leyes comerciales de oro, plata, plomo y zinc, en los estados de Jalisco, San Luis Potosí y el Estado de México. De acuerdo con las estadísticas del INEGI<sup>19</sup>, la industria minera participó en 1992 con el 1.05 % del PIB nacional<sup>19</sup>. En la Tabla 2.6 se muestra la producción de metales, en la 2.7 el volumen de la importación y en la 2.8 la producción nacional de no metales.

**TABLA 2.6**  
**PRODUCCIÓN NACIONAL DE METALES \***

METAL	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
ANTIMONIO	2 839	2 185	1 906	2 627	2 752	1 064
CADMIO	1 249	1 726	1 439	1 346	1 253	1 323
COBRE	231	268	249	291	267	227
MERCURIO	345	103	300	345	720	700
ORO	7 988	9 098	8 613	6 208	8 858	10 857
PLATA	2 415	2 359	2 306	2 324	2 207	2 325
PLOMO	177	171	163	174	159	173
SELENIO	29	13	20	12	3	0
ZINC	271	262	284	299	302	341

FUENTE: 19

\* MILES DE TONELADAS

**TABLA 2.7**  
**VOLUMEN DE LA IMPORTACIÓN MINERO METALÚRGICA**  
**SEGÚN PRODUCTO\***

METAL	AÑO				
	1987	1988	1989	1990	1991
ALUMINIO	6 011	22 909	34 501	42 510	65 317
ARSÉNICO	86	23	103	8	39
BERILIO	NS	22	0	0	1
CADMIO	133	121	7	2	2
COBALTO	63	75	19	11	20
COBRE	40 785	28 958	29 067	19 633	12 137
CROMO	45 016	38 368	29 371	29 020	22 046
FIERRO	756 400	806 467	124 741	143 282	80 883
MAGNESIO	715	929	1 018	797	982
MANGANESO	186 380	65 234	167 578	137 416	80 713
MERCURIO	NS	NS	276	NS	35
NÍQUEL	2 280	2 042	1 481	2 003	1 764
PLOMO	2 947	4 558	1 648	2 762	1 566
SELENIO	66	8	38	45	40
TITANIO	81 632	81 605	100 057	128 262	153 187
ZINC	1 829	8 524	20 522	8413	7 492

FUENTE 19

\* TONELADAS

**TABLA 2.8**  
**PRODUCCIÓN NACIONAL DE ALGUNOS NO METALES\***

NO METAL	AÑO					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
AZUFRE	2 304	2 138	2 086	2 136	1 792	1 504
GRAFITO	38	44	40	25	30	35
BARITA	401	535	325	311	192	188
FLUORITA	724	756	779	673	324	232
YESO	2 458	2 649	2 805	2 805	2 318	2 559
FELDESPATO	91	86	113	124	139	137

FUENTE 19

\* MILES DE TONELADAS



Con respecto a los metales, desde el punto de vista toxicológico, los mayores problemas son generados por aquellos que presentan las densidades más altas (mayores que  $5 \text{ g/cm}^3$ ), mismos que son conocidos como metales pesados en los que quedan comprendidos: Estroncio, Antimonio, Cadmio, Cromo, Zinc, Manganeso, Estaño, Cobalto, Níquel, Cobre, Bismuto, Molibdeno, Plata, Plomo, Talio, Oro y Platino.

La acción tóxica de los metales sobre los organismos puede ser ocasionada por alguno de los mecanismos siguientes :

- Unión a enzimas en grupos sulfhidrilo funcionales.
- Afinidad fuerte a ligandos biológicos como fosfatos, purinas, pirimidinas y ácidos nucleicos.
- Formación de compuestos que se comportan como antimetabolitos, catalizadores o agentes quelantes.
- Formación de compuestos que se combinan con la membrana celular.
- Reemplazo de elementos estructurales importantes.

Debido a la naturaleza de los metales, no pueden ser transformados por los organismos a formas inócuas, lo cual los obliga a adoptar estrategias alternativas a la degradación; por ejemplo, los organismos superiores, a fin de evitar que estos elementos les causen un daño inmediato los inmovilizan y acumulan en los tejidos grasos, incluido el sistema nervioso y el cerebro. En consecuencia, si el suministro de metales al organismo es constante, aun cuando se trate de muy bajas concentraciones, pueden alcanzarse niveles tóxicos. Por otra parte, la concentración de estos elementos puede ser magnificada a través de las redes tróficas, en donde un nivel de organismos puede contener bajas concentraciones de algún metal y al ser consumido por el eslabón superior, dicha concentración se incrementa en varios órdenes de magnitud.

De aquí que se haya aprendido de forma amarga que la dilución de los compuestos tóxicos no biodegradables hasta niveles traza, detectables sólo por técnicas muy sofisticadas, no es garantía de seguridad. Algunos de los trastornos ocasionados a los seres humanos por metales pesados son: Corrosión de tejidos, alteraciones neurológicas, inhibición de enzimas, porosidad en huesos, carcinomas y teratogénesis. En la Tabla 2.8 se observa la clasificación de los metales de acuerdo a su toxicidad .

Del grupo de los no metales, el principal problema se encuentra en los elementos del grupo VII de la Tabla periódica (F, Cl, Br, I), los cuales por su configuración atómica son altamente reactivos.

TABLA 2.8  
CLASIFICACIÓN DE LOS METALES DE ACUERDO A SU TOXICIDAD

NO CRÍTICOS		TÓXICOS PERO MUY INSOLUBLES O RAROS		MUY TÓXICOS			
METAL	DENSIDAD REL	METAL	DENSIDAD RELATIVA	METAL	DENSIDAD RELATIVA	METAL	DENSIDAD RELATIVA
Na	0.97	Ti	4.5	Bc	1.82	Ug	11.5
K	0.85	Hf	12.1	Co	8.9	Sb	6.68
Mg	1.74	W	19.3	Ni	8.9	Tc	6.24
Ca	1.55	Re	-	Cu	8.92	Pd	12.0
Fe	-	Ga	-	Au	19.3	Ag	10.5
Li	0.53	Os	22.48	Pb	11.34	Cd	6.8
Rb	1.47	Rh	12.5	Zn	7.14	Tl	11.85
Sr	5.75	Ir	22.4	Sa	5.75	Bi	9.8
Al	2.7	Ru	8.6	As	5.73	Se	4.26
		Ra	3.5				

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO**

---

A fines del siglo pasado, la Cuenca del Río Blanco fue considerada como la zona más industrializada del país. Este desarrollo industrial de la cuenca se dio gracias a sus características físicas y geográficas, que en mucho han determinado la distribución de la población y de las actividades económicas que ahí se realizan. Si bien, su importancia relativa ha disminuido debido al gran desarrollo de otros polos poblacionales e industriales en el país, esta región sigue incrementando el número de sus establecimientos industriales cuyos desechos llegan directamente o indirectamente al Río Blanco.

Por otra parte, las aguas de retorno agrícola y las descargas municipales de las poblaciones también son vertidas en el río; el conjunto de todas estas descargas han originado que la Cuenca del Río Blanco sea de las más contaminadas del país.

Sin embargo, la naturaleza continúa siendo benévola con el hombre, ya que a pesar de la cantidad tan grande de contaminantes que se vierten al agua, los diferentes cauces comprendidos en la cuenca son capaces de asimilar una buena parte de ellos, debido nuevamente a las características físicas y geográficas en que se encuentran ubicados, y que se describirán en seguida. Dicha asimilación de contaminantes ha echo que el cauce presente mejores condiciones que las que presentaría en otras circunstancias.

### 3.1 LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Blanco se ubica en su mayor parte en el estado de Veracruz y en pequeñas poblaciones del estado de Puebla, entre las coordenadas  $18^{\circ} 15''$  y  $19^{\circ} 03''$  de latitud norte y entre los meridianos  $95^{\circ} 40''$  y  $97^{\circ} 22''$  de longitud oeste, dentro de la vertiente del Golfo de México, tal como se muestra en la Figura 3.1. Forma parte de la región hidrológica No. 28, denominada Cuenca del Río Papaloapan. Sigue una trayectoria general oeste este y desemboca en la laguna de Alvarado. Limita al norte con las cuencas de los ríos Atoyac y Tlalixcoyan, al sur y al este con la del río Papaloapan y al oeste con la del río Salado. Abarca un área de  $2,738 \text{ Km}^2$ , que corresponde al 0.14% del territorio nacional, en la cual quedan comprendidos 36 municipios del estado de Veracruz y 2 del estado de Puebla<sup>35</sup>. En la Tabla 3.1 aparecen los municipios que conforman la cuenca del río Blanco; su localización se aprecia en la Figura 3.2.

FIGURA 3.1. LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO BLANCO.

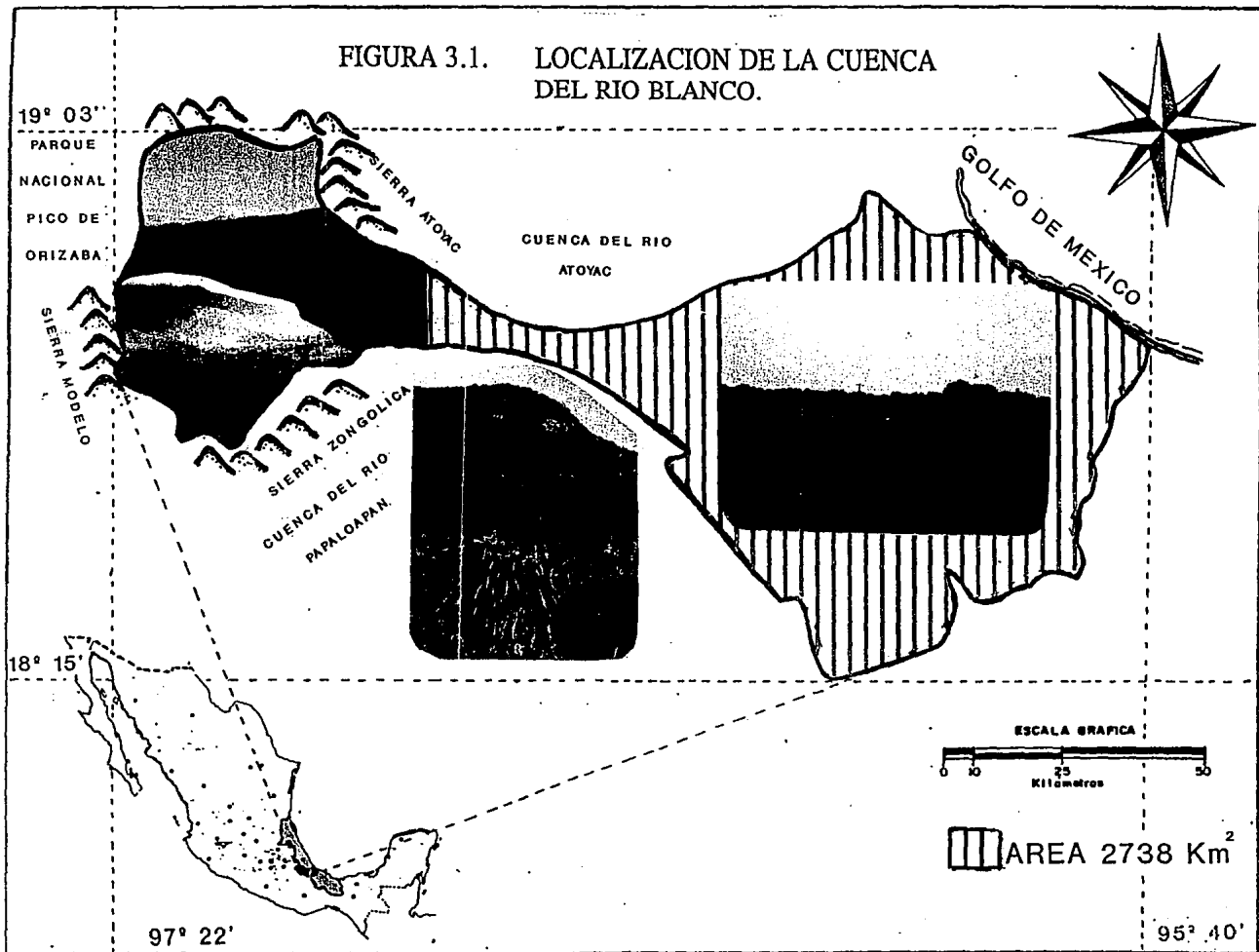
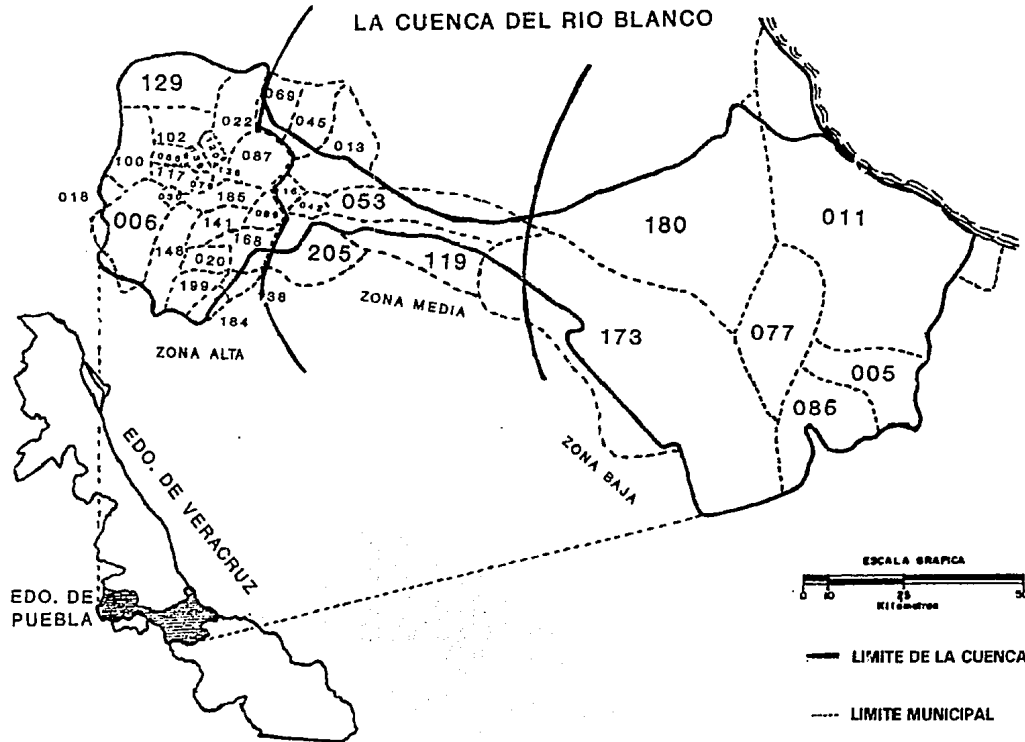


FIGURA 3.2 MUNICIPIOS QUE CONFORMAN  
LA CUENCA DEL RIO BLANCO



**TABLA 3.1**  
**MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Zona	Clave	Municipio
Estado: Puebla		
Alta	023	Atzizintla
	063	Esperanza
Estado: Veracruz		
Alta	006	Acultzingo
	018	Aquila
	020	Atlahuilco
	022	Atzacán
	030	Camerino Z. Mendoza
	076	Huiloapan de Cuauhtémoc
	085	Ixhuatlancillo
	087	Ixtaczoquitlán
	099	Magdalena
	100	Maltrata
	102	Mariano Escobedo
	117	Nogales
	120	Orizaba
	129	La Perla
	136	Rafael Delgado
	138	Los Reyes
	189	Río Blanco
	141	San Andrés Tenejapa
	148	Soledad Atzompa
	168	Tequila
Media	184	Tlaquilpa
	185	Tiilapa
	013	Amatlán de los Reyes.
	042	Coetzala
	045	Córdoba
	053	Cuichapa
	069	Fortín
	115	Naranjal
	119	Omealca
	173	Tierra Blanca
Baja	199	Xoxocotla
	205	Zongolica
	005	Acula
	011	Alvarado
	077	Ignacio de la Llave
	086	Ixmatlahuacán
	180	Tlalixcoyan

FUENTES:



## 3.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA

Las características físicas y geográficas de la cuenca del río Blanco son diversas, aquellas que pudieran tener influencia sobre la presencia de compuestos tóxicos y de su estado físico, en las aguas o en el lecho del río son: las geológicas, el tipo de rocas, la actividad sísmica, el tipo de suelos y el clima.

### 3.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

El territorio mexicano es uno de los más accidentados de la tierra, salvo la gran llanura de la Península de Yucatán, pocos son los lugares de la República desde los que no puedan percibirse montañas en el horizonte<sup>25</sup>. El estado de Veracruz no es la excepción, presenta características físicas, geológicas y morfológicas diversas, quedando comprendidas en esta entidad la Llanura Costera del Golfo, la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico y la Planicie Costera Suroriental. La cuenca del río Blanco se encuentra comprendida en las provincias de la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico y en la Llanura Costera del Golfo.

#### 3.2.1.1 Provincia de la Sierra Madre Oriental.

La provincia de la Sierra Madre Oriental se inicia en la parte central del Estado de Nuevo León y corre hacia el sur-sureste, hasta el centro de Puebla y Veracruz, donde se une con el eje Volcánico Transversal. Visto desde la Planicie Costera Nororiental, este sistema montañoso se levanta en forma muy importante<sup>25</sup>. En esta área se encuentra situada la parte alta de la cuenca del río Blanco. Está formada por una serie de sinclinales y anticlinales, cuya edad data del cretácico. Su litología está constituida por calizas y lutitas con depósitos de tipo continental y algunos derrames de lava<sup>11</sup>.

En estas zonas, las pendientes son de 16-30%. El suelo en este rango puede tener uso urbano, aunque no con todas las condiciones óptimas, debido a que es difícil dotar de servicios. Esta zona presenta poca actividad agropecuaria.

### **3.2.1.2 Provincia del Eje Volcánico.**

Es un sistema montañoso no del todo continuo, situado a lo largo de los paralelos 19° y 20° N, que marca el extremo meridional de la Altiplanicie Mexicana y la separa de la depresión del Balsas. Incluye las prominencias topográficas más altas de México, formadas por volcanes como el Pico de Orizaba ( 5650 msnm). La mayor parte de los amplios valles que se intercalan entre las montañas se sitúan a altitudes cercanas a 2000 msnm <sup>25</sup>.

En esta zona dominan las rocas calizas y se presentan rasgos cárnicos, como el descenso denominado Cumbres de Acultzingo, enorme depresión formada por la fusión de varias colinas grandes. Un rasgo sobresaliente es el Valle del Río Blanco, que va desde Acultzingo hasta Córdoba, el cual tiene ramificaciones importantes como las de Maltrata y Rafael Delgado<sup>11</sup>.

Hacia el Pico de Orizaba existen pendientes de 31-70%. Las zonas con pendientes moderadas tienen posibilidad de uso urbano ya que son aptas para el asentamiento de grupos humanos; sin embargo, para la actividad agropecuaria son inaccesibles por su pendiente.

### 3.2.1.3 Provincia de la Llanura Costera del Golfo.

Ocupa una franja de tierras bajas situadas hacia el sur del río Bravo, que llegan hasta el centro del Estado de Veracruz. Su borde occidental lo constituye la Sierra Madre Oriental; al norte de Monterrey, donde la sierra se desvanece, la Planicie Costera confluye directamente con el Altiplano Mexicano mediante un área de transición de declives suaves. Por el sur la limita la Sierra Naolinco, que forma el extremo oriental del Eje Volcánico<sup>25</sup>.

La mayor parte de su superficie, a excepción de la discontinuidad fisiográfica de los Tuxtles y algunos lomeríos bajos, está muy próxima al nivel del mar y cubierta por material aluvial, ya que sufre inundaciones con frecuencia.

Las partes media y baja de la Cuenca del río Blanco están formadas por una serie de estructuras de sinclinales y anticlinales, que datan del cuaternario. Su litología comprende principalmente rocas sedimentarias aluviales y marinas<sup>11</sup>

En la parte media y baja de la cuenca se presentan pendientes de 4-15%. Este rango es considerado como adecuado para uso urbano y actividades agropecuarias, debido a que es fácil dotar de servicios<sup>11</sup>.

Hacia el final de la cuenca, en la parte baja, se presentan pendientes de 0-3%, que desde el punto de vista técnico y económico implica algunas dificultades, ya que en superficies extensas la red de drenaje tiene que profundizarse. El establecimiento de la actividad agropecuaria es muy alto, aunque la zona tiende a presentar inundaciones<sup>11</sup>.

### **3.2.2 TIPO DE ROCAS**

En el Estado de Veracruz afloran rocas con minerales metálicos y no metálicos, así como extensos recursos petroleros, tanto en el continente como en cuencas submarinas; las cuales influyen en la ubicación de los asentamientos humanos actuales y futuros<sup>11</sup>.

El origen de los afloramientos se debe al depósito de sedimentos en mares someros, existentes en el cretácico y jurácico principalmente. Estos afloramientos fueron levantados por movimientos orogénicos ocurridos durante el Mesozoico y Cenozoico<sup>11</sup>.

Los afloramientos que se encuentran en la cuenca del río Blanco, en donde ésta se inicia, pertenecen al cretácico inferior; por otra parte, el tipo de rocas localizadas en la zona de Orizaba y Maltrata son calizas y lutitas con origen en el cretácico superior. El resto de la cuenca (90%) pertenece al cuaternario y está conformada por suelos que se originaron de rocas sedimentarias<sup>11</sup>.

Desde el punto de vista mineral, en la cuenca del río Blanco se han identificado las rocas mostradas en la Tabla 3.2; de ellas destacan la clorita, cristobalita, cuarzo, illita y oligoclasa. Dichas rocas se encuentran distribuidas en toda la cuenca; en tanto que la montmorillonita y hornblenda aparecen con más frecuencia en la parte media y alta de la cuenca. La vermiculita, magnetita, feldespatos y caolinita aparecen mayormente en la parte baja<sup>1</sup>.

### **3.2.3 ACTIVIDAD SÍSMICA**

La cuenca del río Blanco se encuentra ubicada dentro de la zona sísmica del Estado de Veracruz. En la zona de Alvarado es donde los sismos han sido más frecuentes<sup>11</sup>.

### **3.2.4 TIPOS DE SUELOS**

En el Estado de Veracruz existe una gran variedad de suelos; la mayoría son aptos para usos agrícolas; no obstante, la productividad de éstos está condicionada a las características ambientales, grados de pendiente y hábitos de la población.

Según la clasificación FAO/UNESCO, en el estado de Veracruz existen 9 tipos diferentes de suelos; en la cuenca del río Blanco se encuentran aquellos que aparecen en la Figura 3.3 y que se describen a continuación.

#### **3.2.4.1 Andosol órtico**

Este tipo de suelo se presenta principalmente en las zonas de Orizaba y Córdoba; cubre aproximadamente el 18% de la superficie total de la cuenca. Por su alta susceptibilidad a la erosión debe dedicarse a la explotación forestal o bien al establecimiento de parques recreativos.

#### **3.2.4.2 Luvisol vítrico**

Este suelo está extendido en una gran parte de la cuenca del río Blanco, abarca aproximadamente el 55% de la superficie total de la misma. Estos suelos son ricos en nutrientes y son en general de fertilidad moderada.

#### **3.2.4.3 Gleysol mólico**

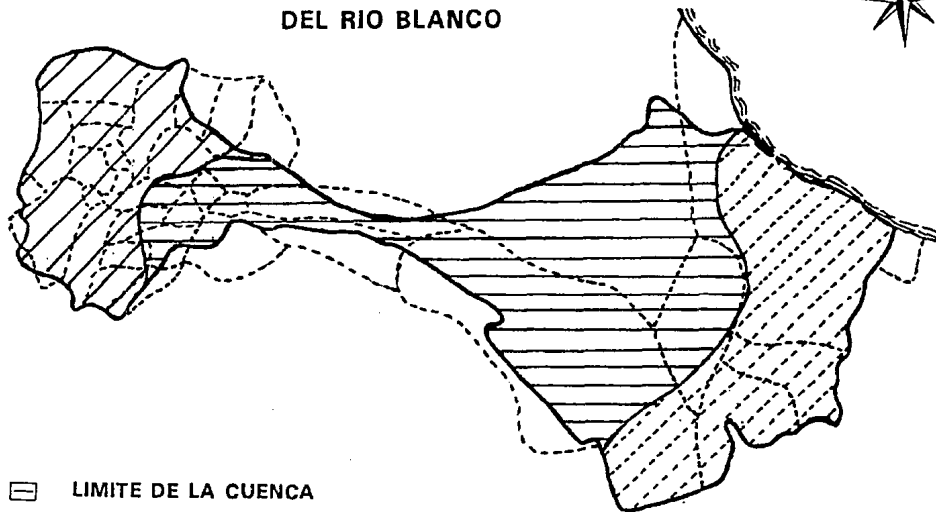
Este tipo de suelos se presenta en un 27% del total de la superficie de la cuenca, son suelos adecuados para los cultivos que toleran exceso de agua; se ubican principalmente en la zona de Alvarado.





**TABLA 3.2**  
**MINERALES ENCONTRADOS EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO**

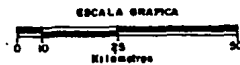
Montmorillonita	$(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2 (\text{Al}, \text{Mg})_6 (\text{OH})_{10} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Clorita	$\text{Si}_5\text{O}_{10} (\text{Mg}, \text{Fe})_3 (\text{Al}, \text{Fe}^{+3})_2 (\text{OH})_6$
Illita	$\text{K}_2\text{O} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3)_4 (\text{SiO}_2)_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Vermiculita	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2 (\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Cristobalita	$\text{SiO}_2$
Feldespató	$\text{Si}_3\text{O}_5\text{AlK}$
Cuarzo	$\text{SiO}_2$
Caolinita	$\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2 (\text{OH})_4$
Óxidos de Hierro (magnetita)	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
Oligoclasa	$\text{Si}_3\text{Al}_2\text{O}_7\text{Na}$ a $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_6\text{Ca}$
Hornblenda	$\text{Si}_4\text{O}_{22} (\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_3 \text{Ca}_2\text{Na} (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4$



Fuente: 1

FIGURA 3.3 EDAFOLOGIA DE LA CUENCA  
DEL RIO BLANCO



-  LIMITE DE LA CUENCA
-  ANDOSOL ORTICO
-  LUVISOL VITRICO
-  GLEYSOL MOLICO



-  LIMITE DE LA CUENCA
-  LIMITE MUNICIPAL

### **3.2.5 CLIMATOLOGÍA.**

Debido a la extensión y topografía de la cuenca del río Blanco, se presentan tres diferentes condiciones climáticas: climas cálidos, semicálidos húmedos y semifríos, además de fríos<sup>35</sup>.

#### **3.2.5.1 Climas cálidos húmedos y subhúmedos.**

Estos climas se distribuyen en las llanuras costeras al sur del Golfo de México, a una altitud máxima de 1000 msnm.

##### **A) Húmedos.**

En las regiones donde se encuentran estos climas, la temperatura promedio del mes más frío es superior a 18°C y la media anual mayor de 22 °C. Los climas cálidos húmedos se dividen en dos: los que presentan lluvia abundante en verano y los lluviosos, donde se presenta lluvia todo el año. Los primeros se extienden desde Cosomaloapan hasta Alvarado en la zona costera y por el occidente hasta el sur de Córdoba. En esta zona la precipitación total anual varía de 2000 a poco más de 3500 mm y las temperaturas medias anuales de 22°C a 26 °C. Los segundos no se encuentran en la cuenca y en general son escasos en el país<sup>35</sup>.

##### **B) Cálidos subhúmedos con lluvias en verano.**

Estos climas se registran en una llanura boreal, desde Cosomaloapan y Tierra Blanca hasta Veracruz y Actopan. Esta zona presenta una degradación en dos núcleos, ambos con una precipitación invernal superior a 5 mm. La lluvia total anual varía de 2000 a 1000 mm<sup>35</sup>.



### C) Semicálidos húmedos.

Los climas semicálidos húmedos se presentan en zonas con alturas promedio de 1000 a 1600 msnm. La región con este clima, cuyas lluvias se distribuyen durante todo el año, abarca parte de Orizaba<sup>35</sup>.

#### 3.2.5.2 Climas semifrío y frío con lluvias en verano.

Este tipo de climas se distribuyen entre los 2880 y 3800 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. La temperatura media y la precipitación total anual fluctúan de 5 a 12 °C y de 600 a 1200 mm, respectivamente. En la región más elevada de dichas estructuras volcánicas, a partir de los 3800 m, el clima que predomina es frío, con una temperatura media anual entre 2 y 6°C, siendo la media mensual más baja inferior a 0°C. Estas características no favorecen el crecimiento de vegetación, puesto que el suelo está permanentemente congelado<sup>35</sup>.

En las Figuras 3.4 y 3.5 se presentan las gráficas de precipitación y temperatura anuales, respectivamente. Los datos que se presentan en dichas Figuras corresponden a las estaciones climatológicas de Acultzingo (1660 msnm), Río Blanco (1260 msnm), Fortín de las Flores (697 msnm) y Joaquín (40 msnm).

FIGURA 3.4 PRECIPITACION ANUAL EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.

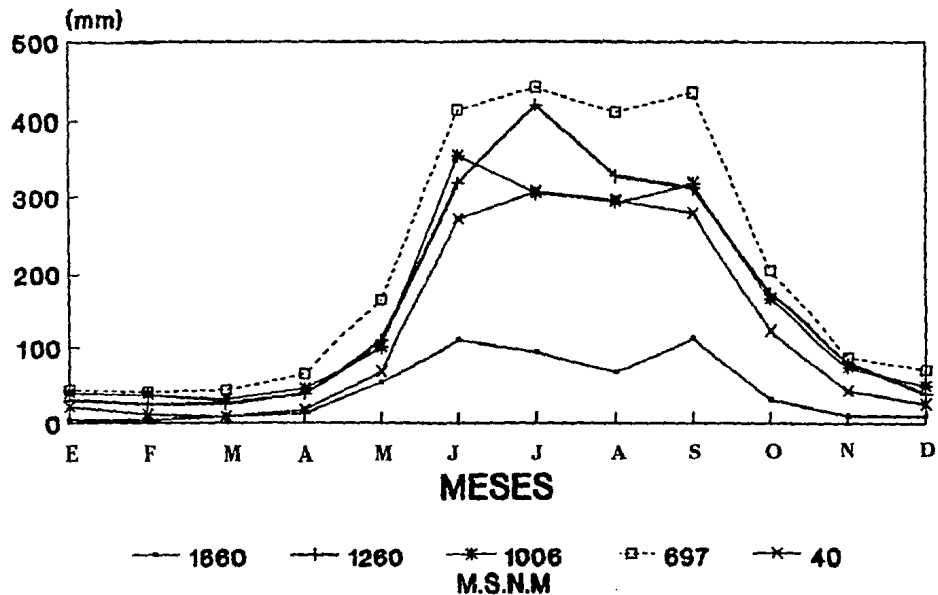
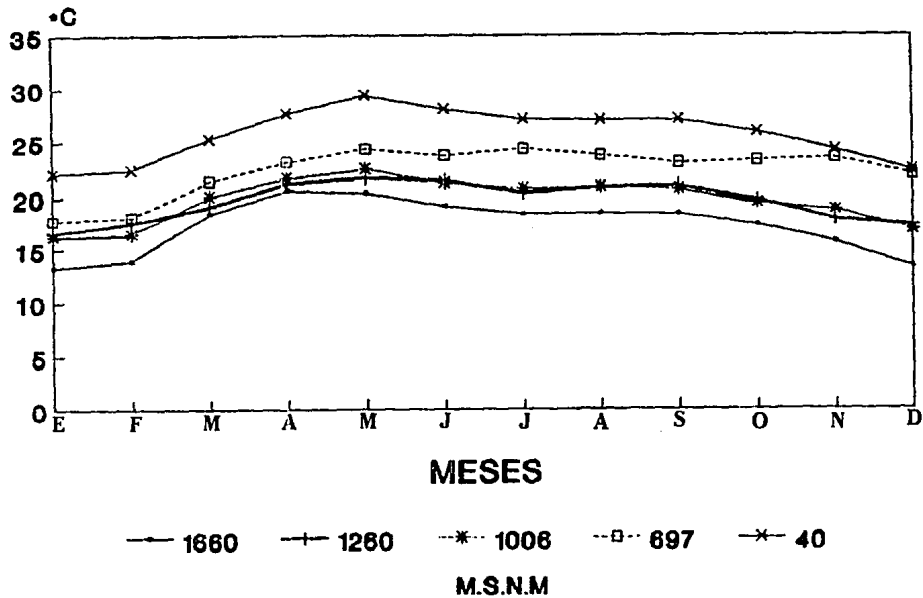


FIGURA 3.5 TEMPERATURAS ANUALES EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



## **4. METODOLOGÍA**

La gran mayoría de los trabajos realizados para evaluar el estado de contaminación de las cuencas hidrológicas del país <sup>1, 2, 10, 22, 29, 31, 32, 33,34, 35 y 41</sup> se han llevado a cabo sin un análisis previo de las condiciones que prevalecen en el área, de forma tal que el trabajo de campo no está diseñado en función de las características de la zona. La planeación, básicamente, se limita a considerar algunos aspectos geográficos elementales; pero se omiten los factores socioeconómicos, tipo de industrias, desechos que se generan, etc. Lo cual provoca que el trabajo de campo se efectúe en forma empírica, es decir, sin tener el suficiente sustento para decidir lo que se busca, dónde y cómo buscarlo. Algunos estudios, a pesar de que incluyen información útil, sólo aparece en forma protocolaria, puesto que no se emplea para la planeación del estudio.

Si se toma en cuenta que la evaluación del riesgo es el principal objetivo de los trabajos en toxicología ambiental; la gran mayoría de los estudios realizados hasta ahora no han podido cumplir con su finalidad esencial, puesto que el cúmulo de datos obtenidos, debido a la metodología esencialmente empirista empleada, no pueden ser integrados de forma que pueda estimarse el riesgo. En consecuencia, debe hacerse un esfuerzo consciente y sistemático a fin de que tales estudios realmente estén orientados a la obtención de los datos que permitan evaluar, objetivamente, la probabilidad de que los sistemas sean alterados.

A fin de hacer un diseño adecuado de la metodología a seguir, el primer paso fue avocarse a la obtención de información que permitiera contar con elementos de juicio para realizar la planeación del trabajo de campo. Por tal motivo, en el presente estudio se realizó una investigación de gabinete, priorizando los aspectos relevantes en la evaluación del riesgo; estos factores fueron los siguientes:

- 
- a) **Magnitud y tipo de poblaciones involucradas en la generación de sustancias tóxicas.**
  - b) **Características hidrológicas e hidrométricas de la cuenca.**
  - c) **Identificación y localización de las fuentes de generación de sustancias tóxicas (puntuales y dispersas).**
  - d) **Tipo de sustancias tóxicas generadas.**
  - e) **Características tóxicas y de persistencia en el ambiente de los compuestos que presentan una mayor probabilidad de ser encontrados.**

**La integración de dicha información permitió comenzar a visualizar, de forma general, los siguientes aspectos:**

- a) **Definir las principales fuentes de generación de sustancias tóxicas prioritarias en el área.**
- b) **Principales zonas de riesgo.**
- c) **Establecer el tipo de problemática presente (tipo de tóxicos y principales problemas).**

**Una vez que se contó con la información anterior, se realizó una visita prospectiva a la cuenca, con el propósito de afinar la información obtenida y bajo este marco definir el trabajo de campo.**

## 4.1 LINEAMIENTOS DEL TRABAJO

La información estadística que se produce y maneja en el país generalmente se publica a nivel estado, sólo en algunos casos se hace a nivel municipio; pero nunca a nivel cuenca hidrológica. Por otra parte, la cuenca del Río Blanco ha sido considerada como una subcuenca del Papaloapan, debido a que ambos cauces desembocan en la misma laguna (Alvarado). Dado que la cuenca del Papaloapan tiene dimensiones mucho mayores que la del Blanco, la información relativa a esta segunda cuenca aparece minimizada en los informes hidrológicos e hidrométricos. Las razones anteriores hacen que sea escasa la información publicada, tanto socioeconómica como hidrológica, sobre la cuenca del Río Blanco; de hecho no fue suficiente para cubrir las necesidades del presente estudio.

Por tal motivo, fue necesario buscar otras fuentes de información, tarea que se inició con la elaboración del mapa correspondiente a la cuenca del Río Blanco, a partir del mapa de la Cuenca del Río Papaloapan (que aparece publicado en el Boletín hidrológico de la Cuenca del Papaloapan) y de las cartas topográficas de la zona.

Una vez realizado el mapa, fue modificado de manera tal que pudiera ser sobrepuesto con el mapa por municipios del Estado de Veracruz y así poder obtener la lista de municipios que conforman la cuenca; ya contando con la lista de municipios, fue posible obtener, de los datos socioeconómicos publicados por el INEGI a nivel estado, la información necesaria para conocer los aspectos sobresalientes relativos a la cuenca hidrológica.

Para el caso de la hidrología y la hidrometría, los datos básicos fueron obtenidos de los boletines hidrológicos e hidrométricos de la cuenca del Río Papaloapan<sup>45</sup>; y de las cartas con escala 1:50 000 publicadas por INEGI; la información anterior se complementó

mediante: las observaciones realizadas en campo durante la visita prospectiva; en la cual, se llevaron a cabo las observaciones correspondientes al tipo de lecho y flujo además de aforos y toma de parámetros de campo (temperatura, pH y oxígeno disuelto) en 10 estaciones establecidas a lo largo de toda la cuenca; por último también se emplearon los datos de la Red Nacional de Calidad del Agua proporcionados por la Gerencia de Aguas Superficiales de la Comisión Nacional del Agua (información sin publicar).

Los datos de carga orgánica y de gasto de agua residual producida por municipio fueron estimados a partir de los datos de población, el porcentaje de alcantarillado y considerando una generación de material orgánico de 56 g DBO<sub>5</sub>/hab/día y una dotación de agua potable de 200 l/hab/día. Las estimaciones para el año 2005, se calcularon haciendo una proyección de la población actual, por el método geométrico y un incremento en el porcentaje de alcantarillado semejante al obtenido en el período 1980 - 1990.

La información correspondiente a la industria se obtuvo del Directorio Industrial del Estado de Veracruz, en donde aparecen las empresas establecidas por municipios; después estas empresas fueron ordenadas de acuerdo a la actual clasificación que sigue la Secretaría de Hacienda y Crédito Público<sup>36</sup>.

Una vez clasificadas las empresas, fue posible relacionarlas con el listado "Giros Industriales con Contenido Potencial de Contaminantes Tóxicos Prioritarios en sus Descargas Líquidas"<sup>30</sup>, para así obtener un listado de tóxicos por actividad, por municipio y por zona dentro de la Cuenca. De dichos listados se obtuvo la relación de tóxicos vertidos potencialmente en la cuenca y la ubicación de las posibles fuentes. Por último, se investigaron las características físicoquímicas de las sustancias que, por el número de empresas que pueden verterlas, tenían mayor probabilidad de ser encontradas; estos datos, junto con la información hidrológica, después de haber sido integrados y analizados, permitieron planear de forma más objetiva el trabajo en campo.



Las áreas a ser estudiadas se seleccionaron considerando tanto las propiedades de las sustancias que potencialmente pudieran ser vertidas, como las características hidrológicas del cauce.

De las sustancias tóxicas que potencialmente pudieran estar presentes, los metales pesados tienen una mayor probabilidad de ser encontrados dada su nula degradabilidad, lo cual hace que tiendan a acumularse en las regiones donde el régimen de flujo lo permita.

En cuanto a las características del cauce, las zonas donde el agua pierde velocidad y tiene una menor turbulencia son las más susceptibles de acumular sustancias tóxicas. De aquí que de toda la cuenca del Río Blanco, se decidiera muestrear la Presa Tuxpango, por ser el cuerpo de agua léntico de mayores dimensiones en la zona alta, que de acuerdo la información recabada pudiera recibir una de las mayores cargas de sustancias tóxicas.

La presa Tuxpango se construyó en 1905 para la generación de energía eléctrica. Se localiza en el municipio de Ixtaczoquiltán, entre las coordenadas  $18^{\circ} 51' 06''$  y  $18^{\circ} 50' 25''$  de latitud norte y  $97^{\circ} 32'$  y  $97^{\circ} 48'$  de longitud oeste, a 5 km de la ciudad de Orizaba; presenta un volumen de 500, 000 m<sup>3</sup> con una superficie de 300 Ha. En esta área se fijaron 11 estaciones de muestreo de la forma en que se indica en las Figuras 4.1. y 4.2 y en la Tabla 4.1

Es decir, se fijó una estación en el manantial Ojo de Agua, la cual serviría de referencia, ya que se encuentra ubicada antes de las zonas urbanas e industriales; otra estación a la entrada de la presa (Pte. Ixtaczoquiltán); otra a la salida de la misma (Puente Tuxpango) y 9 distribuidas dentro de la presa.

**TABLA 4.1**  
**ESTACIONES DE MUESTREO**

ZONA	ESTACIÓN	PUNTO DE REFERENCIA
Alta	Ojo de Agua	Nacimiento del Arroyo Escamela
Alta	Pte.Ixtaczoquitlán.	Entrada a la Presa
Alta	Presa Tuxpango 1	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 2	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 3	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 4	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 5	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 6	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 7	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 8	Interior de la presa
Alta	Presa Tuxpango 9	Interior de la presa
Alta	Puente Tuxpango	Salida de la Presa

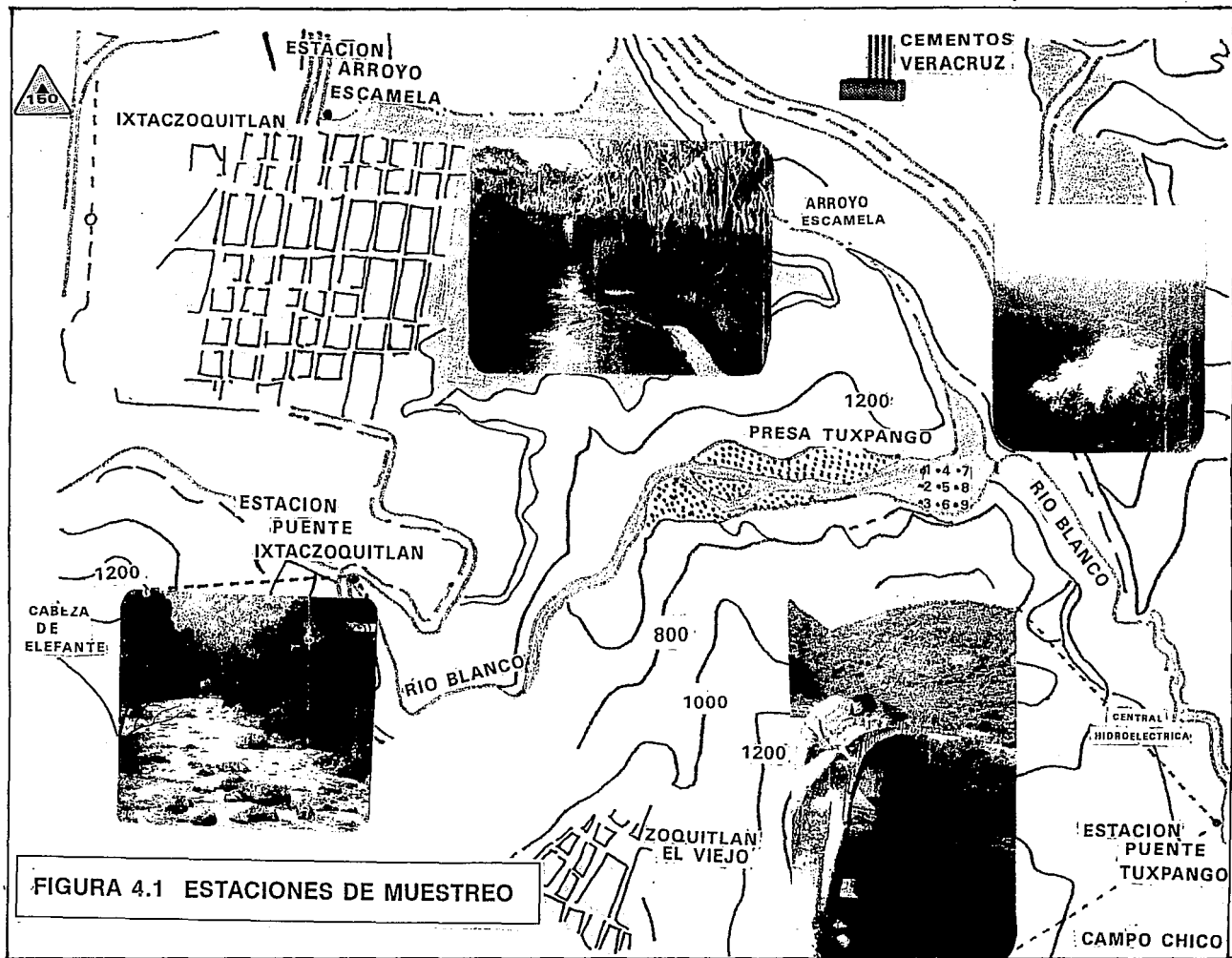


FIGURA 4.1 ESTACIONES DE MUESTREO

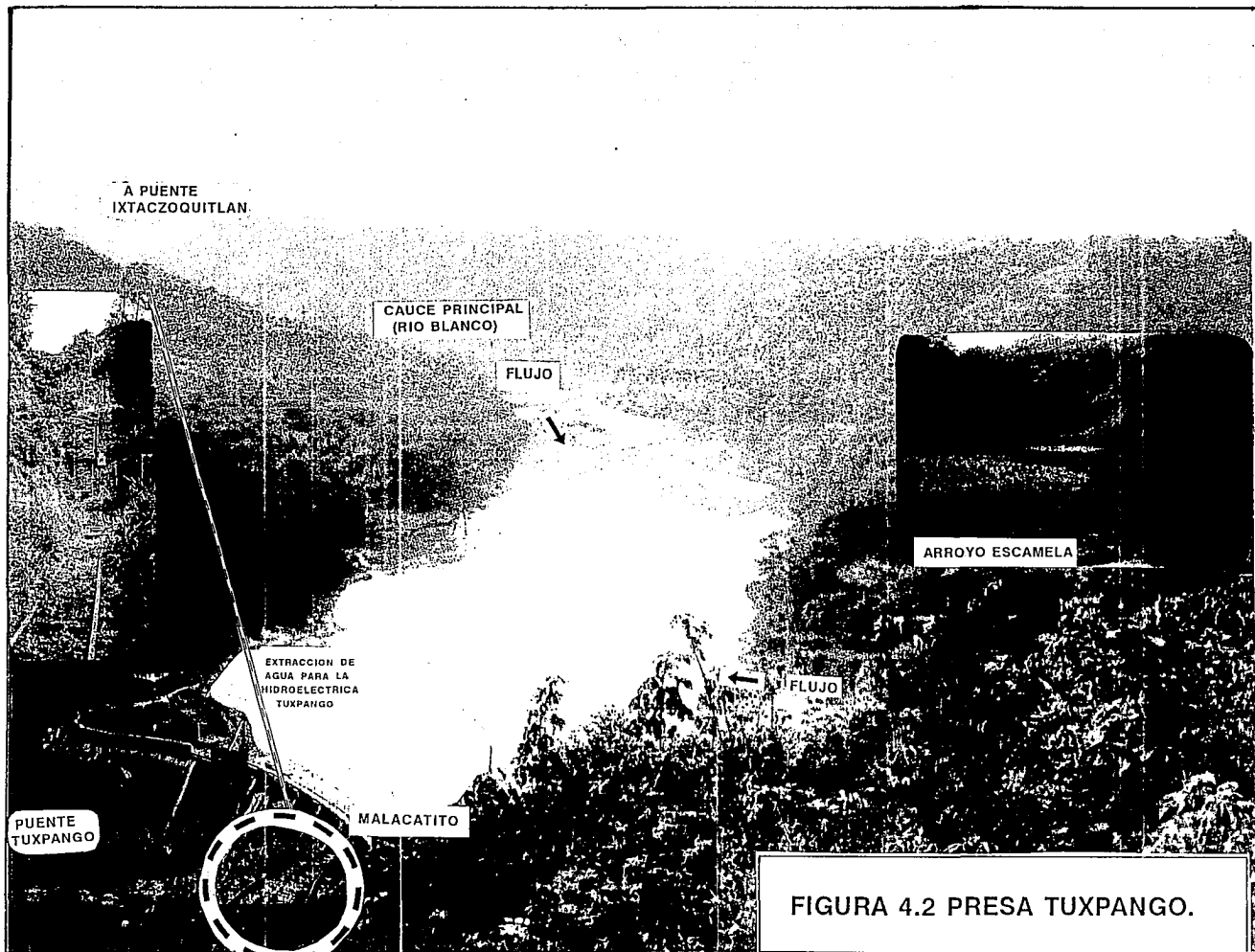


FIGURA 4.2 PRESA TUXPANGO.

## 4.2 TRABAJO EXPERIMENTAL.

El trabajo experimental fue dividido en trabajo en campo y trabajo en laboratorio.

### 4.2.1 TRABAJO EN CAMPO

A mediados de enero de 1993, se acudió a la zona de estudio para tomar muestras de agua y sedimento en las estaciones predeterminadas. Debido a que el presente estudio corresponde a una evaluación preliminar, sólo se realizó un muestreo para cada uno de los puntos. En las estaciones Puente Tuxpango e Ixtaczoquitlán las muestras fueron tomadas desde tierra, en estructuras de apoyo (puentes), en tanto que las muestras de la presa se tomaron con ayuda de una lancha, facilitada por la Comisión Federal de Electricidad. En las estaciones Puente Tuxpango e Ixtaczoquitlán, únicamente se tomaron muestras de agua, debido a que el flujo turbulento no permite que sedimenten partículas, en cambio, en las estaciones ubicadas dentro de la presa se tomaron también sedimentos, ya que al presentar un mayor volúmen para el mismo caudal el régimen de flujo es laminar, lo que permite sedimenten las partículas del agua.

Las muestras de agua de la presa se tomaron a dos profundidades: en la superficie y en la región media (profundidad/2), con el propósito de poder observar si se presentaba alguna estratificación vertical de alguno de los parámetros. Estas muestras se tomaron mediante una botella Van Dorn de 2 l de capacidad; se colocaron en recipientes de plástico para análisis físico-químicos, de vidrio estéril para microbiológicos y de vidrio de boca ancha para grasas y aceites.

Los sedimentos se tomaron mediante una draga Mud Snaper Mca. Kahlsico de 250 cm<sup>3</sup> y se colocaron en bolsas de plástico-etiquetadas. En ambos casos se preservaron a 4 °C a fin de ser transportadas al laboratorio para su análisis. A la par de la toma de muestras, se hizo la medición de los parámetros de campo siguientes: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y profundidad en la presa; en el caso de cuerpos lóticos (cauce del río) se determinó además el gasto por el método de sección-velocidad.

20

#### 4.2.2 TRABAJO EN LABORATORIO

Ya en el laboratorio, a las muestras se les practicaron 4 tipos diferentes de análisis:

- 1) Físicoquímicos.
- 2) Metales Pesados.
- 3) Análisis Microbiológicos.
- 4) Pruebas de Toxicidad.

##### 4.2.2.1 Físicoquímicos.

Con el propósito de conocer las condiciones prevaletientes para el desarrollo de la vida (concentración de nutrientes), a las muestras de agua y sedimentos les fueron analizados los parámetros mostrados en la Tabla 4.2; en todos los casos, las técnicas se sujetaron a lo establecido en el Standard Methods<sup>3</sup>.

### 4.2.2.2 Metales Pesados.

Para determinar la concentración de metales pesados se procedió a preparar las muestras de distintas maneras según las circunstancias:

En el caso de las muestras de agua, fueron concentradas en un 50 %, ya que por su baja solubilidad la concentración de metales pudiera ser inferior a la detectable por los métodos de medición.

<b>TABLA 4.2</b>	
<b>PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>MÉTODO DE DETERMIN.</b>
<b>Agua</b>	
Sólidos Sedimentables.	Cono Imhoff
Sólidos Totales	Gravimétrico
Sólidos Totales Volátiles	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico
Sól. Susp. Volátiles	Gravimétrico
Grasas y Aceites	Extracción Soxhlet
Demanda Quím. de Oxígeno	Dicromato de Potasio
Demanda Biol. de Oxígeno	Incubación por diluc.
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Cloruro estanoso
S A A M	Azul de metileno.
<b>Sedimentos.</b>	
Textura	Hidrómetro
Materia orgánica	Gravimétrico
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Cloruro estanoso

Los tóxicos sólo pueden causar daño a los organismos cuando se encuentran en forma disuelta, ya que es la única manera en que pueden incorporarse al metabolismo; por esta causa, es la fracción disuelta la que resulta de mayor interés, motivo por el cual, se decidió no digerir las muestras de agua por medios ácidos y trabajar únicamente con la parte disuelta.

En lo que toca a sedimentos, la probabilidad de encontrar metales en esta zona de la presa era alta, dada la naturaleza del lecho y las características físico-químicas de las sustancias a estudiar; en consecuencia, se decidió evaluar metales también en los sedimentos.

En los sedimentos era posible encontrar metales cuyo origen podía ser de las descargas industriales y agrícolas, o bien el propio mineral que conforma el lecho. Los metales provenientes de la roca difícilmente pasan a la columna de agua o pueden ser ingeridos por los organismos dada su baja solubilidad; por tal razón se decidió no realizar una digestión ácida fuerte, sino que se empleó una digestión ácida ligera (de forma tal que simulara condiciones que pudieran darse en caso de anaerobiosis) y se trabajó con la fracción disuelta así obtenida.

Para preparar las muestras se siguió el procedimiento que aparece en la Tabla 4.3. Finalmente, a las fracciones obtenidas les fueron analizados, por el método de absorción atómica, los metales indicados en la Tabla 4.4.



**TABLA 4.3**  
**PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE**  
**METALES SOLUBLES.\***

<b>1</b>	Se pesaron 100 gr. de muestra.
<b>2</b>	Se disolvieron en 1000 ml de agua desionizada, acidulada a pH de 4 con ácido acético glaciado GR.
<b>3</b>	Se agitó durante 12 h a 30 rpm a una temperatura de 20 °C.
<b>4</b>	Se dejó sedimentar la muestra y se separó el sobrenadante.
<b>5</b>	Al sedimento se le aplicó una presión de 1 Kg para extraer la mayor parte posible de agua.
<b>6</b>	El agua extraída se mezcló con la fracción soluble obtenida.
<b>7</b>	El líquido obtenido se filtró a través de una membrana de 0.6 a 0.8 $\mu$ .
<b>8</b>	Se neutralizó con una solución 1N de NaOH.

\* NTE-CPR-002/88

**TABLA 4.4**  
**METALES PESADOS ANALIZADOS A MUESTRAS DE AGUA Y**  
**SEDIMENTOS**

Metal	Método
Aluminio Arsénico* Cobre Cromo Hierro Magnesio Níquel Plomo Silicio* Zinc Cianuros*	Absorción atómica

\* No es metal pesado

### **4.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.**

Los organismos que se desarrollan en un ecosistema son precisamente aquellos que pueden resistir las condiciones ambientales que prevalecen en el área y competir con otros que habitan en ese ecosistema. De esta forma, los organismos presentes pueden ser un indicador de las condiciones de calidad de un cuerpo de agua, si existen las condiciones nutricionales adecuadas para el florecimiento pleno de la vida.

Considerando que los microorganismos son los principales responsables de transformar la materia orgánica; es decir, aquellos que intervienen en los procesos de biodegradación, se decidió evaluar los grupos siguientes: mesofílicos aerobios, anaerobios, facultativos, levaduras y hongos filamentosos; también se evaluaron coliformes totales, como un indicador de la calidad sanitaria del agua. La metodología seguida se indica en la Tabla 4.5.

**TABLA 4.5**  
**METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA CUANTIFICACIÓN DE**  
**DIFERENTES**  
**GRUPOS MICROBIANOS.**

GRUPO	MÉTODO
<b>Mesófilos Aerobios</b>	Cuenta en placa, mediante el medio de Agar para Métodos Estándar (Bioxon cat 134-1), incubando a 35 °C y tomándose lecturas a las 24, 48 y 72 horas. Cada muestra fue realizada por duplicado.
<b>Anaerobios Facultativos.</b>	Cuenta en placa utilizando medio de Agar Infusión Cerebro Corazón (Bff agar). Las placas fueron incubadas a 35 °C durante 48 h en jarras de anaerobiosis. La atmósfera libre de oxígeno fue generada por un sistema Gas Pak (BBL cat 70304).  Cada muestra fue analizada por duplicado.
<b>Levaduras</b>	Cuenta en placa utilizando el medio de Agar de Papa Dextrosa (Bioxon cat 119-1), acidificado con HCl 1N hasta pH 5. Las lecturas se realizaron a las 48 y 72 horas después de una incubación a 35 °C. Las muestras fueron analizadas por duplicado. Las colonias fueron analizadas microscópicamente con azul de algodón lactofenol para comprobar su naturaleza fúngica.
<b>Hongos Filamentosos.</b>	Cuenta en placa empleando el medio de Agar Papa Dextrosa (Bioxon 119-1), acidificado con HCl 1.0 N a pH de 5. La cuenta en placa se realizó a las 72 y 96 h de incubación a 25 °C. Las muestras fueron analizadas por duplicado.
<b>Coliformes Totales.</b>	Se realizó de acuerdo con la técnica OFICIAL MEXICANA* del número más probable, con 3 series de 3 tubos inoculados con 10, 1 y 0.1 ml. El medio empleado para la prueba presuntiva fue caldo lactosado (Bioxon cat 117-1) y para la prueba confirmativa, Caldo Bilis Verde Brillante (Bioxon cat 115-1), incubando a 35 °C durante 24 y 48 h).

\* NOM - AA - 42 - 1987.

#### 4.2.4 PRUEBAS DE TOXICIDAD.

Estas pruebas permiten detectar condiciones adversas para la vida, provocadas por la presencia de sustancias que de alguna manera limitan alteran o impiden el desarrollo de los organismos. Pueden ser dirigidas para determinar la presencia de sustancias que produzcan efectos agudos (principalmente letales); subagudos (enfermedad, disminución de la actividad, de la reproducción o del desarrollo de los organismos); o crónicos (mutagenicidad, carcinogenicidad, teratogenicidad o efectos en el desarrollo de la población).

Tales pruebas consisten en la exposición controlada de organismos a sustancias puras o mezclas de ellas, por períodos previamente determinados, con el propósito de cuantificar la respuesta de los organismos.

En el presente estudio se evaluaron los efectos agudos originados por el extracto soluble de los sedimentos sobre: *Daphnia magna*, lodos activados y semillas de lechuga, debido a que en el momento de iniciar el trabajo no se contó con posibilidades de montar las técnicas para evaluar efectos crónicos.

Se eligió trabajar con sedimentos debido a que la probabilidad de encontrar concentrados en ellos a las sustancias tóxicas es mayor que en la columna de agua, por las razones que ya han sido expuestas. Las pruebas se realizaron con el extracto soluble, obtenido bajo el mismo procedimiento empleado para la determinación de metales solubles.

En lo que toca a los organismos, se decidió trabajar con 3 grupos distintos, ya que en general cada especie presenta una sensibilidad distinta a cada tóxico, que también varía con la edad, sexo, estado de salud y condiciones ambientales. Por lo anterior, para evaluar mejor el riesgo que constituye un residuo, es conveniente el uso de varios grupos de organismos.

---

Si bien los resultados no indican cual es la sustancia problema, sí permiten establecer las condiciones que para la vida prevalecen en el área, originadas por la mezcla de sustancias que ahí se encuentran.

Por otra parte, cada tipo de organismo necesita condiciones específicas para las pruebas, ya que requieren de distintas condiciones ambientales, además de un manejo específico.

#### 4.2.4.1 Ensayos con *Daphnia magna*.

Desde hace aproximadamente 100 años se realizan pruebas de toxicidad con estos organismos, debido a su sensibilidad a los tóxicos, al bajo costo que implica la prueba, a la simplicidad del trabajo y al bajo volumen de muestra que se requiere.

El procedimiento empleado consistió en exponer a 10 organismos, de 24 horas o menos de nacidos, a las concentraciones de muestra indicadas en la Tabla 4.6, bajo las condiciones indicadas en la Tabla 4.7.

En cada caso se trabajó por duplicado. La prueba duró 48 horas, haciéndose observaciones de mortalidad de los organismos cada 12 horas.

**TABLA 4.6**  
**CONCENTRACIONES DE MUESTRA USADAS EN LOS**  
**ENSAYOS CON *Daphnia magna*.**

Concentración (%)	0	1	10	30	50	70	100
Vol. de Muestra (ml)	0	0.5	5	15	25	35	50
Vol. de Agua Dilución.(ml)	50	49.5	45	35	25	15	0
Organismos (No)	15	15	15	15	15	15	15
Vol. Total (ml)	50	50	50	50	50	50	50
Réplicas (No)	2	2	2	2	2	2	2

**TABLA 4.7**  
**CONDICIONES DE PRUEBA EMPLEADAS EN LOS**  
**ENSAYOS CON *Daphnia magna*.**

PARÁMETRO	CONDICIÓN
pH	de la muestra
Temperatura	20 °C
Fotoperiodo	16 horas luz/8 horas oscuridad
Observaciones	Cada 12 horas
Duración de la prueba	48 horas
Agua de dilución.	Sintética*

\* APHA, AWWA, WPCF 1992.

Los organismos empleados fueron obtenidos del cultivo del Departamento de Biotecnología del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.

Para asegurar la confiabilidad del experimento, se corrieron a la par un control negativo, en el cual los organismos fueron puestos en las mismas condiciones pero sin agregar muestra; y un control positivo, empleando dicromato de potasio en una concentración de 0.02 mg/L, misma que ocasiona la mortalidad del 50% de los organismos expuestos  $\pm 1.7\%$ .

#### 4.2.4.2 Ensayo con lodos activados.

Esta técnica ha sido diseñada para evaluar la toxicidad tanto de efluentes domésticos e industriales y sedimentos como de sustancias químicas puras o mezclas de ellas. Tiene la ventaja de que sus resultados pueden indicar si los procesos de autopurificación de un cuerpo de agua están siendo modificados por la presencia de algún contaminante.

Consiste en evaluar el efecto que la muestra tiene sobre la velocidad de respiración de lodos activados; esto es, cultivados en laboratorio bajo condiciones controladas. Tal efecto es comparado con la velocidad de respiración presentada por lodos en ausencia de tóxicos.

A fin de llevar a cabo esta técnica, primeramente se obtuvo un cultivo de lodos activados sintéticos; para lo cual se inoculó una unidad de lodos activados de laboratorio (tipo Eckenfelder) con lodos activados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales de San Juan de Aragón.

Esta unidad se empezó a alimentar en forma continua en las condiciones indicadas en la Tabla 4.8, con agua residual sintética cuya composición aparece en la Tabla 4.9. Después de una semana se evaluó la eficiencia de remoción de materia orgánica del sistema mediante la medición, tanto en el influente como del efluente, de la demanda química de oxígeno. Cuando ésta fue estable y superior al 90% se consideró también estable la población microbiana; razón por la cual se inició el trabajo, ya que se asumió que la eficiencia de remoción de materia orgánica se mantiene constante cuando las poblaciones de organismos que se desarrollan en el sistema han llegado a su clímax. Por otra parte, es improbable la alteración radical de las poblaciones si se mantienen las condiciones de alimentación y del medio ambiente en forma constante.

Se prepararon distintas concentraciones del extracto de sedimentos en la forma en que se indica en la Tabla 4.10, conteniendo todo menos el inóculo de lodos activados. Las pruebas se corrieron por triplicado a una temperatura de 20°C.

En el momento de la prueba cada tubo fue inoculado con lodos y todo su contenido fue puesto en un respirómetro mca. YSI modelo 54; las muestras se agitaron durante 5 min antes de cerrar la celda herméticamente para posteriormente dar inicio al registro de la velocidad de respiración de los lodos en el agua.

De cada dilución se calculó la velocidad de respiración y se obtuvieron los promedios de las réplicas realizadas. El porcentaje de inhibición se obtuvo de comparar las velocidades de respiración de cada dilución con la obtenida en la muestra control. Para comprobar que se trabajó de forma adecuada se corrió un control positivo en las condiciones mostradas en la Tabla 4.11.



**TABLA 4.8**  
**CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE LODOS ACTIVADOS**

CONDICIÓN	ÁMBITO
Carga orgánica (mg/L DQO)	600 - 650
Tiempo de Residencia Hidráulico (h).	5 - 6
SSVLM (mg/L)	3 000

**TABLA 4.9**  
**MEDIO DE CULTIVO PARA LODOS ACTIVADOS.**

COMPONENTE	CANTIDAD (mg/L)
Peptona de gelatina.	160
Extracto de carne.	110
Urea	30
NaCl	7
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	21.75
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8.5
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	33.40
NH <sub>4</sub> Cl	1.7

Estas sustancias se disolvieron en 1000 ml de agua destilada y finalmente el medio debe ser esterilizado durante 15 min a un Kg de presión. Al medio de cultivo resultante se le practicó un análisis de DQO para calcular el volumen requerido para obtener la carga orgánica con que había que alimentar a los lodos activados.

**TABLA 4.10  
CONDICIONES DEL ENSAYO CON  
LODOS ACTIVADOS.**

% Dilución.	Control	25	50	75	95	Control F.Q.*
Vol. de Muestra (ml).	0	7.5	15	22.5	28.5	29.0
Agua Destilada (ml).	28.5	21.0	13.5	6.0	0	0
Medio de Cultivo (ml).	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lodos Activados (ml).	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0
Vol. Total (ml).	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

\* F. Q. Control Físico - Químico contiene todo excepto organismos de forma de asegurar que sólo el consumo de oxígeno es debido a la respiración y no a algún reactivo.

**TABLA 4.11  
CONTROL POSITIVO**

Concentración * de Hg <sup>++</sup> (mg/L)	0	3.3	6.6	10	100	Control F.Q.
Vol. de Muestra*.	0	0.1	0.2	0.3	3.0	3.0
Agua Destilada	28.5	28.4	28.3	28.2	25.5	26.0
Medio de Cultivo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lodos Activados	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0
Vol. Total	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

\* De una solución de Hg<sup>++</sup> de 1000 ppm.

\*\* F. Q. Control Físico - Químico contiene todo excepto organismos de forma de asegurar que sólo el consumo de oxígeno es debido a la respiración y no a algún reactivo.

#### 4.2.4.3 Ensayo con semillas de lechuga.

En la mayor parte de las pruebas de toxicidad para evaluar la calidad de los cuerpos de agua se emplean organismos acuáticos. No obstante, el agua, además de albergar diversas comunidades acuáticas, es empleada en muchas actividades; una de las más importantes es la del riego agrícola. En esta acción son dispersados los componentes que contiene, tales como los sólidos.

En el río Blanco, los sólidos sedimentables son retenidos en la presa Tuxpango, pero en épocas de lluvia las compuertas se abren y por tanto los sólidos acumulados se liberan al resto del cauce, siendo su destino la parte baja de la cuenca, donde por ser una zona inundable pueden ser distribuidos hacia los campos de cultivo.

Por tal motivo, se decidió evaluar el efecto del extracto soluble de los sedimentos sobre la germinación de semillas de lechuga, las cuales han sido utilizadas en otros países para evaluar la toxicidad que puede haber en suelos, sedimentos y agua.

De esta forma, se prepararon diversas soluciones del extracto soluble de sedimento en la forma en que se indica en la Tabla 4.10, colocando en cajas de petri estériles 10 ml de la solución prueba, también estéril, un papel filtro como soporte y 15 semillas de lechuga<sup>6</sup>.

Se incubaron durante 4 días a temperatura ambiente, al final de los cuales se observó el porcentaje de germinación, así como la longitud de las raíces. Los resultados se compararon con el control, realizado en la misma forma, pero sin extracto de sedimentos. Todas las muestras fueron corridas por duplicado<sup>6</sup>.

## **5. RESULTADOS y DISCUSIÓN**

Los resultados del presente estudio se dividieron en dos grandes apartados, el primero corresponde al procesamiento de información estadística, socioeconómica, industrial, toxicológica e hidrológica e hidrométrica, y el segundo a los resultados obtenidos del trabajo experimental.

## 5.1 ESTUDIO DE GABINETE

El estudio de gabinete comprendió cuatro partes: Importancia socioeconómica, Hidrología e Hidrometría, Problemática de la contaminación.

### 5.1.1 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

Hasta 1990, en la cuenca del río Blanco se habían establecido un total de 888,028 habitantes, que representan el 15% de la población del estado de Veracruz.

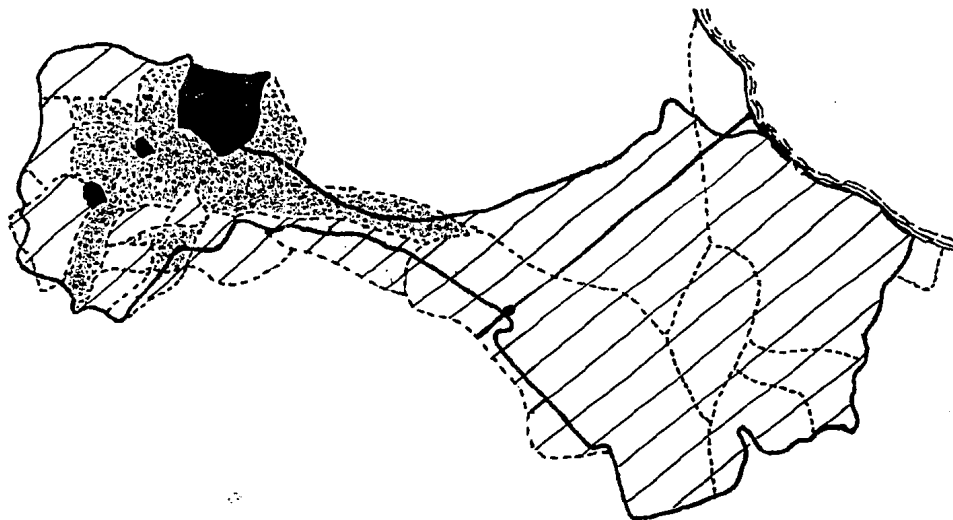
De los 39 municipios que conforman la cuenca (37 de Veracruz y 2 de Puebla), 16 de ellos presentan una población de 1 a 10,000 habitantes, 21 con 10,000 a 50,000 habitantes y en 2 de ellos se han instalado poblaciones superiores a 50,000 habitantes; siendo Córdoba, Orizaba, Ixtaczoquitlán, Tierra Blanca y Alvarado los municipios de la cuenca que albergan un mayor número de pobladores, como se puede observar en la Tabla 5.1 <sup>14, 15</sup>.




Las tasas de crecimiento, que presentan los diferentes municipios, son muy variadas, oscilan entre 0.5 en Acula hasta 4.2 en Mariano Escobedo. Presentan una media de 2.67, cifra muy similar a la tasa de crecimiento del país, 2.7 <sup>14, 15</sup>.



En cuanto a densidad de población, Orizaba es el municipio que ocupa el primer sitio con 4,000 hab/km<sup>2</sup>; siguiéndole Río Blanco con 1,500; Córdoba con 1,000; Camerino Z. Mendoza con 980; Fortín con 500; Nogales con 350; Ixtaczoquitlán con 380; y Rafael Delgado con 280 hab/km<sup>2</sup> <sup>14, 15</sup>.

En contraste, los municipios que presentan una menor densidad son: Xmatlahuacán, con 12 hab/km<sup>2</sup>; Acula, con 30 hab/km<sup>2</sup>; Talixcoyan, con 38 hab/km<sup>2</sup> e Ignacio de la Llave, con 39 hab/km<sup>2</sup>. En la Figura 5.1 se observa la distribución de la densidad poblacional en la cuenca del río Blanco <sup>14, 15</sup>.

FIGURA 5.1 DISTRIBUCION DE LA DENSIDAD POBLACIONAL EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



-  DENSIDAD ALTA (MAYOR A 500 HAB/KM )
-  DENSIDAD MEDIA (DE 100 A 499 HAB/KM )
-  DENSIDAD BAJA (MENOR A 99 HAB/KM )

-  LIMITE DE LA CUENCA
-  LIMITE MUNICIPAL

**TABLA 5.1**  
**POBLACIÓN POR MUNICIPIOS EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO**

MUNICIPIO	POBLACIÓN (HAB)		TASA DE CRECIMIENTO 1970-1980	TASA DE CRECIMIENTO 1980-1990	DENSIDAD (HAB/KM <sup>2</sup> ) 1990	POBLACIÓN AL AÑO 2005.
	1980	1990				
<b>ESTADO DE VERACRUZ</b>						
Acuña	5,921	4,934	2.73	-0.50	25.60	6,220
Acuitzingo	12,327	14,030	3.46	2.40	84.00	19,421
Alvarado	46,072	49,040	3.32	2.00	58.30	70,041
Amatlán de los Reyes	27,776	33,669	2.73	2.30	226.10	44,824
Aquila	2,247	1,464	2.67	-0.80	41.40	1,473
Atlahuilco	4,700	5,865	2.80	2.50	90.20	7,839
Atzacan	11,290	13,695	2.94	2.40	169.90	18,398
Camerino Z. Mendoza	27,531	35,084	2.81	2.60	983.30	46,333
Coetzaco	1,369	1,635	0.48	2.10	52.00	2,011
Córdoba*	126,179	150,454	2.96	2.40	1,081.80	228,007
Culchapa	8,888	10,385	3.16	2.30	127.10	45,511
F. de las Flores	29,897	36,882	3.16	2.60	503.80	57,596
Huixtla	3,996	4,760	3.23	2.50	199.60	7,239
I. de la Llave	18,911	19,654	2.36	1.40	40.80	24,621
Ixhuatlancillo	3,903	6,583	1.19	3.20	166.00	8,278
Ixmiquilpan	4,202	6,158	1.86	0.90	18.20	9,065
Ixtaczoquitlán	32,279	73,771	3.26	3.20	382.80	66,951
Magdalena	1,406	1,788	2.65	2.50	62.10	2,550
Maltrata	9,626	12,576	2.31	2.50	95.00	18,282
Mariano Escobedo	9,635	18,758	2.93	4.80	181.00	31,473
Naranja	3,532	3,297	3.19	-1.10	125.30	3,929
Nogales	31,137	27,524	4.64	-1.70	356.00	36,564
Omilteme	21,550	21,532	3.62	-1.80	95.50	29,879
Orizaba	114,848	114,216	2.11	-1.00	4,083.50	149,683
La Perla	9,011	13,103	2.10	2.90	65.10	19,928
Rafael Delgado	9,374	11,110	3.34	2.50	281.40	17,395
Los Reyes	2,875	3,299	2.09	1.70	97.80	4,185
San Andrés Tenexjapa	1,532	1,798	4.06	2.80	72.82	54,299
Río Blanco	35,731	37,686	2.65	1.60	1,527.00	2,411
Soledad Atzompa	9,009	12,515	3.09	3.20	136.90	20,330
Tequila	7,691	9,682	1.64	2.00	160.80	12,314
Tierra Blanca**	38,774	59,538	3.57	2.80	62.59	79,853
Tlaxiaco	37,735	36,850	3.40	-1.40	37.80	49,027
Tlaxiaco	3,831	4,865	3.20	2.80	85.00	6,491
Tlaxiaco**	2,290	3,118	4.06	3.60	130.70	4,748
Xoxocotla	3,538	3,779	2.20	3.10	59.70	5,379
Zongolica**	24,037	34,318	1.30	2.40	98.80	36,894
<b>TOTAL DEL ESTADO</b>	<b>743,653</b>	<b>869,485</b>	<b>*** 2.79</b>	<b>*** 2.28</b>	<b>*** 326.1</b>	<b>1'249,442</b>
<b>ESTADO DE PUEBLA</b>						
Atlix	5,418	6,871	0.70	0.70	-	8,432
Esperanza	9,534	11,672	0.90	0.90	-	13,902
<b>TOTAL DEL ESTADO</b>		<b>18,543</b>	<b>*** 0.8</b>	<b>*** 0.8</b>	<b>*** -</b>	<b>22,334</b>
<b>TOTAL EN LA CUENCA</b>	<b>758,605</b>	<b>888,028</b>	<b>*** 2.69</b>	<b>*** 2.2</b>	<b>*** 326.1</b>	<b>1'271,776</b>

\* Sobrestimado, ya que la cabecera municipal forma parte de las cuencas de los ríos Blanco y Atoyac.

\*\* Municipios cuya cabecera municipal está fuera de la cuenca del río Blanco.

\*\*\* Promedio.

Fuente: 14. 15



Del total de la población actual (888,028 habitantes), sólo el 28.9% participa en la actividad económica (256,640 habitantes), de ellos, el 40.9% participa en el sector terciario (comercio y servicios), el 33.15% al sector primario (agricultura) y el 23.56% al sector secundario (construcción, industria manufacturera y explotación de minas y canteras)<sup>15</sup>.

En 30 de los 38 municipios comprendidos en la cuenca, la principal actividad es la agricultura, en 3 la industria manufacturera (Huiloapan, Río Blanco y Soledad Atzompa) y en 5 los servicios (Córdoba, Orizaba, Camerino Z. Mendoza, Fortín y Nogales), como se muestra en la Tabla 5.2 y la Figura 5.2<sup>15</sup>.

Los índices de diversificación económica indican que los municipios que mayor número de actividades presentan son Córdoba, Fortín, Nogales, Camerino Z. Mendoza, Orizaba y Río Blanco; en tanto que Coetzala y Magdalena tienen una estructura económica concentrada, tal como aparece en la Tabla 5.3 y Figura 5.3 En esta última se observa que las diversificaciones más altas las presentan los municipios de la zona alta y media del río, cercanas al río Blanco; en tanto que la diversificación disminuye a medida que aumenta la distancia al cauce<sup>15</sup>.

En cuanto a usos del suelo, en la cuenca se tiene una superficie de 553,369 ha, de las cuales el 18.8% se dedica a la agricultura, el 4.4% corresponde a bosque o selva, el 9.71% a pastos naturales y el 0.67% a otros usos, aprovechándose en forma global el 33.66% del área disponible total<sup>16</sup>.

En la zona alta, de 158,941 ha (28.72% del total), 19.55% es utilizado en agricultura, el 8.82% corresponde a bosque, el 5.47% a pastos naturales o enmontados y al 0.71% se le da otros usos, siendo aprovechable el 34.56% de la superficie disponible<sup>16</sup>.

**TABLA 5.2**  
**POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)**  
**EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.**

MUNICIPIO	P.E.A. 1990 (IIAB)	AGRIC., GANAD., CAZA Y PESCA	COMER- CIO	CONS- TRUC- CION	INDS. MANU- FACT.	MINE- RIA	SERVI- CIOS	NO ESPECI- FICADA
<b>ESTADO DE VERACRUZ</b>								
Acula	1,246	966	59	25	63	0	129	4
Aculzingo	3,536	2,079	254	428	238	4	449	84
Alvarado	14,405	5,937	1,946	693	1,503	4	4,032	290
Amatlán de los R.	9,912	4,710	917	343	1,699	25	1,996	222
Aquila	386	298	41	4	4	0	31	8
Atlahulco	1,315	809	37	3	419	0	36	11
Atzacán	3,441	2,497	195	150	63	0	308	28
Camerino Z. M.	9,374	755	1,538	658	2,989	4	3,351	129
Coetzala	403	342	9	11	20	0	16	5
Córdoba**	47,241	4,970	10,532	3,256	8,761	37	18,574	1,441
Culchapa	2,787	1,216	109	57	1,054	0	277	74
Fortín	11,170	2,760	1,741	974	1,874	4	3,422	395
Huixtlan de C.	1,128	198	129	191	357	2	324	27
Ignacio de la Llave	4,813	3,173	369	144	294	1	1,183	162
Ishuatlandillo	1,779	540	508	152	298	12	266	23
Ixmiquilpan	1,900	1,486	59	40	151	0	146	18
Ixtaczoquitlán	11,747	5,213	738	614	3,108	9	1,914	151
Magdalena	456	336	8	55	12	0	45	0
Maltrata	2,885	1,369	123	154	708	0	404	127
Mariano Escobedo	5,006	2,438	507	217	923	17	860	44
Naranjal	892	585	56	37	64	0	108	42
Nogales	7,316	1,054	1,037	1,037	2,179	16	2,414	85
Omeaca	5,925	4,263	298	298	383	1	747	110
Orizaba	34,026	583	6,574	6,574	9,403	31	15,027	446
La Perla	3,460	3,111	105	105	41	4	105	46
Rafael Delgado	3,016	1,659	281	281	347	4	594	31
Los Reyes	870	686	19	19	36	2	45	35
Río Blanco	10,578	329	1,654	1,654	3,109	8	4,452	256
San Andrés T.	456	177	70	70	71	0	53	6
Soledad Atzompa	2,927	584	188	188	2,066	0	34	45
Tequila	2,589	1,885	101	101	162	2	262	39
Tierra Blanca***	23,120	9,817	2,729	1,094	2,547	12	6,141	760
Tlaxicoyan	9,712	6,408	740	335	595	3	1,461	170
Tlilapan***	863	362	99	115	104	14	160	9
Tlaquilpan	1,047	836	14	32	111	0	38	16
Xoxocotla	826	657	3	13	109	0	27	17
Zongolica***	8,947	7,004	279	177	278	4	1,021	184
Total	251,620	82,092	34,066	13,850	46,093	220	70,362	5,260
% DEL PEA TOTAL		32.63	13.54	5.50	18.32	0.09	27.96	2.09
<b>ESTADO DE PUEBLA</b>								
Atlixintla	1,885	1,272	48	19	34	0	64	1
Esperanza	3,128	1,714	144	143	80	2	255	16
Total	5,013	2,986	192	162	114	2	319	17
% DEL PEA TOTAL		59.57	3.83	3.23	2.27	0.040	6.36	0.339
PEA TOTAL EN LA CUENCA	256,63	85,078	34,258	14,012	46,207	222	70,681	5,277
% DEL PEA TOTAL EN LA CUENCA	3	33.15	13.35	5.46	18.01	0.09	27.54	2.06

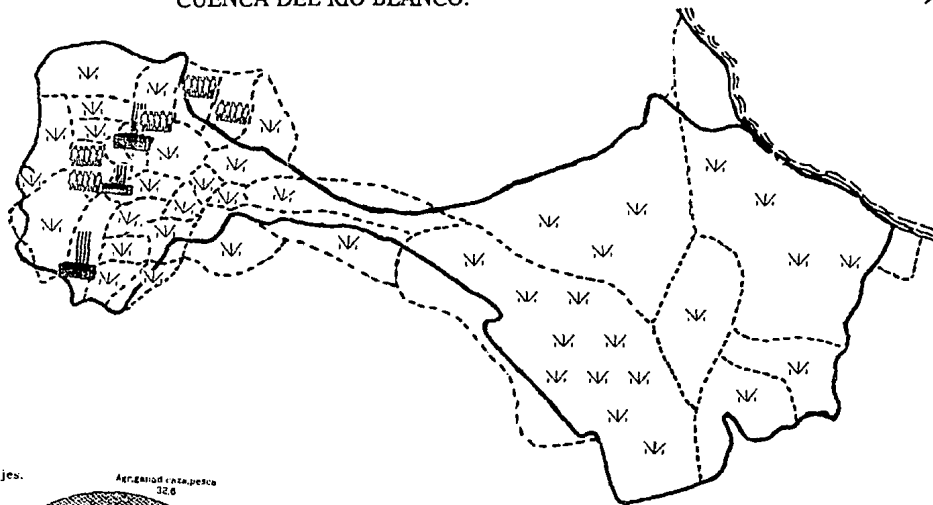
Fuente: 15

\* Ligeramente sobrecestimado ya que la cabecera municipal esta fuera de la cuenca

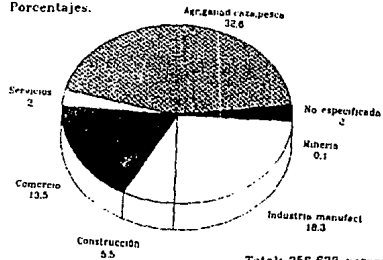
\*\* Municipios cuya cabecera municipal vierte tanto a la cuenca del río Blanco como al Atoyac.

\*\*\* Método geométrico.

FIGURA 5.2 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



Porcentajes.



ACTIVIDAD PREPONDERANTE



INDUSTRIAL



SERVICIOS (SERVICIOS,  
COMERCIO)



AGRICOLA (AGRICULTURA,  
GANADERIA, CAZA)

ESCALA GRAFICA



— LIMITE DE LA CUENCA

- - - LIMITE MUNICIPAL

**TABLA 5.3**  
**ÍNDICE DE DIVERSIFICACIÓN ECONÓMICA**  
**DE LOS MUNICIPIOS ORDENADOS DE MAYOR**  
**A MENOR GRADO DE DIVERSIFICACIÓN.**

Nº. MUNICIPIO	MUNICIPIO Y ESTRATO DE DIVERSIFICACIÓN ECONÓMICA.	ACTIVIDADES ECONÓMICAS PREDOMINANTES (I)	ÍNDICE (2).
	PROMEDIO NACIONAL		0.067
	PROMEDIO ESTATAL		0.073
	<b>ESTRUC. ECONÓMICA DIVERSIFICADA</b>		
44	Córdoba	C,E,F,G,H,I	0.050
68	Fortín	C,E,F,G,H,I	0.060
115	Nogales	C,E,F,G,I	0.073
30	Camerino Z. Mendoza	C,E,F,G,H,I	0.076
118	Orizaba	C,E,F,G,H,I	0.077
138	Río Blanco	C,E,F,G,H,I	0.093
11	Alvarado	F,G,H	0.126
74	Huiloapan	B,C,E,F,G	0.128
174	Tierra Blanca	A,G	0.145
81	Ixhuatlancillo	F,I	1.141
52	Culchapa	A,C	0.157
185	Tlilapan	A,B,C,E,F,G	0.170
85	Ixtaczoquildán	A,C,D	1.187
99	Naltrata	A,B,C,G	0.207
14	Amatlán de los Reyes	A	0.225
	<b>ESTRUC. ECONÓMICA SEMIDIVERSIFICADA</b>		
147	Soledad Atzompa	A,C,F	0.255
135	Rafael Delgado	A,E	0.260
140	San Andrés Tenejapa	A,F	0.268
6	Acultzingo	A,E,G	0.286
181	Tlixteoyan	A	0.303
113	Naranjal	A	0.311
84	Ixmiquilpan	A,D	0.326
117	Omilca	A	0.336
49	Colaxiá	A	0.355
75	Ignacio de la Llave	A	0.359
5	Acuña	A	0.376
101	Mariano Escobedo	A	0.383
137	Reyes	A	0.392
22	Atzacán	A	0.392
201	Zongolica	A	0.403
20	Atlixco	A,B,C,H,I	0.407
195	Xoxocotla	A	0.411
184	Tlaquilpa	A	0.418
127	La Perla	A	0.463
18	Aquila	A	0.473
168	Tequila	A,B	0.483
	<b>ESTRUCTURA ECONÓMICA CONCENTRADA.</b>		
1	Coetzala	A	0.534
98	Magdalena	A	0.548

Fuente: 15

No se consideraron los rubros de "actividades insuficientemente especificadas" y "desocupadas" en el índice.

(1) Las letras corresponden a las siguientes actividades:

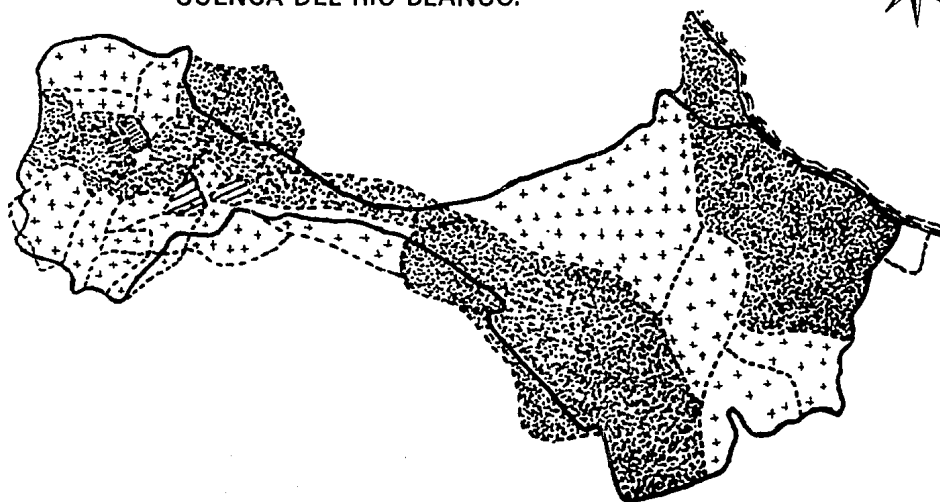
- |                                     |                                     |  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| A: Agricultura, ganadería, caza,    | D: Electricidad, gas y agua.        | G: Transporte, almacenamiento y Comunicación               |
| silvicultura y pesca.               | E: Construcción.                    | H: Establecimientos financieros, seguros y bienes muebles. |
| B: Explotación de minas y canteras. | F: Comercio, restaurantes y hoteles | I: Servicios comunales, sociales y personales.             |
| C: Industria manufacturera.         |                                     |  |




(2) El índice varía entre cero (diversificación máxima) y uno (concentración total) y se define como

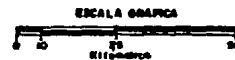
$$IDE = \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i - 1}{n} \right)^2$$



donde:  $P_i$  = porcentaje de PEA en el sector  
 $n$  = número de sectores económicos.

FIG. 5.3 DIVERSIFICACION ECONOMICA MUNICIPAL EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



-  DIVERSIFICADA
-  SEMIDIVERSIFICADA
-  CONCENTRADA



-  LIMITE DE LA CUENCA
-  LIMITE MUNICIPAL

En la zona media se cuenta con 111,970 ha (20.23% del total), de las que el 35.77% se dedican a la agricultura, el 6.33% son bosque o selva, el 1.36% son pastos naturales o enmontados y el 0.16% se dedican a otros usos; la superficie aprovechada es, por tanto, el 43.62% del total disponible<sup>16</sup>.

En la zona baja la superficie que se tiene es de 282,458 ha (51.04% del total), empleándose de ellas el 11.63% para la agricultura, el 1.18% es selva, el 15.51% son pastos naturales o enmontados y el 0.86% se destina a otros usos; aprovechándose el 29.2% de la superficie (Tabla 5.4)<sup>16</sup>.

En Tabla 5.4 se establece claramente la agricultura como el uso del suelo más importante. Corresponden a la zona media el mayor número de hectáreas dedicadas a esta actividad (40,052 ha), en tanto que la zona alta y baja presentan superficies semejantes (31,081 y 32,900 ha, respectivamente).

De acuerdo con datos ejidales, el 96.56% corresponde a regiones de temporal y sólo el 3.44% a regiones de riego; existe, de hecho, sólo un distrito de riego ubicado en la zona baja: el no. 82 de río Blanco, Ver., cuyo esquema se muestra en la Figura 5.4, aun cuando en la zona media y baja se localizan algunos ejidos que cuentan con riego mediante pipas<sup>16</sup>.

Los municipios que contribuyen con mayor superficie agrícola en la zona alta son: Ixtaczoquitlán con 8,784 ha; Esperanza, con 5,880; Atzizintla con 3,246; Acultzingo con 2,946; Atzacán con 2,658; Maltrata con 1,642; Nogales con 1,312; Tequila con 1,242 y Mariano Escobedo con 1,006; lo que representa el 92.39% del área cultivable de la parte alta<sup>16</sup>.

En la zona media los municipios que presentan mayor superficie agrícola son: Omealca, con 15,067 ha; Zongolica, con 9,971; Amatlán de los Reyes, con 6,014; Córdoba, con 3,762; Fortín, con 2,779 y Cuichapa, con 1,889; en conjunto albergan el 98.58% de la superficie agrícola de esta zona<sup>16</sup>.

En la zona baja, todos los municipios que corresponden a la cuenca del Blanco presentan superficies de cultivo mayores a 2,500 ha. Los más importantes son: Tlaxicoyan, con 18,525; Ignacio de la Llave, con 5,207 y Acula, con 3,698<sup>16</sup>.

En la zona alta, los municipios que cuentan con riego a través de pipas son: Acultzingo, Camerino Z. Mendoza, Nogales, Rafael Delgado y Soledad Atzompa; en la zona media Omealca y Amatlán de los Reyes, y en la zona baja Alvarado y Tlaxicoyan. Se carece de datos en relación al número de hectáreas regadas<sup>17</sup>.

Así también, se carece de datos relativos al volumen de producción agrícola generado por municipio. Sin embargo, los principales productos son: maíz, frijol y caña de azúcar, tal como se observa en la Tabla 5.5 En la Tabla 5.6 se presentan las especies ganaderas explotadas y en la Tabla 5.7 las especies forestales<sup>13</sup>.

En lo que corresponde a la industria, está integrada por 696 empresas , pertenecientes en un 97.5% al sector transformación y en un 2.5% al extractivo<sup>12</sup>

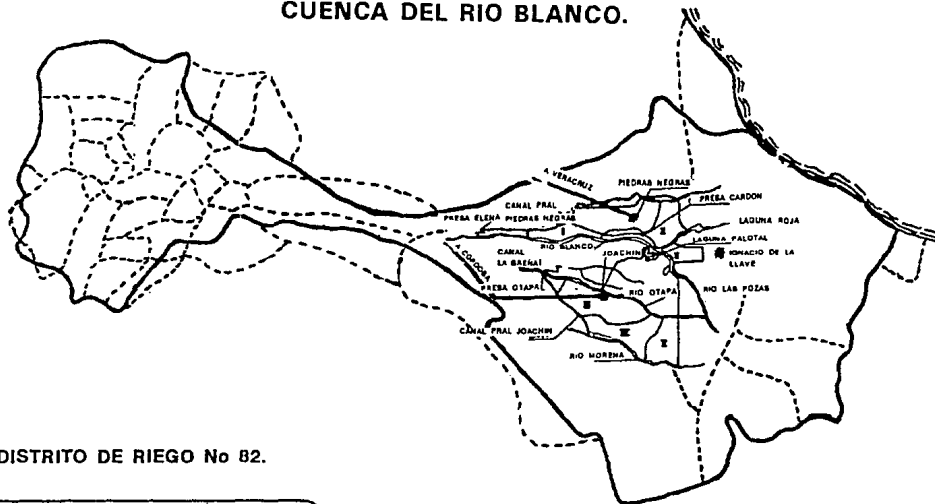
De las primeras, 288 corresponden al subsector productos alimenticios, bebidas y tabacos; 117 a productos metálicos, maquinaria y equipo; 64 a textiles, prendas de vestir e industria del cuero; 54 a la industria de la madera y productos de madera incluyendo muebles; 51 a la del papel y productos del papel; 48 a productos minerales no metálicos excepto los de petróleo y carbón; 44 a sustancias químicas, productos y derivados del petróleo y carbón, hule y plástico; 4 a industrias metálicas básicas y 8 a otras industrias manufactureras.

---

Así también, en la cuenca del río Blanco se localizan 6 presas hidroeléctricas, de ellas, 4 corresponden al sector industrial y las otras dos a la Comisión Federal de Electricidad (C. F. E.). De las 4 hidroeléctricas particulares: Jalapilla, Boquerón y Rincón Grande son propiedad de CIDOSA y El Yute pertenece a la Papelera Veracruzana. Las correspondientes a la C. F. E. son Ixtaczoquitlán y Tuxpango, con capacidades de 1,650 y 36,000 Kw, respectivamente.

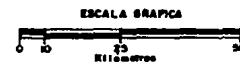


**FIGURA 5.4 DISTritos DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.**



**DISTRITO DE RIEGO No 82.**

AREA DE ASISTENCIA	CLAVE:
UNIDAD PIEDRAS NEGRAS:	I, II
UNIDAD JOACHIN:	III, IV, V



— LIMITE DE LA CUENCA  
 - - - LIMITE MUNICIPAL

**TABLA 5.4**  
**USOS DEL SUELO EN LOS MUNICIPIOS QUE INTEGRAN LA CUENCA DEL RÍO**  
**BLANCO (Ha).**

MUNICIPIO	Superf.	Agric.	Bosque o selva	Pastos Nat o enmont.	Otros usos	Has. según uso	% Uso
<b>ZONA ALTA</b>							
Acutzingo	16,697	2,946	3,490	3,083	0	9,519	57
Aquila	3,537	0	0	0	0	0	0
Atlahuilco	6,498	0	67	0	4	71	1.1
Atzacán	8,061	2,658	20	123	6	2,807	34.8
Camerino Z. Mendoza	3,784	151	400	45	1	597	15.8
Huilosapan de Cuauh.	2,385	77	0	0	0	77	3.2
Ixbuatlançillo	3,948	400	30	918	0	1,348	34.1
Ixtaczoquitlán	11,433	8,784	132	116	75	9,107	79.7
Magdalena	2,879	0	0	0	0	0	0
Maltrata	13,243	1,642	2,485	639	251	5,017	37.9
Mariano Escobedo	10,364	1,006	524	375	0	1,905	18.4
Nogales	7,732	1,312	1,828	657	4	3,801	49.2
Orizaba	2,797	0	0	0	0	0	0
La Perla	19,988	180	25	27	0	232	1.2
Rafael Delgado	3,948	565	5	5	0	575	14.6
Los Reyes	3,372	146	332	461	0	939	27.8
Río Blanco	2,468	141	47	0	0	188	7.6
San Andrés Tençjapa	2,468	0	0	0	0	0	0
Soledad Atzompa	6,580	658	698	100	0	1,456	22.1
Tequila	7,485	1,242	600	320	0	2,162	28.9
Tlilapa	5,840	0	0	0	0	0	0
Tlaquilpan	2,385	47	0	24	0	71	3.0
Atziztla	9,440	3,246	3,003	947	565	7,761	82.2
Espanza	11,609	5,880	338	853	223	7,294	62.8
Subtotal	158,941	31,081	14,024	8,693	1,129	54,927	34.56
%	100	19.55	8.82	5.47	0.71	34.56	
<b>ZONA MEDIA</b>							
Amatlán de los Reyes	14,888	6,014	724	101	30	6,869	46.1
Coetzala	2,632	50	0	23	0	73	2.8
Córdoba	13,901	3,762	318	379	0	4,459	32.1
Culchapa	6,992	1,889	247	28	0	2,164	30.9
Fortín	7,321	2,779	0	45	0	2,824	38.6
Naranjal	2,632	0	0	0	0	0	0
Omealca	22,537	15,067	30	479	148	15,724	69.8
Xoxocotla	6,334	520	5,265	0	0	5,785	91.3
Zonçolica	34,733	9,971	501	468	0	10,940	31.5
Subtotal	111,970	40,052	7,085	1,523	178	48,838	43.62
%	100	35.77	6.33	1.36	0.16	43.62	
<b>ZONA BAJA</b>							
Acula	19,247	3,698	200	2,742	0	6,640	34.5
Alvarado	84,063	2,754	2,172	16,383	1,992	23,301	27.7
Ignacio de la Llave	48,118	5,217	671	10,707	7	16,592	34.5
Ixmaltahuacán	33,559	2,716	18	222	0	2,956	8.8
Tlaxicoyan	97,471	18,525	265	13,770	432	32,992	33.8
Subtotal	282,458	32,900	3,326	43,824	2,431	82,481	29.2
%	100	11.65	1.18	15.51	0.86	29.2	
<b>T O T A L</b>	<b>553,369</b>	<b>104,033</b>	<b>24,435</b>	<b>54,040</b>	<b>3,738</b>	<b>186,246</b>	<b>37.7</b>
%	100	4.41	9.76	0.67	33.66	35.79	



**TABLA 5.5**  
**PRODUCTOS AGRÍCOLAS CULTIVADOS EN LA CUENCA DEL RÍO**  
**BLANCO**

	Miño	Chile verde	Citrus	Guayaba	Café	Fija	Col	
Aculzingo								
Aquila								
Atlahuilco				X				
Atzacán					X			
Camerino Z. Mendoza	X		X					
Huilolpan de Cuauhtémoc						X		
Ixhuatlancillo					X			
Ixtaczoquitlán							X	
Magdalena					X			
Maltrata								
Mariano Escobedo				X				
Nogales								
Orizaba	X				X			
La Perla					X			
Rafael Delgado					X			
Los Reyes					X			
Río Blanco								
San Andrés Tenexjapa								
Soledad Atzompa								
Tequila								
Tilapa	X							
Tlaquillpan								
Atlixpala				X				
Esperanza				X				
	Tejocote	Cladofita	Pera	Manzana	Tomate			
Aculzingo								
Aquila								
Atlahuilco								
Atzacán								
Camerino Z. Mendoza								
Huilolpan de Cuauhtémoc								
Ixhuatlancillo								
Ixtaczoquitlán								
Magdalena								
Maltrata	X				X			
Mariano Escobedo								
Nogales								
Orizaba								
La Perla								
Rafael Delgado		X						
Los Reyes								
Río Blanco								
San Andrés Tenexjapa								
Soledad Atzompa			X					
Tequila								
Tilapa					X			
Tlaquillpan								
Atlixpala								
Esperanza				X				

**TABLA 5.5**  
**PRODUCTOS AGRÍCOLAS CULTIVADOS EN LA CUENCA DEL RÍO**  
**BLANCO**

	Mafz	Caña	Cebada	Frijol	Soya	Chícharo	Calabaza	Agave
<b>ZONA MEDIA</b>								
Amatlán de los Reyes	X	X		X	X			
Coatzacoahuila	X	X		X			X	X
Córdoba	X	X		X				
Culchapa	X	X		X				
Fortín	X	X		X				
Naranjal	X	X		X				
Omealca	X	X		X				
Xoxocotla	X		X	X		X		
Zongolica	X							
	Mamey	Naranja	Mango	Plátano	Jicama	Chile verde	Cirueta	Café
Amatlán de los Reyes		X	X	X	X	X		
Coatzacoahuila		X	X	X				X
Córdoba		X	X	X			X	
Culchapa		X	X	X				X
Fortín		X		X				X
Naranjal		X		X				X
Omealca		X	X	X				X
Xoxocotla								
Zongolica	X	X						X
	Mamey	Papaya	Limon	Piña				
Amatlán de los Reyes								
Coatzacoahuila	X	X	X					
Córdoba								
Culchapa								
Fortín								
Naranjal								
Omealca								
Xoxocotla								
Zongolica				X				
	Mafz	Caca de Azúcar	Frijol	Arroz	Agua-cate	Coco	Naranja	Mango
<b>ZONA BAJA</b>								
Acuña	X	X		X	X	X		
Alvarado	X		X	X			X	X
Ignacio de la Llave	X		X	X		X	X	
Ixmiquilpan	X	X	X	X				
Tlalixcoyan	X	X	X	X				
	Chile verde	Piña						
Acuña								
Alvarado	X	X						
Ignacio de la Llave	X	X						
Ixmiquilpan	X	X						
Tlalixcoyan	X	X						

**TABLA 5.6**  
**ESPECIES GANADERAS EXPLOTADAS EN**  
**LA CUENCA DEL RÍO BLANCO**

MUNICIPIO	Avca	Bovino	Caprino	Porcino	Equino	Ovino	Concejos
<b>Zona Alta</b>					X		
Acutzingo	X	X		X	X	X	
Aquila	X	X	X	X		X	
Atlahuilco		X		X		X	
Atzacán		X		X		X	
Camerino Z. Mendoza		X	X	X		X	
Huiloapan de Cuauhtémoc		X	X	X	X		
Ishuatlandillo		X	X	X	X	X	
Itzacozquiltán	X	X		X	X	X	
Magdalena		X	X	X		X	
Maltrata	X	X	X				
Mariano Escobedo	X	X	X	X			
Nogales		X					
Orizaba		X			X	X	
La Perla					X	X	
Rafael Delgado	X	X	X	X	X	X	
Los Reyes		X	X	X	X	X	
Río Blanco	X	X	X	X	X		
San Andrés Tenexjapa		X	X				
Soledad Atzompa	X	X	X	X	X		
Tequila					X	X	
Tlilapa	X	X	X	X			
Tlaquilpan		X	X		X	X	
Atlixintla		X		X			X
Esperanza	X	X	X	X			X
<b>Zona Media</b>							
Amatlán de los Reyes	X	X	X	X	X		
Coetzala							
Córdoba	X	X		X	X	X	
Culchapa	X	X		X	X	X	
Fortín		X					
Naranjal	X	X	X	X	X		
Omealca	X	X	X	X	X		
Xoxocotla	X	X	X	X	X		
Zongolica	X	X		X	X	X	
<b>Zona Baja</b>							
Acula	X	X	X	X		X	
Alvarado		X		X		X	
Ignacio de la Llave	X	X		X			
Imatlahuacán		X	X	X	X	X	
Tlalixcoyan		X		X	X		

FUENTE: 17

**TABLA 5.7**  
**ESPECIES FORESTALES EXPLOTADAS EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO**

MUNICIPIO	Pino	Encino	Oyamel	Nogal	Álamo	Sauce	Caoba	Cedro	Ayacahuite	Ocozote	Fresno	Ocoté
<b>Zona Alta</b>												
Acutzingo	X	X	X									
Aquila	X	X										
Atlahuilco												
Atzacán												
Camerino Z. Mendoza												
Huiloapan de Cuauhtémoc	X	X	X					X	X			
Ixtuadlanillo												
Ixtaczoquitlán	X	X	X		X	X			X	X	X	
Magdalena	X	X		X				X				
Maltrata								X			X	
Mariano Escobedo	X	X						X				X
Nogales							X	X				
Orizaba												
La Perla	X											
Rafael Delgado	X						X					
Los Reyes	X	X									X	
Río Blanco												
San Andrés Tenexjapa	X											
Soledad Atzompa												
Tequila	X	X						X			X	
Tiliapa												
Tlaquilpan		X										
Atzizintla												
Esperanza												
<b>Zona Media</b>												
Amatlán de los Reyes		X			X	X						
Coetzaco							X	X				
Córdoba												
Cuichapa												
Fortín												
Naranja	X	X			X				X			X
Omealca							X	X				
Xoxocotla	X	X						X				
Zongolica							X	X		X	X	
<b>Zona Baja</b>												
Acuña												
Alvarado				X	X							
Ignacio de la Llave												
Ixmiquilpan												
Tlalixcoyan				X		X	X					

### 5.1.2

## HIDROLOGÍA E HIDROMETRÍA

El río Blanco nace en lo alto de las cumbres de Acultzingo, donde se forman pequeños arroyos por el escurrimiento superficial del agua de lluvia; contribuyen a su caudal los manantiales Las Doncellas, Hueyapan, Acatla y Atzompa. A medida que el agua descende de las montañas, toma el camino de menor resistencia y cuando se encuentra con formaciones rocosas fluye en torno a ellas. Debido a las características topográficas, la cuenca puede ser dividida en 3 zonas: alta, en la que las pendientes en forma general son más pronunciadas que en las otras zonas; media cuyas pendientes son intermedias, y baja donde prácticamente el terreno es plano y se encuentra casi a nivel del mar.

#### 5.1.2.1

#### Zona Alta

La corriente en la zona alta lleva gran velocidad (alrededor de 1 m/seg), debido a que la pendiente del río en esta zona es de 0.027, la fuerza del agua debido a la velocidad, ocasiona erosión en los materiales de las márgenes y del fondo del lecho en forma directa a la fuerza, tamaño y grado de compactación del material contra el cual choca.

El cauce es relativamente joven, en consecuencia, el lecho que lo conforma aún se encuentra constituido por roca madre; esto dificulta su erosión. Sin embargo, el material que alcanza a separarse de la roca, por la acción del choque del agua, no puede sedimentar en esta zona debido a la velocidad y turbulencia de la corriente.

Cuando, debido a la topografía, el curso del río cambia de dirección (aproximadamente 4 km abajo de la Cd. de Orizaba) se forman hoyas en los recodos, que han sido aprovechadas para la construcción de presas, cuya utilidad es la generación de energía eléctrica (Ixtaczoquitlán y Tuxpango). La mayor de ellas es la Presa Tuxpango.



Debido al volumen de las presas, la corriente pierde velocidad, por lo que los sólidos arrastrados de la parte alta pueden sedimentar en estos sitios. Las presas marcan la transición entre la zona alta del río y la zona media, debido al cambio de pendiente que se registra.

Esta zona se caracteriza por la poca profundidad del cauce (0.60 m en promedio), el régimen turbulento del flujo y por la baja temperatura del agua (aproximadamente 17°C), debido a la altura (de 800 a 1500 msnm).

En esta zona quedan comprendidos los municipios de Acultzingo, Aquila, Atlahuilco, Atzacán, Camerino Z. Mendoza, Huiloapan de Cuauhtémoc, Ixhuatlancillo, Ixtaczoquitlán, Magdalena, Maltrata, Mariano Escobedo, Nogales, Orizaba, La Perla, Rafael Delgado, Los Reyes, Río Blanco, San Andrés Tenejapa, Soledad Atzompa, Tequila, Tlilapa y Tlaquilpan; todos del estado de Veracruz. Del estado de Puebla: Atzizintla y Esperanza.

Entre las localidades de Ciudad Mendoza y Orizaba confluyen al río Blanco, por su margen izquierda, el Arroyo Maltrata y Nogales (este último proviene de la laguna de Nogales); así como el río de La Carbonera, de escurrimiento estacional (no perenne), que se une al cauce a la altura de la localidad del río Blanco. Aguas abajo, en la ciudad de Orizaba, recibe al río Orizaba y a los arroyos Caliente y Totolitos. Antes de la Presa Tuxpango se une el río Tlilapa, formado por los escurrimientos propios de las estribaciones de la sierra Zongolica y las del río Xoxocotla. Finalmente, en la presa Tuxpango confluye el río Escamela. La confluencia de dichos cauces hace que el gasto aumente del nacimiento del río Blanco a la entrada de la Presa Tuxpango de aproximadamente 2 m<sup>3</sup>/seg a 7 m<sup>3</sup>/seg.

**5.1.2.2****Zona Media**

La pendiente sobre la cual fluye el curso de agua, varía a medida que éste avanza, pasando gradualmente de laderas empinadas a otras más suaves. De esta forma, la pendiente del río después de la presa Tuxpango y hasta la presa Camello tiene un promedio de 0.01. Esta sección es conocida como parte media y comprende los municipios de Amatlán de los Reyes, Coetzala, Córdoba, Cuichapa, Fortín, Naranjal, Omealca y Xoxocotla.

En esta zona el lecho está constituido por rocas de menor tamaño (cantos rodados). Aun cuando la pendiente es menos pronunciada, la velocidad del agua se incrementa ligeramente (a alrededor de 1.6 m/seg) debido al aumento en el caudal, el cual en esta zona es de alrededor de 30 a 40 m<sup>3</sup>/seg, debido a los afluentes que recibe el río aguas arriba. Así también, la profundidad y el ancho del cauce se incrementan.

En lo que al flujo se refiere, pueden observarse zonas de rápidos donde el régimen es turbulento, seguidas de secciones donde el agua fluye con más calma, pudiendo presentarse en ellas estratificación de nutrientes, temperatura, densidad y oxígeno tanto vertical como horizontalmente.

En estas secciones es posible encontrar sedimento, aunque no es muy abundante debido a la velocidad del agua.

**5.1.2.3****Zona Baja**

Al pasar el cauce por el poblado de La Campana, en su trayectoria hacia la costa, se localiza la presa Camelpo, que abastece al Distrito de Riego 82 "Río Blanco" por medio de los canales Piedras Negras y Joachín.

Después de la Presa Camelpo, se encuentra la parte baja del río, en la cual la pendiente continúa disminuyendo; este sitio la pendiente presenta un promedio de 0.00045.

A medida que esto sucede, las corrientes chocan contra las orillas, ocasionando un cambio de dirección de las mismas; lo que da lugar a cursos serpenteantes cuyo efecto, sumado al ocasionado por la disminución de la pendiente, provoca una menor velocidad del agua.

El río Blanco se bifurca, a la altura del sitio denominado Madereros, sobre la rama norte, confluyen, por la margen izquierda, los ríos Tlalixcoyan y Pozuelos, llegando a la isleta Totoyan, para desembocar finalmente en la Laguna de Alvarado.

La rama sur desemboca en la Laguna de La Piedra, con el nombre del Río Las Pozas. A esta rama se une por la margen derecha del río Otapa.

El río Moreno se une a la laguna de La Piedra en la parte sur. Esta laguna se une al conjunto de lagunas de San Marcos, Coralillo y a la laguna de Lizomba; a la que le confluye el río Estanzuela, el río hondo y el río del Chino. Este sistema lagunar da origen al río Camarón, que desemboca en la parte sur de la laguna de Alvarado, hacia el límite sureste de la cuenca.

En la laguna El Salado nace el río Acula, que pasa por la localidad del mismo nombre y se alienta por su margen izquierda de la laguna de Pajarillos, posteriormente desemboca en la parte sureste de la Laguna de Alvarado, en la Bocana La Conchuela.

En esta sección quedan comprendidos los municipios de Acula, Alvarado, Ignacio de la Llave, Ixmatlahuacán, Tierra Blanca y Tlalixcoyan; la profundidad es mayor (1.5 m en promedio), así como el caudal (40 a  $\text{m}^3/\text{seg}$  en época de estiaje).

El lecho está constituido por arenas, debido a que al disminuir la velocidad (a 0.5 m/seg en promedio) es posible la sedimentación de todas aquellas partículas que habían sido arrastradas, que por la velocidad y régimen de flujo no habían podido sedimentar en la parte media; además, el tipo de materiales que conforman el lecho es más suave, lo que facilita su intemperización.

La zona baja se caracteriza por el régimen laminar de sus aguas, y por la temperatura que es más alta (20 °C en promedio), debido a la casi nula altitud sobre el nivel del mar, la cual hace que la temperatura ambiente sea más alta.

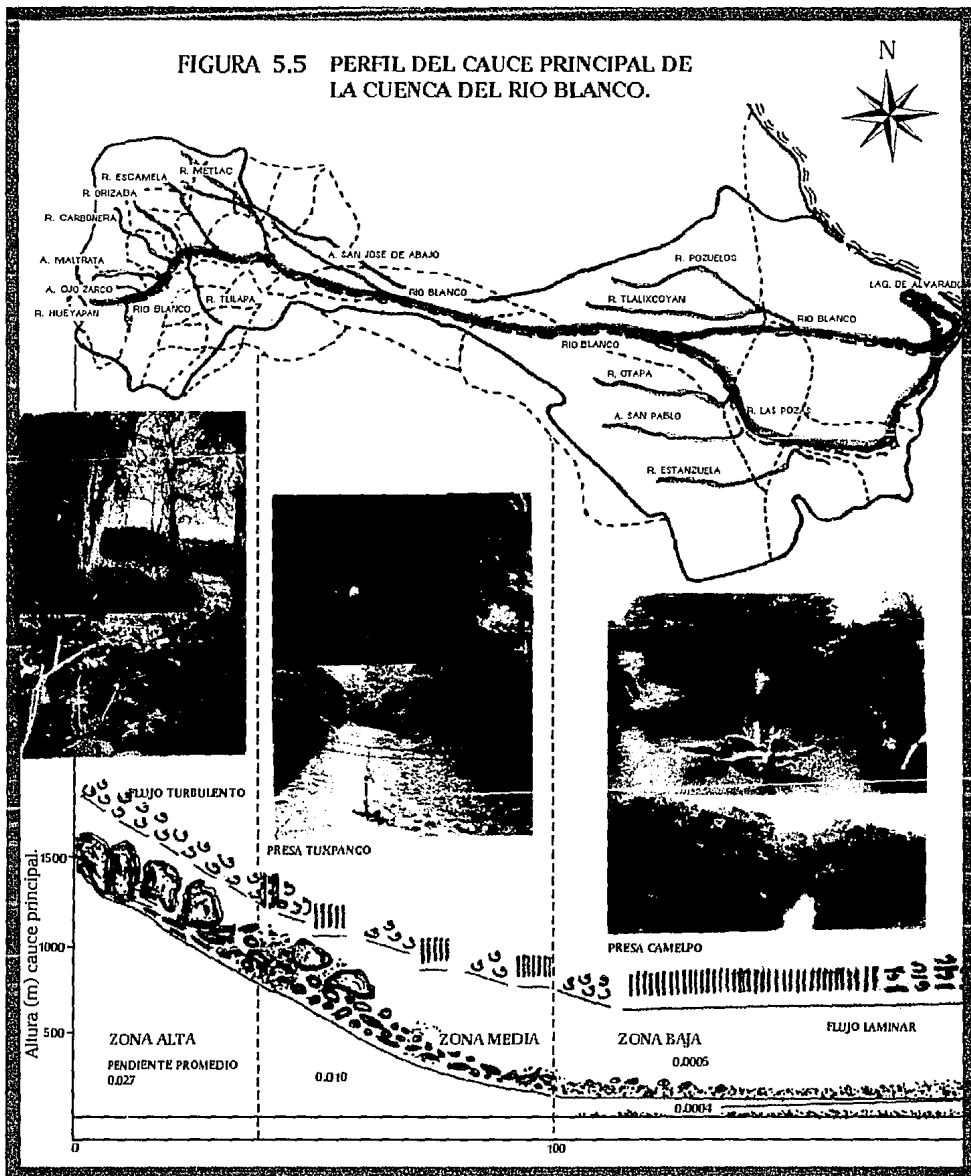
Esta zona puede albergar un gran número de poblaciones acuáticas, ya que al disminuir la velocidad del agua y sedimentar partículas, entre las que se encuentran muchos nutrientes, pueden desarrollarse variadas poblaciones; fenómeno que, debido a las condiciones de pendiente, se dificulta en la parte alta y media del río. Sin embargo, esta zona es también muy sensible a los efectos de la contaminación, ya que por el régimen de flujo y por la temperatura, la posibilidad de disolución de oxígeno es menor, en tanto que la demanda de este gas es mayor.

Por otra parte, la posibilidad de que los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en el agua o sedimentos entren en solución aumenta conforme la temperatura del agua es mayor. Si bien, del río Blanco no se tienen estadísticas de una

---

intensa actividad pesquera a nivel nacional, representa una actividad importante para los habitantes de esta zona, los cuales mencionan una disminución notable del recurso, además de que se han registrado muertes masivas de peses en épocas de lluvia cuando son abiertas las compuertas de la presa Tuxpango, lo que podría indicar que el arrastre de sólidos de la presa por el agua esta dañando de alguna forma a los organismos de la zona baja. Este efecto puede ser debido al agotamiento del oxígeno por la gran cantidad de materia orgánica presente en los sedimentos de la presa o bien por la presencia de algún tóxico, en los mismos, lo cual es necesario dislucidar. En la Figura 5.5 se observa la hidrología y el perfil de la cuenca del río Blanco y en la Tabla 5.8 los lagos, lagunas y manantiales

FIGURA 5.5 PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



**TABLA 5.8**  
**LAGOS, LAGUNAS Y MANANTIALES**

<b>LAGOS Y LAGUNAS</b>	<b>MANANTIALES</b>
El Espinal	Rincón de las Doncellas
El Júcaro	Ojo de Agua
El Picho	Carta Blanca
Laguna Grande	El Fresco
Balaju	Escamela
Los Tubos	
Simón Blanco	
Martha	
Caño de Ocaña	
Tía Negrita	
Las Plancas	
El Moral	
Las Charcas	
Las Piedras	
Ciénega de las Tortugas	
La Virgen	
Tía Lincha	
El Lagarto	
El Jiote	
Tlalixcoyan	
Nogales	
Alvarado	

#### 5.1.2.4 Hidrometría.

La cuenca del río Blanco presenta un escurrimiento anual total aproximado de 1, 095' 200, 000 m<sup>3</sup>.

El río Blanco conduce un caudal variable, tanto longitudinal como estacionalmente. Las estaciones hidrométricas se encuentran a partir de la localidad de El Naranjal, razón por la cual la información sobre el comportamiento del río aguas arriba se limita a aforos eventuales y lo mismo sucede en algunos de los afluentes principales del río Blanco.

En la cuenca se localizan 12 estaciones hidrométricas operadas por la SARH y 2 por CFE. En el colector principal se ubican las estaciones Cuichapa, Camelpo, La Boca (brazo izquierdo del río Blanco), Las Pozas (brazo derecho) y Naranjal .

Y sobre afluentes principales se localizan:

- Zapopan	sobre río Metlac.
- Joachín	sobre río Otapa.
- Moreno	sobre río Moreno.
- El Amate	sobre río Estanzuela.
- Otapa	sobre río Otapa.
- Tebantón	sobre río Camarón.
- Camelpo	sobre Canal Piedras Negras.
- Camelpo	sobre Canal Joachín.
- Km 12 + 000	sobre Canal Piedras Negras.

Los gastos medios anuales y volúmenes de escurrimiento que se presentan en la Tabla 5.9 corresponden a las estaciones ubicadas sobre el cauce principal. En la Tabla 5.10 se presentan los resultados de los aforos de las estaciones ubicadas en los afluentes



---

y en la Tabla 5.11 los aforos de las estaciones ubicadas en los canales de derivación para riego.

Asimismo, en la Tabla 5.12 se presentan los gastos obtenidos de los aforos realizados eventualmente en arroyos, manantiales y ríos, que son afluentes al colector principal. Los usos del agua en la cuenca son: de tipo doméstico, con un volumen aprovechado de 95 millones de m<sup>3</sup>/año; el público con 1.2 ; el agrícola con 46.5; el industrial con 340; el de generación de energía eléctrica con 6,937; el recreativo con 72.3 y el pecuario, del cual se carece de datos; como se observa en la Figura 5.6. El volumen medio anual aprovechado en la cuenca es de 7,492 millones de m<sup>3</sup>.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua, tanto para uso doméstico y municipal como industrial, se muestran en la Tabla 5.13

**TABLA 5.9**  
**GASTOS Y VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO ANUALES DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**  
**UBICADAS**  
**EN EL RÍO BLANCO.**

ESTACIÓN	AÑO	Q MED. (m <sup>3</sup> /s)	Q MAX (m <sup>3</sup> /s)	Q MIN (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN MILES DE m <sup>3</sup>
Naranjal (CFE)	1979	34.20	26	10.60	1,295,557
	1980	44.40	695	10.60	1,405,669
	1981	66.20	674	16.30	2,095,384
Cuichapa	1979	50.70	486	19.60	1,598,823
	1980	52.80	379	16.20	1,669,027
	1981	63.00	620	8.80	1,986,157
Camelpe	1979	50.50	443	12.40	1,591,996
	1980	53.90	589	8.91	1,705,815
	1981	81.40	996	14.50	2,567,498
La Boca (B.I.)	1979	16.40	112	1.86	518,376
	1980	18.30	142	1.10	578,946
	1981	29.00	143	1.86	915,206
Las Pozas (BALDE)	1979	27.30	174	0.75	860,158
	1980	29.10	155	1.38	918,393
	1981	44.60	204	1.06	1,413,230

Fuente: Datos proporcionados por la Gerencia de Aguas Superficiales de la Comisión Nacional del Agua.

4, 5

**TABLA 5.10**  
**GASTOS Y VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS UBICADAS**  
**EN AFLUENTES DEL RÍO BLANCO.**

ESTACIÓN	AÑO	Q MED. (m <sup>3</sup> /s)	Q MAX (m <sup>3</sup> /s)	Q MIN (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN MILES DE m <sup>3</sup>
Zapopan (Río Metlac) C.F.E.	1979	10.20	90.40	5.15	320,450
	1980	10.80	87.80	5.15	342,040
	1981	13.60	107.00	5.24	428,847
Juchín (Río Otapa)	1980	2.70	187.00	.18	75,979
	1981	5.82	160.00	.298	183,917
Moreno (Río Moreno)	1980	1.57	57.60	.072	25,138
	1981	3.09	55.30	.091	102,134
El Amate (Río Estanzuela)	1980	1.32	69.69	.593	39,226
	1981	1.79	46.40	.646	56,512

Fuente: Datos proporcionados por la Gerencia de Aguas Superficiales de la Comisión Nacional del Agua.

Nota: No se dispone de información procesada de las estaciones hidrométricas de Tabantón y Otapa.

**TABLA 5.11**  
**GASTOS Y VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO EN LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS UBICADAS**  
**SOBRE CANALES DE DERIVACIÓN**  
**EN EL RÍO BLANCO.**

ESTACIÓN	AÑO	Q MED. (m <sup>3</sup> /s)	Q MAX (m <sup>3</sup> /s)	Q MIN (m <sup>3</sup> /s)	VOLUMEN MILES DE m <sup>3</sup>
Camelpo (Canal Piedras Negras)	1979	6.48	12.60	0.0	199,414
	1980	5.58	11.80	0.0	173,829
	1981	6.06	13.00	0.0	190,988
Camelpo (Canal Joachin)	1979 1980	5.21	13.00	0.0	162,064
	1981	5.15	18.20	0.12	135,800
Km 12+000 (Canal Piedras Negras)		5.21	19.90	0.0	147,081
	1979				
	1980	5.50	9.05	0.0	143,123
	1981	4.79	9.68	0.0	106,881
		4.91	10.60	0.0	148,912

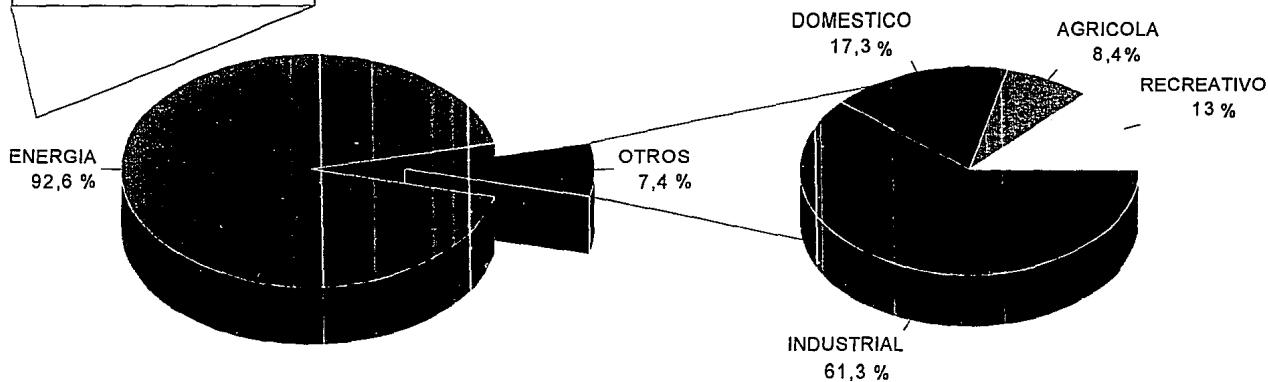
Fuente: Datos proporcionados por la Gerencia de Aguas Superficiales de la Comisión Nacional del Agua.

**TABLA 5.12**  
**AFOROS EVENTUALES EN LOS AFLUENTES**  
**DEL RÍO BLANCO**

AFLUENTE	GASTO m <sup>3</sup> /s
Arroyo Las Doncellas	
Manantial La Escondida	1.20
Hueyapan	0.10
Acuña	0.04
Atzompa	0.02
A. Maltrata	0.02
Lag. Nogales	0.009
R. de la Carbonera	2.90
R. Orizaba	1.50
A. Caliente	2.20
A. Totolitos	0.10
R. Tlilapa	0.20
R. Escameña	3.80
R. Melzac	2.10
R. San José de Abajo	13.60 *
R. Tlalixcoyan	1.90
R. Otapa	2.66
R. Moreno	5.82 *
R. Estanzuela	3.82 *
	1.79 *

\* Corresponde a aforo en estación hidrométrica.  
Boletín Hidrométrico 1979, 1980 y 1981. CFE.

HIDROELECTRICA	L/seg
JALAPILLA	6.5
BOQUERON	8.3
RIO GRANDE	11.2
YUTE	6.3
IXTACZOQUITLAN	13.1
TUXPANGO	18.3



VOL.TOTAL CONSUMIDO 7 492 000 M<sup>3</sup>/AÑO

**FIGURA 5.6 USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.**

**TABLA 5.13**  
**PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO**  
**DE AGUA POTABLE**

Arroyo La Sidra  
Manantial Los Arroyos  
Río Metlac  
Manantial Ojo de Agua  
Manantial Carta Blanca  
Manantial El Fresco  
Manantial Escamela  
Río Tendido  
Manantial Santa Rita  
Manantial Dos Arroyos  
Manantial La Laguna  
Manantial El Encinar  
Arroyo Puente Gallardo  
Río Orizaba  
Manantial La Calavera  
Río Tlachichilco  
Río Blanco (zona alta)

---

### **5.1.3 PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN**

De manera general, la problemática de contaminación en la cuenca del río Blanco se centra en 2 aspectos: el primero es originado por el vertimiento de materia orgánica, ya sea por la población, la industria o la actividad agrícola. El segundo lo constituye la potencial presencia de sustancias tóxicas, que pueden estar presentes en la cuenca de forma natural, o bien ser vertidas en las descargas industriales o en las aguas de retorno agrícola.

#### **5.1.3.1 Problemática Generada por Materia Orgánica.**

La población y la industria son los dos sectores que tienen una mayor incidencia en la cuenca en la problemática de contaminación por materia orgánica, debido a que la actividad agrícola se dificulta en la zona alta y media debido a la topografía, lo que hace que esta actividad no se haya tecnificado y por lo tanto el consumo de fertilizantes sea bajo.

##### **A) Aporte Municipal**

En la cuenca se localizan 15 poblaciones mayores de 10,000 habitantes, de las cuales el 60% se encuentra en la parte alta, el 20% en la parte media y el 20% restante en la parte baja.

De la población que habita en la parte alta (450,491 habitantes), el 70.7% se concentra en las márgenes del río, en los municipios de Ciudad Mendoza, Maltrata, Nogales, Río Blanco, Orizaba, Tequila, Rafael Delgado, Ixtaczoquitlán, La Perla y Atzacán. A medida que la distancia al río y a la carretera México-Veracruz aumenta, la densidad de población disminuye gradualmente, así como los servicios de agua y drenaje en las

poblaciones correspondientes, en la Tabla 5.14 se muestra el porcentaje por municipio de dichos servicios. Este fenómeno también se presenta en la región media y baja del río.

Esto ha ocasionado que el 53% del agua residual municipal ( $51,000 \text{ m}^3/\text{d}$ ) y el 50% de la carga orgánica sea generada en la parte alta de la cuenca; de estos porcentajes corresponde el mayor aporte, a los municipios de Orizaba, Río Blanco, Camerino Z. Mendoza, Nogales e Ixtaczoquitlán. Este aporte es estimado en aproximadamente  $43,000 \text{ m}^3/\text{d}$ , con una carga orgánica de  $14,000 \text{ Kg}$  de  $\text{DBO}_5/\text{d}$ .

En la zona media se generan aproximadamente  $35,500 \text{ m}^3/\text{d}$  de agua residual municipal, con una carga orgánica de  $14,000 \text{ Kg}$   $\text{DBO}_5/\text{d}$ , lo que corresponde al 37% del caudal total producido en la cuenca y al 30% de la materia orgánica.

De dicho gasto,  $20,500 \text{ m}^3/\text{d}$  y casi  $8000 \text{ Kg}$  de  $\text{DBO}_5/\text{d}$  son producidos por los municipios de Córdoba, Fortín y Amatlán de los Reyes. Aquí es necesario aclarar que, aunque en Tierra Blanca se genera una gran cantidad de agua residual, debido a la población que concentra, la mayor parte de ella es vertida a la cuenca del Papaloapan y sólo un pequeño porcentaje lo hace al río Blanco.

En la parte baja, únicamente se genera el 10% del gasto total de aguas residuales municipales producidas en la cuenca y el 20% de la carga orgánica, dado que es la zona que alberga una menor población. De estos porcentajes, Alvarado, Piedras Negras y Tlalixcoyan son las poblaciones que aportan la mayor parte.

En la Tabla 5.15 y Figura 5.7 aparecen los datos de agua residual y carga orgánica generadas en la parte alta, media y baja de la cuenca, estimados en el presente estudio en base a la población presente en cada zona y al porcentaje de alcantarillado; además de una proyección de dichos rubros para el año 2005.

---

**En la Tabla 5.16 se indican los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales de las poblaciones mayores de 10,000 habitantes.**



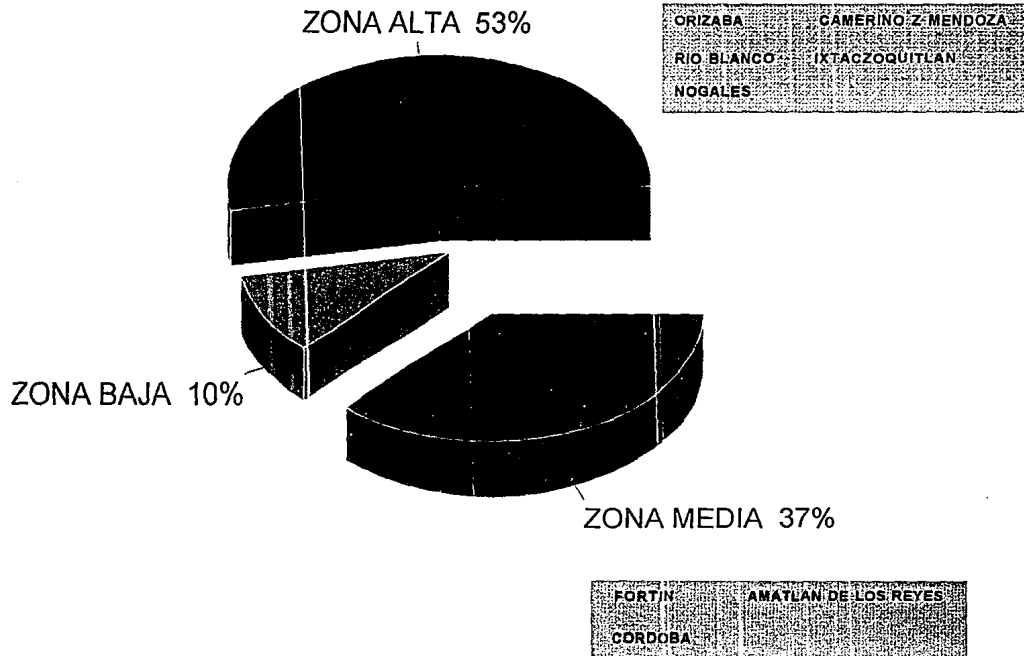
**TABLA 5.14**  
**SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO**

MUNICIPIO	No DE VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS	No DE HABITANTES POR VIVENDA	VIVIENDAS CON AGUA	% VIVIENDAS CON DRENAJE	VOLUMEN DE EXTRACCION DE AGUA POTABLE EN MILLONES DE m <sup>3</sup>
<b>ZONA ALTA</b>					
Acultzingo	2,567	5.46	44.00	14.22	--
Aquila	275	5.32	30.91	5.40	--
Atlahuilco	1,026	5.72	37.23	1.46	--
Atzacán	2,563	5.34	76.16	33.83	--
Camerino Z. Mendoza	7,238	4.85	94.36	83.01	5.70
Huiloapan de Cuaub.	938	4.07	31.24	59.91	0.05
Ixtaczoquitlán	8,526	8.65	87.64	58.74	1.61
Magdalena	335	5.34	87.16	21.19	--
Maltrata	2,139	5.88	61.52	28.98	0.65
Mariano Escobedo	3,680	5.10	70.90	50.00	--
Nogales	5,738	4.80	87.70	72.10	9.76
Orizaba	22,571	5.06	92.37	93.62	25.66
La Perla	2,381	5.50	63.42	8.52	0.15
Rafael Delgado	1,803	6.16	68.89	49.36	--
Los Reyes	642	5.14	39.72	0.15	--
Río Blanco	8,310	4.53	87.46	91.03	22.57
San Andrés Tenexjapa	291	6.18	26.80	11.34	--
Soledad Atzompa	2,014	6.21	27.01	1.04	--
Tequila	1,924	5.03	43.61	11.07	--
Tlilapa	578	5.39	50.17	13.49	--
Tlaquilpan	750	6.49	54.27	7.20	--
Atzizintla	968	7.10	83.47	0.31	--
Esperanza	1,708	6.8	64.05	15.22	--
Subtotal	81,965	3.05	80.51	64.15	66.15
%					
<b>ZONA MEDIA</b>					
Amatlán de los Reyes	6,457	5.21	33.68	36.59	2.61
Coetzala	308	5.31	51.62	12.01	--
Córdoba	31,631	4.76	80.61	91.37	102.38
Cuichapa	1,947	5.33	51.62	53.31	1.62
Fortín	7,593	4.86	72.45	72.88	10.75
Naranjal	603	5.47	51.57	23.38	--
Omealca	4,004	5.38	53.42	22.83	3.66
Xoxocotla	563	6.71	60.39	2.31	--
Zongolica	6,431	5.34	37.96	16.12	--
Subtotal	59,537		66.46	23.45	121.02
%					
<b>ZONA BAJA</b>					
Acuña	1,024	4.82	0.78	21.29	--
Alvarado	10,704	4.58	55.72	56.56	15.06
Ignacio de la Llave	4,075	4.82	64.17	25.55	1.51
Ixmiquilpan	1,287	7.78	40.41	22.69	1.32
Tlaxiaco	7,642	4.82	37.95	31.56	6.79
Subtotal	24,732		48.55	40.50	24.68
%					
<b>TOTAL</b>	<b>165,656</b>				<b>211.85</b>

**TABLA 5.15**  
**AGUA RESIDUAL Y CARGA ORGÁNICA GENERADA EN LA CUENCA**  
**DEL RÍO BLANCO.**

Municipio	1980		1990		2005	
	Agua residual (m <sup>3</sup> /d)	Carga orgánica (Kg DBO <sub>5</sub> /día)	Agua residual (m <sup>3</sup> /d)	Carga orgánica (Kg DBO <sub>5</sub> /día)	Agua residual (m <sup>3</sup> /d)	Carga orgánica (Kg DBO <sub>5</sub> /día)
<b>ZONA ALTA</b>						
Aculzingo	36.98	665.66	333.35	757.62	461.44	1,048.73
Aquila	12.94	121.34	17.92	79.06	18.03	79.54
Atlahuilco	--	--	--	--	--	--
Atzacán	20.33	609.82	926.6	739.53	1,244.81	993.49
Camerino Z. Mendoza	2,613.79	1,486.67	5,776.23	1,894.54	7,720.93	2,501.98
Huiloapan de Cuauh.	339.42	215.78	570.34	257.04	867.38	390.91
Ixhuatlancillo	3.04	710.76	505.11	6,167.66	638.07	447.0
Ixtacozquiltán	972.89	1,743.07	5,142.22	2,363.63	7,865.4	3,615.35
Magdalena	--	--	--	--	--	--
Maltrata	27.92	519.80	732.17	679.1	1,064.38	987.23
Mariano Escobedo	12.72	520.29	1,875.8	1,012.93	3,147.3	1,699.54
Nogales	3,005.97	1,681.40	3,912.26	1,486.30	5,276.9	1,974.46
Orizaba	16,354.36	6,201.79	21,385.8	6,167.66	28,026.6	8,082.88
La Perla	8.11	486.59	223.54	707.56	339.97	1,076.11
Rafael Delgado	96.55	506.20	850.36	599.94	1,331.41	939.33
Los Reyes	--	--	--	--	--	--
Río Blanco	4,692.19	1,929.47	6,851.59	2,035.04	9,879.16	2,932.15
San Andrés Tenexjapa	1.16	82.73	40.78	97.09	54.68	130.19
Soledad Atzacompá	--	--	--	--	--	--
Tequila	14.0	415.31	214.36	522.83	272.63	664.96
Tilapa	4.53	123.66	84.12	168.37	128.1	256.39
Tlaquilpan	--	--	--	--	--	--
Atlixidula	3.36	371.03	12.23	371.03	15.01	455.33
Esperanza	290.21	630.29	384.94	630.29	458.49	750.71
Subtotal	28,510.47	18,521.66	49,904.72	20,923.42	68,810.69	29,026.28
%	54.78	49.46	53.13	49.14	53.8	48.68
<b>ZONA MEDIA</b>						
Amatlán de los Reyes	321.65	1,499.90	2,464.67	1,818.13	548.65	2,420.50
Coetzala	--	--	--	--	--	--
Córdoba	14,783.13	6,813.67	25,592.23	8,124.52	38,783.99	12,312.38
Cuichapa	403.87	479.95	1,107.25	560.79	1,653.78	837.59
Fortín	2,828.26	1,614.44	5,375.92	1,991.63	8,395.19	3,110.18
Naranjal	26	190.73	154.17	178.04	183.72	212.17
Omealca	257.74	1,163.7	983.15	1,162.73	1,364.28	1,613.47
Xoxocotla	--	--	--	--	--	--
Zongolica	289.41	1,298	1,107.1	1,853.17	1,188.75	1,989.85
Subtotal	18,910.06	13,060.39	36,784.49	15,689.01	52,118.36	22,496.14
%	36.33	34.87	39.18	36.85	40.75	37.73
<b>ZONA BAJA</b>						
Acula	5.57	319.73	210.09	266.44	264.85	335.88
Alvarado	3,938.23	2,487.89	5,548.4	2,648.16	5,127	3,782.21
Ignacio de la Llave	11.72	1,021.19	1,004.32	1,061.32	1,258.13	1,329.53
Ixmiquilpan	--	--	--	--	--	--
Tlaxiaco	668.66	2,037.69	233.63	1,989.9	310.83	2,647.46
Subtotal	4,624.18	5,866.5	6,996.44	5,965.82	6,960.81	8,095.08
%	8.89	15.67	7.69	14.01	5.45	13.59
<b>TOTAL</b>	<b>52,044.71</b>	<b>37,448.55</b>	<b>93,885.15</b>	<b>42,578.25</b>	<b>127,889.86</b>	<b>59,617.5</b>

Datos estimados en base a la población o su proyección, el porcentaje de alcantarillado y a una dotación de agua de 200 l/hab/día.



**FIGURA 5.7 AGUA RESIDUAL MUNICIPAL GENERADA EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.**

**TABLA 5.16**  
**CUERPOS RECEPTORES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS**  
**RESIDUALES DE LAS POBLACIONES DE LA CUENCA**  
**DEL RÍO BLANCO MAYORES A 10,000 HABITANTES.**

LOCALIDAD	CUERPO RECEPTOR
<b>Zona Alta</b>	
<b>Cd. Mendoza</b> <b>Ixtaczoquitlán</b> <b>Nogales</b> <b>Orizaba</b>  <b>Rafael Delgado</b> <b>Río Blanco</b> <b>Vicente Guerrero</b> <b>Zongolica</b>	<b>Río Blanco</b> <b>Río Blanco y Escamela</b> <b>Río Blanco</b> <b>Río Orizaba</b> <b>Arroyos Caliente y Totolitos, Río Blanco</b> <b>Río San Juan</b> <b>Río Blanco</b> <b>Río Blanco</b> <b>Río Tecuanapa</b>
<b>Zona Media</b>	
<b>Amatlán de Los Reyes</b> <b>Córdoba</b>  <b>Fortín de las Flores</b>	<b>Río Blanco</b> <b>Arroyos Xochiapan, Zapote y Colorado.</b> <b>Río Metlac.</b>
<b>Zona Baja</b>	
<b>Alvarado</b> <b>Piedras Negras</b> <b>Tlalixcoyan</b>	<b>Laguna de Alvarado</b> <b>Fosas sépticas</b> <b>Río Tlalixcoyan</b>

## **B) Aporte Industrial**

De las industrias instaladas en la cuenca, aquellas que tienen un mayor aporte de materia orgánica se presentan en la Tabla 5.17. Cabe resaltar el hecho de que no son las más abundantes; sin embargo, la carga orgánica, así como el caudal de agua residual que generan usualmente sus procesos productivos, hacen que se consideren como las de mayor importancia.

### **a) Productos alimenticios, bebidas y tabaco.**

Este subsector comprende 288 empresas con 12 ramas industriales. Sin embargo, el 72% de las empresas de la cuenca del Río Blanco están comprendidas en sólo tres de tales ramas: elaboración de otros productos alimenticios para consumo humano (que incluye a los beneficios del café, el tostado y molienda de café, fabricación de café soluble, fabricación de hielo, fabricación de gelatinas y postres; en conjunto integra 101 empresas); la fabricación de productos de panadería, con 74 establecimientos y la elaboración de productos lácteos, con 33 establecimientos.

A pesar de ello, a excepción de los beneficios del café, estos grupos no representan un problema grave de contaminación (debido a los bajos consumos de agua). En contraste, la industria azucarera, la matanza de ganado y la elaboración de bebidas representan un mayor problema, a pesar de que el número de empresas de estos grupos no es tan grande.

### **b) Industria Azucarera.**

En la cuenca se localizan cinco ingenios, los cuales se encuentran ubicados en los municipios de Cuichapa, Córdoba, Naranjal e Ixtaczoquitlán. La producción que alcanzaron dichos ingenios en 1985 fue de 260 000 ton/año de azúcar y 53 400 m<sup>3</sup>/año de alcohol etílico, como se observa en la Figura 5.8 (Azúcar, 1986). La producción de azúcar genera un volumen de agua residual de aproximadamente 7,400 m<sup>3</sup>/año, con una

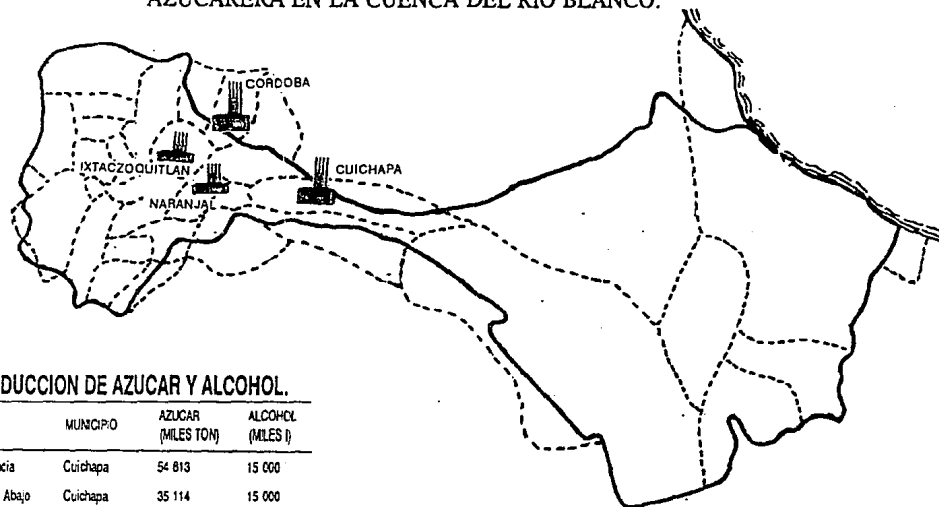
---

carga orgánica aproximada de 676 t/año; de la cual, su mayor porcentaje es vertida en la parte media del río.

**TABLA 5.17**  
**INDUSTRIAS DE IMPORTANCIA POR LA CARGA ORGÁNICA QUE**  
**APORTAN A LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

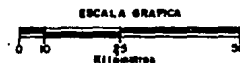
<b>Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco</b>
Fabricación de azúcar.
Elaboración de otros productos alimenticios para consumo humano (beneficio de café, matanza de ganado).
Industria de las bebidas (destilados de uva, cerveza y malta; bebidas no alcohólicas).
<b>Textiles, Prendas de Vestir e Industria del Cuero</b>
Industria del hilado, tejido y acabado de fibras blandas.
Industria del cuero, pieles y sus productos (excepto calzado y prendas de vestir).
<b>Industrias del Papel, Imprentas y Editoriales.</b>
Papel y productos de papel.
<b>Sustancias Químicas, Productos derivados del Petróleo y del Carbón, Hule y Plástico.</b>
Farmoquímica

FIGURA 5.8. PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



**PRODUCCION DE AZUCAR Y ALCOHOL.**

INGENIO	MUNICIPIO	AZUCAR (MILES TON)	ALCOHOL (MILES l)
La Providencia	Cuichapa	54 813	15 000
San José de Abajo	Cuichapa	35 114	15 000
San Nicolás	Cuichapa	34 014	--
El Carmen	Ixtaczoquitlán	40 108	15 000
San Francisco	Naranjal	45 554	--
San Miguelito	Córdoba	51 230	8 400



- INGENIOS AZUCAREROS
- LIMITE DE LA CUENCA
- LIMITE MUNICIPAL



**c) Beneficios de café.**

En los municipios que conforman la cuenca se encuentran 53 beneficios de café, de éstos, 17 se encuentran en Córdoba, 9 en Fortín, 7 en Naranjal, 6 en Ixtaczoquitlán, 4 en Ormealca, 3 en Orizaba, 3 en Tequila, 3 en Coetzala y 1 en Amatlán de los Reyes; es decir el 77% está localizado en la zona media y el 23% en la zona alta de la cuenca. En la mayor parte de los casos, se trata de beneficios húmedos comunes, cuya producción oscila entre 60 y 240 Qq/d (1 quintal/día = 45.5 Kg/d). En Zongolica, a pesar de ubicarse un gran número de este tipo de establecimientos, se localizan en el área que no se encuentra dentro de la cuenca del Río Blanco, sino en la del Papaloapan por lo que aquí no se consideran.

Los beneficios de café en la cuenca generan un alto gasto de agua residual (8,000 m<sup>3</sup>/d) y una carga orgánica de 24,000 Kg de DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/d.

**d) Matanza de Ganado.**

En forma oficial, en la cuenca sólo se encuentran dos rastros: uno en Córdoba y otro en Orizaba. La carga de material orgánico que generan es alta, pero se carece de datos que permitan estimarla. Por otra parte, es sabido que existen algunos otros rastros clandestinos, aunque, por supuesto se desconoce su localización.

En la Figura 5.9 se observa la distribución de la Industria del Beneficio del Café y la Matanza de Ganado en la Cuenca del Río Blanco.

FIGURA 5.9 DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA DEL BENEFICIO DEL CAFÉ Y LA MATANZA DE GANADO.



**BENEFICIOS DE CAFE**

MUNICIPIO	No	~
CORDOBA	17	320
FORTIN	9	120
NARANJAL	7	130
IXTACZOQUITLAN	8	150
OMEALCA	4	75
ORIZABA	3	50
TEQUILA	3	50
COETZALA	3	50
AMATLAN DE LOS R	1	20
TOTAL	53	100



#10 DEL BENEFICIO DEL CAFE



MATANZA DE GANADO

— LIMITE DE LA CUENCA

----- LIMITE MUNICIPAL

ESCALA GRAFICA



— LIMITE DE LA CUENCA

----- LIMITE MUNICIPAL

e) **Industria de Bebidas.**

En la cuenca se pueden encontrar un total de 19 empresas de este grupo industrial, ubicadas principalmente en los municipios de Orizaba y Córdoba. De dichas empresas, resultan de particular importancia, en cuanto a bebidas alcohólicas, la Cervecería Moctezuma, de Orizaba (la Cervecería Cuauhtémoc, de Nogales, ha sido cerrada). En cuanto a compañías refresqueras, se tienen a las Embotelladoras Amieva, S.A. de C.V., El Jarocho, O'Key de Córdoba, S.A. de C.V. y La Tropical, S.A., en Córdoba; en Orizaba: Armando González Trujillo, Refrescos El Jarochito y Refrescos y Pasteurizados de Veracruz; en Ixtaczoquitlán la Embotelladora La Tropical, S.A.; por último en Nogales: la Embotelladora Azteca y la Coca Cola instalada en la excervecería Cuauhtémoc.

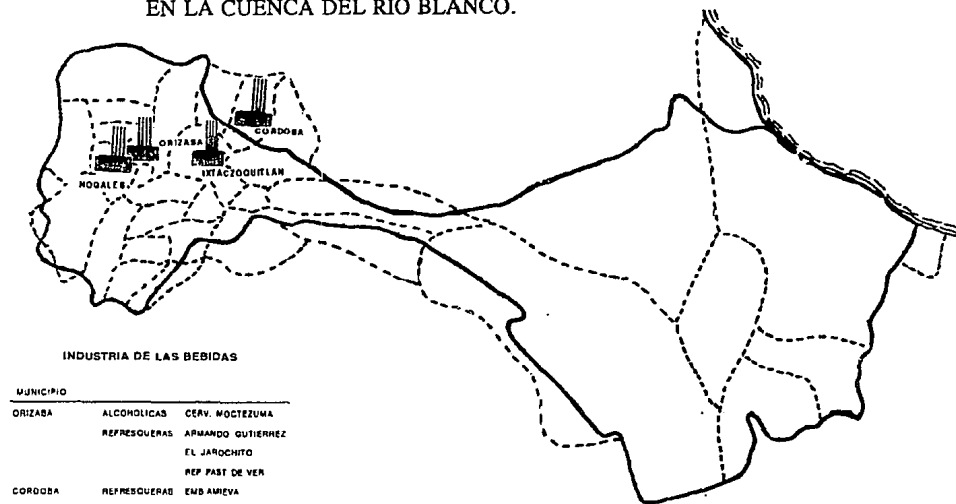
Como puede observarse el 65% de estas industrias se localiza en la parte alta de la cuenca, y el restante en la parte media. No se cuenta con información que permita evaluar la carga orgánica ni el volumen de aguas residuales que aportan.

En la Figura 5.10 se puede apreciar la distribución de la Industria de Bebidas en la cuenca del río Blanco.

f) **Textiles, Prendas de Vestir e Industria del Cuero.**

Este subsector comprende 9 ramas que agrupan 64 industrias. De ellas el mayor número de empresas corresponden a la confección de prendas de vestir, con 16 establecimientos; la industria del cuero, pieles y sus productos (excepto calzado y prendas de vestir de cuero y pieles) con 15 establecimientos; industria del calzado (excepto de hule) con 13 establecimientos; por último hilado, tejido y acabado de fibras blandas con 13 establecimientos.

FIGURA 5.10 DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA DE LAS BEBIDAS EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



INDUSTRIA DE LAS BEBIDAS

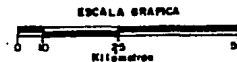
MUNICIPIO		
ORIZABA	ALCOHOLICAS	CERV. MOCTEZUMA
	REFRESQUERAS	ARMANDO GUTIERREZ
		EL JAROCHITO
		REP PAST DE VER
CORDOBA	REFRESQUERAS	EMB AMEYA
		EL JAROCHO
		OKEY
ITACZOOURTLAN	REFRESQUERAS	LA TROPICAL
NOGALES		EMB AZTECA
		COCA COLA



IND DE LAS BEBIDAS

— LIMITE DE LA CUENCA

- - - - LIMITE MUNICIPAL



Desde el punto de vista de contaminación, el hilado, tejido y acabado de fibras blandas y la industria del cuero, pieles y sus productos, son los grupos de mayor importancia.

En el caso del hilado, tejido y acabado de fibras blandas, ocupa el 18% de industrias en la cuenca; de ellas, el 42% se ubica en Orizaba, el 29% en Camerino Z. Mendoza y el 28% en Nogales. Entre las principales compañías pertenecientes a este giro se tienen, en Orizaba: Compañía Industrial de Orizaba, Fábrica Cerritos y Cocoloapan; en Camerino Z. Mendoza: Compañía Industrial Veracruzana; en Córdoba: Compañía Industrial de Orizaba, Fábrica San Lorenzo y Estampados Hispano-Mexicanos, S.A.; en Río Blanco está la Compañía Industrial de Orizaba; las cuales se dedican al manejo de fibras de algodón y mixtas (sintéticas-algodón).

g) Industrias del Cuero.

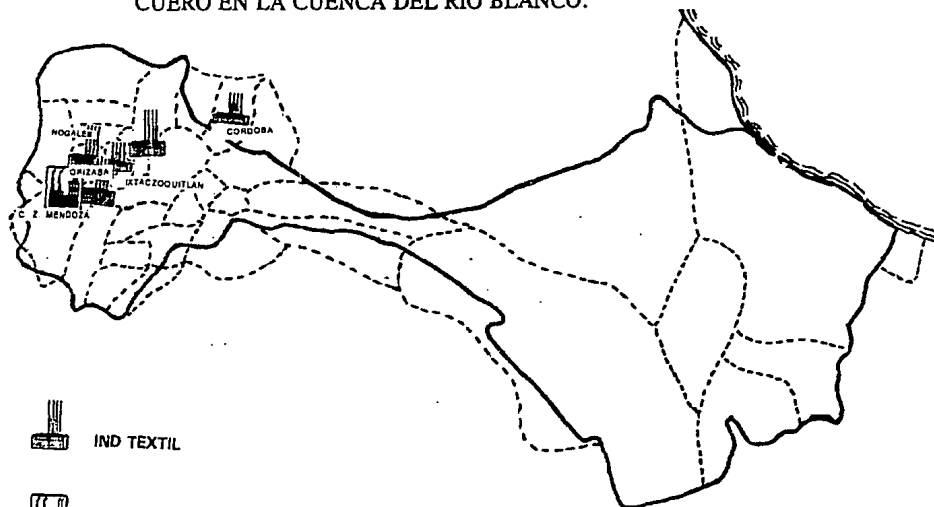
Suman un total de 15 empresas, de las cuales destacan 7 por su importancia en cuanto a su potencial probabilidad de contaminación del agua.

Estas empresas son Trueba Industrial, S. de R.L. y C.V., Segura y Ferrer, S.A., Suela Nacional, S. de R.L. y C.V., Tenería Company, S. de R.L., Tenerías Unidas, S.A. de C.V. y Trueba Hnos, S. de R.L. y C.V.; las cuales se encuentran en su mayoría en Orizaba.

La distribución de la industria textil e industria del cuero puede observarse en la Figura 5.11.



FIGURA 5.11 DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DEL CUERO EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



IND TEXTIL



IND DEL CUERO

— LIMITE DE LA CUENCA

----- LIMITE MUNICIPAL

INDUSTRIA TEXTIL

hilado, teñido y acabado de fibras blancas

MUNICIPIO	%	PRINCIPALES EMPRESAS
ORIZABA	29	CO IND ORIZABA CÉRRITOS
		CO IND ORIZABA COCOLOAPAN
C. Z. MENDOZA	29	CO. IND VERACRUZANA
NOGALES	28	
CORDOBA		CO IND ORIZABA SAN LOREZO
		ESTAMPADOS HIPANO MEX.
RIO BLANCO		CO IND ORIZABA

INDUSTRIA DEL CUERO

MUNICIPIO	PRINCIPALES EMPRESAS
ORIZABA	TRUERA INDUSTRIAL
	SEGURA FERRER
	BUELA NACIONAL
	TENERIA COMPANY
	TENERIAS UNIDAS
	TRUERA HERMANOS

---

h) **Papel y Productos de Papel. Imprentas y Editoriales.**

Este subsector agrupa 2 ramas: la manufactura de celulosa, papel y productos y a la de imprentas editoriales e industrias conexas, que incluyen 51 empresas. De ambas ramas la de mayor importancia en cuanto a contaminación por materia orgánica es la **Manufactura de Celulosa y Papel.**

i) **Manufactura de Celulosa y Papel.**

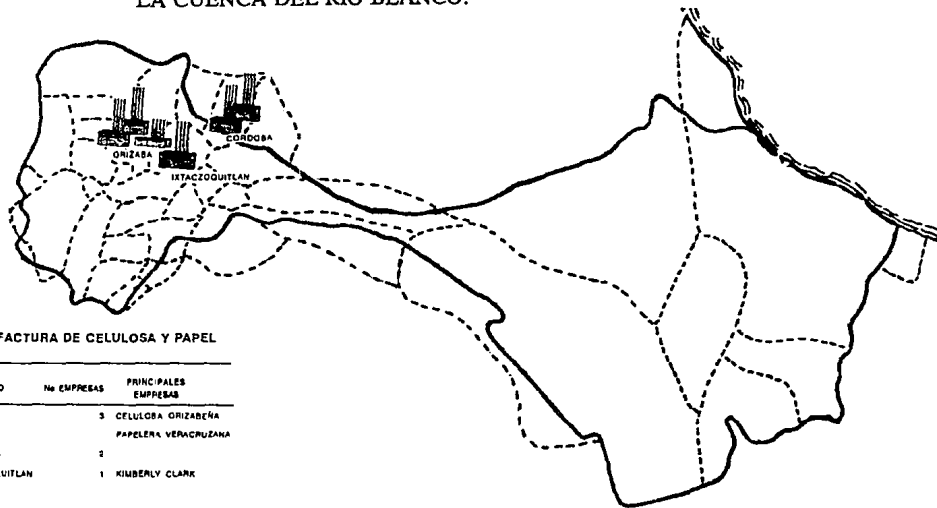
De este grupo sólo se han establecido en la cuenca 6 empresas. No obstante, la carga orgánica y el volumen de agua residual que generan es de suma importancia.

Dichas empresas están ubicadas 3 en Orizaba, 2 en Córdoba y una en Ixtaczoquitlán.

En Orizaba destacan Celulosa Orizabeña, S.A. y Papelera Veracruzana, S.A.; en Ixtaczoquitlán: Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.

La distribución de la industria del papel aparece en la Figura 5.12.

FIGURA 5.12 DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



MANUFACTURA DE CELULOSA Y PAPEL

MUNICIPIO	Nº EMPRESAS	PRINCIPALES EMPRESAS
ORIZABA	3	CELULOSA ORIZABEÑA PAPELERA VERACRUZANA
CORDOBA	2	
ISTACDOQUITLAN	1	KIMBERLY CLARK



IND DEL PAPEL



LIMITE DE LA CUENCA



LIMITE MUNICIPAL





---

**j) Sustancias Químicas, Productos Derivados del Petróleo y del Carbón, de Hule y Plástico.**

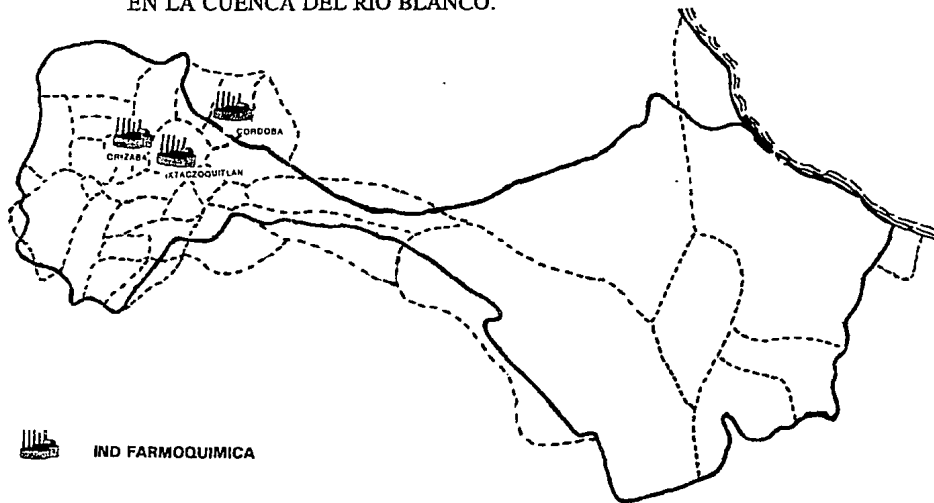
Incluye 9 ramas, de las cuales sólo se desarrollan 6 en la cuenca. De ellas la de mayor importancia por el volumen de agua residual que genera es la Farmoquímica.

**k) Farmoquímica.**

En la cuenca se pueden encontrar 4 empresas de este grupo, las cuales generan una gran cantidad de materia orgánica debido a que sus procesos involucran la fermentación de compuestos orgánicos, dando lugar a una problemática similar a la generada por la fabricación de alcohol.

Entre las compañías más importantes de este grupo se tienen a Bal de México, S.A. de C.V., ubicada en Córdoba; a los Laboratorios Orizaba, S. de R.L. de C.V., en Orizaba; además de las compañías Fermentaciones Mexicanas, S.A., Productos Químicos Naturales y Mexicana de Alcaloides en Ixtaczoquitlán. La distribución de la Industria Farmoquímica, se aprecia en la Figura 5.13.

FIGURA 5.13 DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA FARMOQUIMICA EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO.



IND FARMOQUIMICA



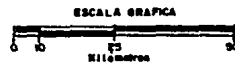
LIMITE DE LA CUENCA



LIMITE MUNICIPAL

INDUSTRIA FARMOQUIMICA

MUNICIPIO	Nº EMPRESAS	PRINCIPALES EMPRESAS
CORDOBA	1	SAL DE MEXICO
ORIZABA	1	LABORATORIOS ORIZABA
IXTACZOQUITLAN	2	FERMENTACIONES MEXICANAS MEXICANA DE ALCALOIDES



## l) Panorama general de contaminación por materia orgánica.

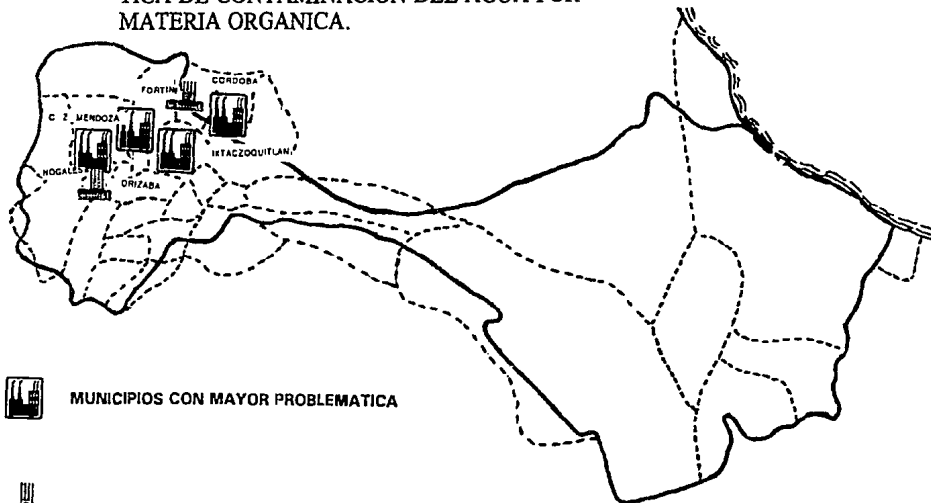
De la información anterior se observa que las empresas que originan una mayor problemática de contaminación del agua, por materia orgánica, se encuentran en Orizaba, Córdoba, Ixtaczoquitlán y Nogales, también aunque en menor grado en Camerino Z. Mendoza y Fortín. Esto hace que la problemática de contaminación del agua por materia orgánica, sea generada en la parte alta y media de la cuenca, coincidiendo con la distribución de la población.

Desafortunadamente, al no contar con datos de producción de las empresas, no es posible calcular las cargas orgánicas, ni los gastos que generan. En la Figura 5.14 se muestran los municipios que presentan una mayor problemática de contaminación del agua generada por materia orgánica.

En lo relativo a la calidad del agua sobre el cauce, ésta es variable de acuerdo a la zona. En el estudio "Evaluación de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Blanco (SEDUE, 1991), se menciona que:

- De los sólidos totales encontrados (437 mg/L Dsv Std<sub>n-1</sub> 102.7 mg/L), el 77% son sales de calcio y magnesio, el 17% materia orgánica y el 6% está conformado por otras sales.
- De la materia orgánica presente sólo el 35% es degradable por vía orgánica, en tanto que el 65% no lo es. Lo anterior se observa en la Figura 5.15.
- Por otra parte, en la zona alta, el río tiene una concentración promedio de 39.5 mg/L de DQO con una Dsv Std<sub>n-1</sub> de 45.8 y una DBO<sub>5</sub> de 12.5 mg/L, con una Dsv Std<sub>n-1</sub> de 14 mg/L.

FIGURA 5.14 MUNICIPIOS QUE PRESENTAN MAYOR PROBLEMATICA DE CONTAMINACION DEL AGUA POR MATERIA ORGANICA.



MUNICIPIOS CON MAYOR PROBLEMATICA



MUNICIPIOS CON PROBLEMATICA MODERADA



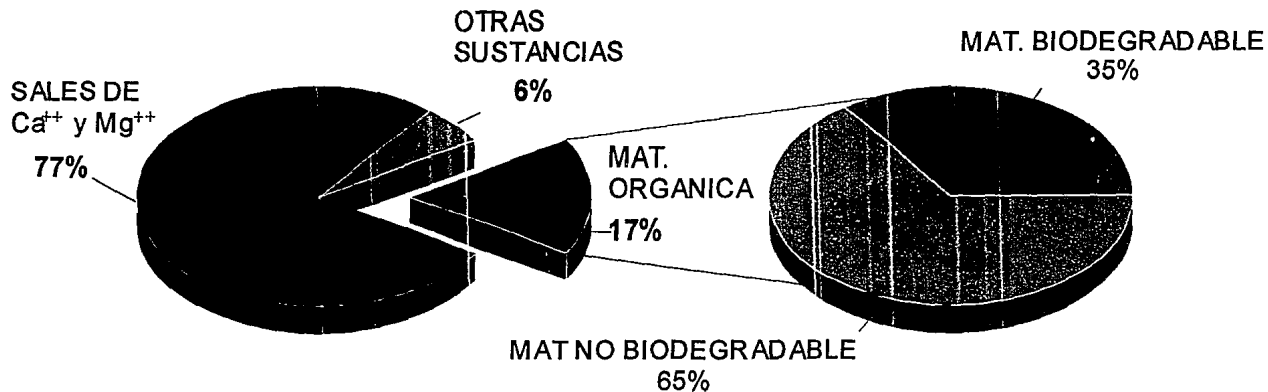
LIMITE DE LA CUENCA



LIMITE MUNICIPAL

MUNICIPIOS CON MAYOR PROBLEMATICA DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA

ORIZABA  
CORDOBA  
ITACZOQUITLAN  
NOGALES  
C. Z. MENDOZA  
FORTIN



SOLIDOS TOTALES 437 mg/l.

$$\sigma_{n-1} = 102.7$$

**FIGURA 5.15 SOLIDOS DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RIO BLANCO**

- La parte media presenta una DQO de 63.07 mg/L con una  $D_{sv} Std_{n-1}$  de 15.7 y una DBO de 52.6 mg/L con una  $D_{sv} Std_{n-1}$  de 24.6.
- En la zona baja se encuentra una concentración de DQO de 52.08 mg/L con una  $D_{sv} Std_{n-1}$  de 14.7 y una DBO de 2.5 mg/L con una  $D_{sv} Std_{n-1}$  de 1.2, tal como se observa en la Figura 5.16

Lo anterior se debe a que al final de la zona alta y en la zona media es donde se vierte la mayor concentración de material orgánico. En el caso de la materia biodegradable, se consume en forma progresiva gracias a la acción de los microorganismos presentes en el cauce, por lo que al no adicionarse más materia en la zona baja, la DBO tiende a disminuir.

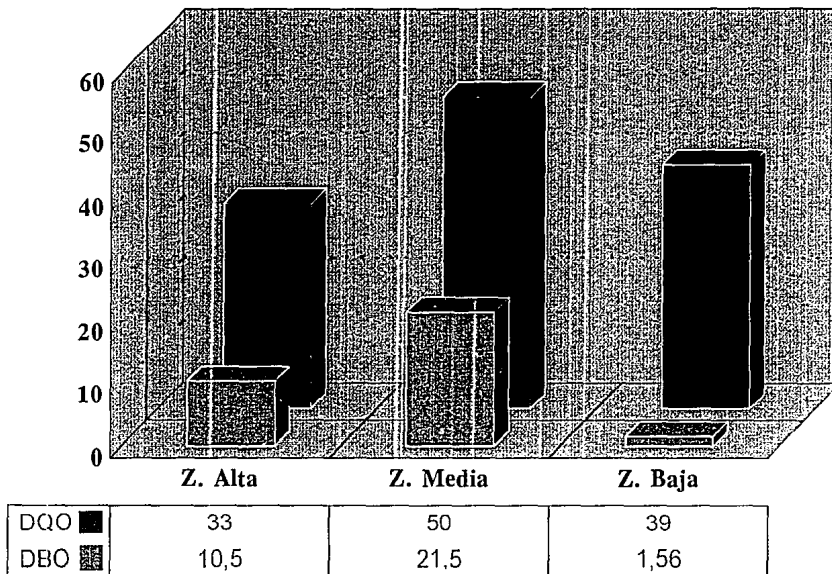
El material no biodegradable, se va acumulando y se concentra en la zona baja, habiendo la posibilidad de que puedan alcanzarse concentraciones tóxicas para los organismos que ahí habitan. De la materia orgánica presente medida tanto como DBO o DQO, en promedio, el 50% se encuentra en forma disuelta y el otro 50% está suspendida, como se aprecia en la Figura 5.16.

En el caso del oxígeno disuelto, oscila entre 5 y 7.6 mg/L, dependiendo de la zona del río de que se trate; en la zona alta presenta un promedio de 7.6 mg/L, en la zona media de 6.3 mg/L y en la baja de 5.3 mg/L.

Pudiera pensarse que este patrón de comportamiento obedece al de temperatura, ya que en la zona alta, al tener temperaturas más bajas se facilita la disolución de oxígeno; en la zona baja ocurre el fenómeno contrario. No obstante, el cálculo de los déficit de oxígeno (Figura 5.16) muestran un patrón similar, lo cual puede indicar que no es la temperatura por sí sola el factor determinante.

**RELACION DBO/DQO**

CUENCA	0.31
Z. ALTA	0.32
Z. MEDIA	0.43
Z. BAJA	0.04



**FIGURA 5.16 MATERIA ORGANICA EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RIO BLANCO.**

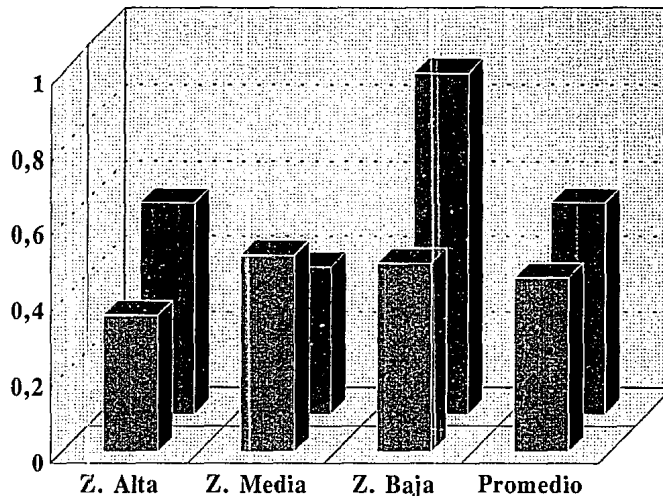
La materia orgánica, tampoco está incidiendo de forma drástica en este factor, dado que en la zona media, región donde se tiene la mayor concentración de materia orgánica (alrededor de 20 mg/l), se presentan valores de oxígeno de 6.3 mg/L; mientras que en la zona baja, con valores de DBO<sub>5</sub> de 12.5 mg/L en promedio, el oxígeno disminuye hasta 5.3 mg/L.

En consecuencia el patrón de oxígeno parece estar regido tanto por la temperatura, la presencia de materia orgánica, como por la turbulencia del agua, cuyo régimen de flujo depende principalmente del tipo de lecho y de la pendiente que se registra en el área; un lecho rocoso y una pendiente pronunciada ocasionan gran turbulencia que da al cauce un alto nivel de autopurificación, ya que la vigorosa oxigenación permite que la materia orgánica degradable pueda ser consumida y a la vez puedan existir organismos superiores, debido a que la concentración de oxígeno se mantiene alta.

Como puede inferirse fácilmente, la zona baja tiene un alto riesgo de alteración. En esta área el régimen de flujo pasa de turbulento a laminar, fenómeno provocado por la disminución de la pendiente y por que el lecho pasa de rocoso a arenoso; ambos factores disminuyen la aireación. Por otra parte, la temperatura se eleva; esta circunstancia también se conjuga en forma importante para disminuir la disponibilidad de oxígeno. Por si fuera poco, la materia orgánica oxidable por vía biológica y química tiende a acumularse dada la disminución de la velocidad del agua, lo cual permite que los sólidos en suspensión puedan sedimentar. Este hecho lógicamente incrementa la demanda de oxígeno.

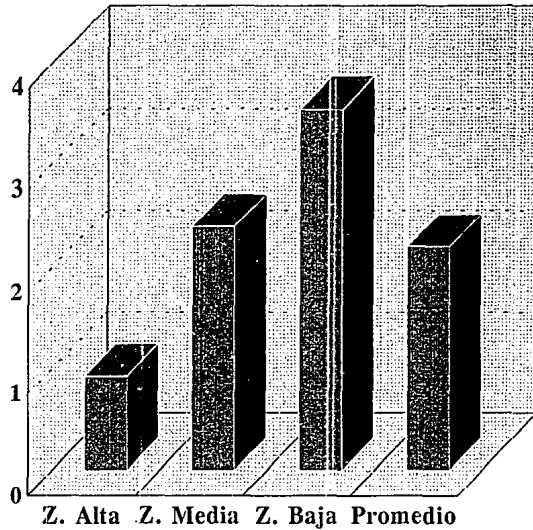
Esta región es la que puede ser más productiva, ya que la calma de la corriente, la disponibilidad de nutrientes y la influencia marina permiten que se puedan desarrollar diversos organismos de importancia ecológica y comercial, siempre que dispongan de oxígeno suficiente (más de 4 mg/L). Este nivel pudiera ser abatido en épocas calurosas o bien durante las noches; al no contarse con la luz del sol cesa la fotosíntesis, realizada por las algas, proceso que en esta área representa un factor importante en el aporte de oxígeno.





DQOS/DQO.T.	0,56	0,39	0,9	0,56
DBOS/DBO.T.	0,36	0,52	0,5	0,46

**FIGURA 5.17 RELACION DE MATERIA ORGANICA SOLUBLE/TOTAL.**



DEFICIT DE OXIGENO	█	0,93	2,4	3,55	2,2
--------------------	---	------	-----	------	-----

**FIGURA 5.18 DEFICIT DE OXIGENO PRESENTADO EN LAS DIFERENTES ZONAS DEL CAUCE DEL RIO BLANCO.**

### 5.1.3.2 Problemática generada por sustancias tóxicas.

La problemática generada por sustancias tóxicas en la cuenca es incierta, la información publicada hasta el momento es escasa y contradictoria. No obstante, puede presumirse la presencia de algunos tóxicos, aunque sea en bajas concentraciones, si se considera que:

- En el área se ubican alrededor de 213 empresas, pertenecientes a 37 giros industriales, que potencialmente pudieran verter 90 diferentes compuestos, de acuerdo con el estudio: "Remoción de Sustancias Tóxicas por Métodos no Convencionales"<sup>36</sup> y al Directorio Industrial del Estado de Veracruz<sup>12</sup>; estos compuestos se enlistan en la Tabla 5.18
- La mayor parte de las empresas no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y aquellas que las tienen, se limitan a remover sólidos sedimentables, grasas y aceites y, en el mejor de los casos, materia orgánica, pero en ningún caso sustancias tóxicas. En la agricultura se emplean 14 distintos plaguicidas, listados en la Tabla 5.19
- En la zona alta existen cerca de 103 empresas, pertenecientes a 21 giros industriales, que pudieran verter alrededor de 85 sustancias en los municipios de Acultzingo, Camerino Z. Mendoza, Ixtaczoquitlán, Nogales, Río Blanco, Orizaba y Tequila, tal como se observa en las Tablas 5.20 y 5.21.
- En la zona media se ubican alrededor de 105 empresas, agrupadas en 29 giros industriales, que pudieran verter 87 diferentes tóxicos en los municipios de Amatlán de los Reyes, Córdoba, Cuichapa, Naranja, Omealca y Fortín, tal como se muestra en las Tablas 5.22 y 5.23.

- En la zona baja existen 4 empresas, agrupadas en 3 giros industriales, que pudieran verter 14 tóxicos en los municipios de Alvarado, Ixmatalhuacán y Tlalixcoyan, tal como aparece en las Tablas 5.24 y 5.25.

Como se observa, las zonas alta y media presentan un mayor riesgo de que puedan derramarse tóxicos al agua, los compuestos de mayor importancia se enlistan en la Tabla 5.26. En la Tabla 5.27 aparece el número de tóxicos potencialmente vertidos, así como de empresas que pudieran verterlos por municipio. En dicha Tabla se observa que, en la zona alta, los municipios de Orizaba, Ixtaczoquitlán y Camerino Z. Mendoza pudieran presentar una mayor problemática; en tanto que en la zona baja la presentarían los municipios de Córdoba, Fortín y Amatlán de los Reyes.

Desafortunadamente, no se cuenta con datos relativos a las concentraciones de cada compuesto, que pudieran verter las diferentes industrias; razón por la cual se dificulta establecer una priorización confiable.

Las sustancias tóxicas potencialmente vertidas a la cuenca del Blanco pueden dividirse en orgánicas e inorgánicas. A su vez, las sustancias orgánicas se pueden agrupar en: compuestos halogenados, fenoles, ftalatos, aromáticos monocíclicos, aromáticos policíclicos y plaguicidas; tal como se muestra en las Tablas 5.28 y 5.29. En la Tabla 5.30 aparecen las características físico-químicas de los compuestos que potencialmente son vertidos a la cuenca del río Blanco

**TABLA 5.18**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

01	Acrolefna	46	Dicloropropano
02	Antraceno	47	Dietilftalato
03	Arsénico	48	Etil benceno
04	Alifáticos clorados.	49	Fenol
05	Alifáticos	50	Fenantreno
06	Aromáticos	51	Fluoreno
07	Aromáticos nitrogenados.	52	Fluoranteno
08	Acenafteno	53	Hidrocarburos clorados
09	Asbesto	54	Hexacloroetano
10	Antimonio	55	Hexaclorobenceno
11	Benceno	56	Hexaclorociclohexano
12	Bromuro de metilo.	57	Isofurona
13	Benzo antraceno	58	Indeno
14	Benzo fluoranteno	59	Mercurio
15	Benzo (a) pireno	60	Naftaleno
16	Bromoformo	61	Níquel
17	Bis (2 cloroetil) éter.	62	Nitrobenceno
18	Bis (2 etil hexil) ftalato.	63	4 nitrofenol
19	Butil bencil ftalato.	64	N Nitrosopropilamina
20	Berilio	65	2 Nitrofenol
21	Cloroformo	66	Poliaromáticos
22	Cloruro de metileno	67	Plomo
23	Cadmio	68	Plata
24	Cromo	69	Poliaromáticos clorados
25	Cobre	70	p dioxina
26	Cianuro	71	Pentaclorofenol
27	Clorobencenos	72	PCB 1016
28	Clorofenoles	73	PCB 1232
29	Cloro-dibromo-metano	74	PCB 1248
30	Cloruro de metilo.	75	PCB 1260
3	1 2 cloro etil vinil éter	76	Pireno
32	1,1 Dicloroetileno	77	PCB 1032
33	Dietilftalato	78	p-cloro-m-eresol
34	1,2 Dicloroetano	79	Selenio
35	Dibenzoantraceno	80	Tetracloruro de carbono.
36	Di N butil ftalato	81	Tricloroetileno.
37	Dimetil ftalato	82	Tetracloroetileno
38	Di N butil ftalato.	83	1,1,2,2 tetracloroetano
39	Diclorobromometano	84	Tolueno
40	1,4 Diclorobenceno	85	Tetracloruro de metileno
41	1,2 Dicloroetano	86	2,4,6 triclorofenol.
42	2,4 Dimetilfenol	87	2,3,7,8 tetraclorodibenceno
43	Dimetilftalato	88	Talio
44	Di N octil ftalato	89	Tetracloro etileno.
45	3,3 Diclorobencidina	90	Zinc.

<b>TABLA 5.19 INSECTICIDAS Y HERBICIDAS EMPLEADOS EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.</b>	
<b>MAÍZ</b>	Volatón Sevin Parathión Metílico.
<b>FRIJOL</b>	Malatión. Sevin. Parathión Metílico. Folimat Dimetoato
<b>CAÑA DE AZÚCAR</b>	Carbofurán Endosulfán Parathión Metílico Diazinón
<b>CAFÉ</b>	Diazinón Endosulfán Aldicarb
<b>EN GENERAL</b>	Diurón Paraquat 2-4-D Atrazina

**TABLA 5.20**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA ZONA**  
**ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	NO. EMPRESAS	MUNICIPIOS
Acrolefna	4	I,O
Alifáticos clorados	2	I,O
Alifáticos	5	I,O
Alifáticos nitro	2	I
Antraceno	35	I,O,R
Antimonio	2	O
Aromáticos nitro	2	I,O
Aromáticos	5	I,O
Arsénico	55	A,C,I,N,O,R
Asbesto	15	A,C,I,N,O,R
Benceno	44	C,I,O,R
Benzoantraceno	9	C,O
Benzo fluoranteno	9	C,O
Benzopireno	12	C,I,O
Berilio	2	O
bis (2 etil hexil) ftalato	3	O
Bis 2 cloro etil éter	3	I,O
Bromoforno	4	I,O
Butil bencil ftalato	3	O
Cadmio	8	I,O
Cianuro	21	A,C,I,N,O
Clorobenceno	2	I,O
Clorodibromometano	1	O
Cloroetil vinil éter	3	I,O
2 clorofenol	3	I,O
Cloroformo	37	I,O,T
Cloruro de metileno	42	C,I,O,R
Cloruro de metilo	6	I,O
Cobre	50	A,C,I,N,O
Cromo	57	A,C,I,N,O
Di n butil ftalato	10	I,O
Di n octil ftalato	3	O
Dibenzoantraceno	9	C,O
Diclorobenceno	5	I,O
3,3 Diclorobencidina	2	O
Diclorobromometano	1	O
1,2 Dicloroetano	4	I,O
1,1 Dicloroetileno	5	I,O
Dicloropropano	2	O
Diethyl ftalato	8	I,O
Dimetil ftalato	8	I,O
Dimetil fenol	5	I,O

**TABLA 5.20**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA ZONA**  
**ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	NO. EMPRESAS	MUNICIPIOS
Etil benceno	11	C, O
Fenantreno	9	C, O
Fenoles	41	E, I, O
Fluoranteno	12	C, O
Fluoreno	9	C, O
Hexaclorobenceno	10	I, O
Hexaclorociclohexano	3	I, O
Hexacloroetano	18	I, O
Indeno	9	C, O
Isofurona	2	O
Mercurio	33	C, I, O
Metales pesados	10	C, N, O
n Nitroso propilamina	2	O
Naftaleno	32	C, I, O
Níquel	46	A, C, I, N, O
Nitrobenceno	18	I, O, R
4 nitrofenol	2	O
2 nitrofenol	4	C, O
p cloro m cresol	2	O
p dioxina	1	O
PCB 1016	1	O
PCB 1032	1	O
PCB 1048	1	O
PCB 1060	1	O
Pentaclorofenol	11	I, O
Pireno	10	C, O
Plata	8	I, O
Plomo	50	A, C, I, N, O
Poliaromáticos clorados	2	I, O
Selenio	3	O
Talio	3	O
2,3,7,8 Tetraclorodibenceno	1	O
1,1,2,2 Tetracloroetano	5	O
Tetracloroetileno	15	O, T
Tetracloruro de carbón	34	I, O, T
Tetracloruro de metileno	9	C, O
Tolueno	31	C, I, O
Tricloroetileno	47	I, O, T
2,4,6 Triclorofenol	9	I, O
Zinc	47	A, C, I, N, O

Fuente: 12, 30

A Acultzingo. C Camerino Z M I Ixtaczoquitlán N Nogales  
O Orizaba R Río Blanco T Tequila



**TABLA 5.21**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA ALTA DE LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Preparación y envasado de frutas y legumbres.	1	Orizaba (1)	Alifáticos, aromáticos, cloroformo, cloruro de metileno, fenol, tricloroetileno.
Elaboración de azúcar y dest. de alcohol etílico.	1	Ixtaczoquitlán (1)	Plomo, tricloroetileno.
Beneficio de café.	12	Ixtaczoquitlán(6), Orizaba (3), Tequila (3).	Cloroformo, cloruro de metileno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tricloroetileno.
Curtido y acabado de piel sin depilar.	6	Orizaba (6)	Antraceno, arsénico, benceno, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, fenol, hexacloroetano, mercurio, naftaleno, níquel, plomo, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. y prod. de cuero, piel y mat. sucedáneos.	8	Orizaba (8)	Antraceno, arsénico, benceno, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cobre, cromo, fenol, hexacloroetano, mercurio, naftaleno, níquel, plomo, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. de calzado y cuero.	10	Ixtaczoquitlán (1), Orizaba (8), Río Blanco (1).	Antraceno, arsénico, benceno, nitrobenzenceno.
Obt. de prod. de aserradero.	9	Camerino Z. Mendoza (1), Orizaba (8).	Arsénico, benceno, benzoantraceno, benzo(a)fluoranteno, benzopireno, cobre, cromo, dibenzo(a)antraceno, eilbenceno, fenantreno, fenoles, fluoranteno, fluoreno, hexaclorobenceno, indeno, mercurio, naftaleno, níquel, pentaclorofenol, pireno, plomo, tetracloruro de metileno, tolueno, tricloroetileno, 2,4,6 triclorofenol, zinc.
Fab. de celulosa.	3	Ixtaczoquitlán (1), Orizaba (2).	Benceno, cloruro de metileno, di n-butil ftalato, 1,1 dicloroetileno, dimetil ftalato, fenoles, plomo, 1,1,2,2 tetracloroetano, tricloroetileno.
Edición de periódicos y revistas.	8	Orizaba (3)	Metales pesados.
Impresión y Encuadernación.	17	Camerino Z. Mendoza (1), Nogales (1), Orizaba (15).	Metales pesados.
Fab. de productos químicos básicos inorgánicos.	2	Ixtaczoquitlán (1), Orizaba (1).	Alifáticos, alifáticos clorados, aromáticos, aromáticos nitro, arsénico, cadmio, cianuro, clorobencenos, clorofenoles, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, fenoles, níquel, plata, plomo, poliaromáticos clorados, tetracloruro de carbón.

**TABLA 5.21**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA ALTA DE LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Fab. de gases industriales.	1	Orizaba	Benceno, bromoformo, cianuro, clorodibromometano, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cromo, diclorobromometano, dietil ftalato, fenol, hexaclorobenceno, hexacloroetano, naftaleno, níquel, p dioxina, 2,3,7,9 tetraclorodibenceno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tricloroetileno, zinc.
Fundición y moldeo de piezas metálicas.	1	Orizaba (1)	Acrolefno, antraceno, arsénico, asbesto, bis (2 etil hexil) ftalato, butil bencil ftalato, cadmio, cianuro, 2 clorofenol, di N octil ftalato, fenol, fluoranteno, níquel, 4 nitrofenol, PCB 1016, PCB 1032, PCB 1248, PCB 1260, pireno, plata, plomo, selenio, talio, zinc.
Galvanoplastia (piezas metálicas).	2	Orizaba (2)	Antimonio, antraceno, arsénico, benceno, berilio, bis (2 etil hexil) ftalato, butil bencil ftalato, cadmio, cianuro, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, di n butil ftalato, di n octil ftalato, 3,3 diclorobencidina, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetileno, dicloropropano, dietil ftalato, dimetil ftalato, etilbenceno, fenol, fluoranteno, isofurona, mercurio, n nitroso di propil amina, níquel, nitrobenzeno, 2 nitrofenol, 4 nitrofenol, p cloro m cresol, plata, plomo, selenio, talio, 1,1,2,2 tetracloroetano, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. y ensamble de carrocerías y remolques para autos y camiones.	2	Camerino Z. Mendoza (1), Ixtaczoquiltán (1).	Cloruro de metileno, tolueno, zinc.
Fab. de productos farmacéuticos.	3	Ixtaczoquiltán (2), Orizaba (1).	Acrolefno, antraceno, arsénico, benceno, bis (2 cloroetil) éter, bromoformo, 2 cloroetil vinil éter, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cobre, diclorobenceno, dietil ftalato, dimetil fenol, dimetil ftalato, di n butil ftalato, fenol, hexaclorociclohexano, hexacloroetano, mercurio, naftaleno, nitrobenzeno, pentaclorofenol, plata, plomo, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, 2,4,6 triclorofenol, zinc.

**TABLA 5.21**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA ALTA DE LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Fab. de detergentes, jabones y dentífricos.	2	Ixtaczoquitlán (2).	Alifáticos, alifáticos nitro, antraceno, aromáticos, benceno, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cobre, cromo, d n butil ftalato, 1,4 diclorobenceno, 1,2 dicloroetano, dietil ftalato, 2,4, dimetilfenol, fenoles, mercurio, naftaleno, níquel, tolueno, tricloroetileno.
Elaboración de aceites, lubricantes y aditivos si la materia prima se compra a PEMEX.	3	Ixtaczoquitlán (3).	Antraceno, benzo (a) pireno, cadmio, cobre, fenol, mercurio, naftaleno, nitrobenzono.
Fab. de cemento hidráulico.	1	Ixtaczoquitlán (1).	Arsénico, asbestos, cianuros, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc.
Fab. de cal.	1	Ixtaczoquitlán (1).	Cianuros, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc.
Fab. de mosaico, tubo, poste y cemento.	13	Acultzingo (1), Camerino Z. Mendoza (2), Nogales (3), Orizaba (7).	Arsénico, asbestos, cianuros, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc.

Fuente: 12, 30

**TABLA 5.22**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA ZONA**  
**MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	NO. EMPRESAS	MUNICIPIOS
Acenafteno	3	C
Acroleína	4	A,C,F
Alifáticos	2	C
Alifáticos clorados	2	C
Alifáticos nitro	4	C
Antimonio	1	C
Antraceno	13	C,F
Aromáticos	1	C
Aromáticos nitro	1	
Arsénico	36	C,F
Asbesto	16	A,C,F
Benceno	25	A,C,F
Benzo (a) pireno	2	C
Benzoantraceno	6	C
Benzo(a)fluoranteno	6	C
Benzo (a) pireno	6	C,F
Berilio		C
bis (2 etil hexil) ftalato	5	C,F
Bis 2 cloro etil éter	4	C
Bromoformo	3	C
Bromuro de metilo	5	C
Butil bencil ftalato	5	C,F
Cadmio	14	A,C,F
Cianuro	23	A,C,F
Clorobenceno	4	C
Clorodibromometano	5	C
Cloroetil vinil éter	1	C
Clorofenol	8	C,F
Cloroformo	54	A,C,Cu,N,O,F
Cloruro de metileno	64	A,C,Cu,F,N,O
Cloruro de metilo	7	C,F
Cobre	32	A,C,F
Cromo	24	A,C,F
Di n butil ftalato	11	C,F
Di n octil ftalato	6	C,F
Dibenzantraceno	6	C,F
1,4 Diclорobenceno	4	C
3,3 Diclоробенцидина	1	C
Diclоробромометано	2	C
1,2 Diclорoctano	11	C,F
1,1 Diclорocileno	10	C,F
Diclорopropano	1	C
Dietyl ftalato	8	C
Dimetil ftalato	4	C,F

**TABLA 5.22**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA ZONA**  
**MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	NO. EMPRESAS	MUNICIPIOS
2,4 Dimetilfenol	4	C
Etilbenceno	9	C,F
Fenantreno	6	C
Fenol	22	A,C,F
Fluoranteno	9	C,F
Fluoreno	6	C
Hexaclorobenceno	11	C
Hexaclorociclohexanol	1	C
hexacloroetano	11	A,C,F
Hidrocarburos clorados	1	C
Indeno	6	C
Isofurona	5	C
Mercurio	21	C,F
Metales pesados	16	C,F
N Nitroso propilamina	1	C
Naftaleno	15	A,C
Níquel	33	A,C,F
Nitrobenceno	9	C,F
2 nitrofenol	1	C
4 nitrofenol	6	C,F
p cloro m cresol	1	C
p dioxina	2	C
PCB 1016	5	C,F
PCB 1032	1	F
PCB 1232	4	C,F
PCB 1260	5	C,F
Pentaclorofenol	10	C
Pireno	11	C,F
Plata	8	C,F
Plomo	42	A,C,Cu,N,F
Poliaromáticos	1	C
Selenio	6	C,F
Talio	6	C,F
2,3,7,9 tetraclorodi-benceno		
1,1,2,2 tetracloroetano	2	C
Tetracloroetileno	10	C,F
Tetracloruro de carbón	40	A,C,Cu,N,O,F
Tetracloruro de metileno	43	A,C,Cu,N,O,F
Tricloroetileno	6	C
2,4,6 Triclorofenol	67	A,C,Cu,N,O,T
Tolueno	10	C
Zinc	22	A,C,F

A	Amatlán de los Reyes.	N	Naranjal	Fuente: 12.30
C	Córdoba	O	Omealca	
Cu	Cuichapa	F	Fortín	

**TABLA 5.23**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA MEDIA DE**  
**LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Extracción de Petróleo, gas y perforación de pozos.	1	Córdoba (1)	Antraceno, arsénico, benceno, fenol, clorados, mercurio, poliaromáticos, tetracloruro de carbón.
Preparación y Evasado de frutas y legumbres.	1	Córdoba (1)	Alifáticos, aromáticos, cloroformo, cloruro de metileno, fenol, tricloro etileno.
Fabricación de aceites y grasas vegetales comestibles y harina y semilla de oleaginosas y subproductos.	1	Córdoba (2)	Bromuro de metilo, cloroformo, cloruro de metileno, fenol, tricloroetileno.
Elaboración de azúcar y destilación de alcohol etílico.	5	Córdoba (1) Cuichapa (3)	Plomo, tricloroetileno.
Beneficio de café.	22	Amatán de los R. (1) Córdoba (17) Cuichapa (1) Naranjal (1) Omeuca (1) Fortún (1)	Cloroformo, cloruro de metileno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tricloroetileno.
Elaboración de concentrados, jarabes y colorantes naturales para alimentos.	1	Córdoba (1)	Cloroformo, cloruro de metileno, fenol, tricloroetileno.
Destilación de alcohol etílico y desnaturalizado.	1	Córdoba (1)	Acroleína, alifáticos clorados, cadmio, cromo, 1,1 Diclroetileno, dietilftalato, isofurona, 1,1,2,2 tetracloroetano.
Beneficio del tabaco.	2	Córdoba (2)	Cloroformo, cloruro de metileno, 1,1 dicloroetano, tricloroetileno.
Curtido y acabado de piel sin depilar.	1	Córdoba (1)	Antraceno, arsénico, benceno, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, fenol, hexacloroetano, mercurio, naftaleno, níquel, plomo, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fabricación de calzado y cuero.	3	Córdoba (3)	Antraceno, Arsénico, Nitrobencono.

**TABLA 5.23**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA MEDIA DE**  
**LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Obtención de productos de aserradero.	6	Córdoba (6)	Arsénico, benceno, benzontraceno, benzofluoranteno, benzopireno, cobre, cromo, dibenzontraceno, etilbenceno, fenantreno, fenoles, fluoranteno, fluoreno, hexaclorobenceno, indeno, mercurio, naftaleno, níquel, pentaclorofenol, pireno, plomo, tetracloruro de metileno, tolueno, tricloroetileno, 2,4,6 triclorofenol, zinc.
Fab. de cartón y cartoncillo.	1	Córdoba (1)	Cloruro de metileno, cobre, cromo, Di N butil ftalato, 1,1 dicloroetileno, dimetil ftalato, mercurio, plomo, 1,1,2,2 tetracloroetano, tolueno, tricloro etileno, zinc.
Edición de periódicos y revistas.	2	Córdoba (2)	Metales pesados.
Impresión y encuadernación	16	Córdoba (15) Fortiá (1)	Metales pesados.
Fab. de gases industriales.	2	Córdoba (2)	Benceno, bromoformo, cianuro, clorodibromometano, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cromo, diclorobromometano, dietilftalato, fenol, hexaclorobenceno, hexacloroetano, naftaleno, níquel, p dioxina, 2,3,7,8 tetraclorobenceno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tricloroetileno, zinc.
Fab. de fertilizantes	1	Córdoba (1)	Alifáticos nitro, arsénico, cadmio, cianuros, mercurio, plomo.
Mezcla de insect. y plaguicidas.	3	Córdoba (3)	Aceafteno, alifáticos nitro, arsénico, benceno, bis (2 cloroetil) éter, bromuro de metilo, cadmio, cianuros, clorobenceno, clorodibromometano, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, Di n butil ftalato, 1,4 diclorobenceno, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetileno, dietil ftalato, 2,4 dimetilfenol, hexaclorobenceno, hexacloroetano, Isofurona, mercurio, naftaleno, pentaclorofenol, plomo, 1,1,2,2 tetracloroetano, tetracloruro de carbón, tricloroetileno, 2,4,6 triclorofenol.

**TABLA 5.23**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA MEDIA DE**  
**LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Fab. de productos farmacéuticos.	1	Córdoba (1)	Acroleína, antraceno, arsénico, benceno, bis (2 cloroetil) éter, bromoformo, 2 cloroetil vinil éter, cloroformo, cloruro de metileno, cloruro de metilo, cobre, diclorobenceno, dietil ftalato, dimetil fenol, dimetil ftalato, di n butil ftalato, hexaclorociclohexano, hexacloroetano, mercurio, naftaleno, nitrobenzono, pentacloroftalato, plata, plomo, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, 2,4,6 triclorofenol, zinc.
Fab. de velas y veladoras.	2	Córdoba (2)	Hexacloroetano, naftaleno
Fab. de piezas y art. de hule	1	Córdoba (1)	Alifáticos, alifáticos clorados, aromáticos nitro, clorobenceno, clorofenoles, cromo, fenoles, plomo, zinc.
Fab. de prod. diversos de PVC.	1	Córdoba (1)	Acroleína, asbesto, benceno, cadmio, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, fenol, hexacloroetano, naftaleno, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. de vidrio y cristal refractario y técnico.	1	Fortún (1)	Antraceno, arsénico, asbesto, benceno, cadmio, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, di-N-butilftalato, dimetil ftalato, hexacloroetano, mercurio, plata, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. de cal.	1	Amatlán de los R (1)	Cianuros, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc.
Fab. de mosaico, tubo, poste y cemento.	13	Córdoba (8) Fortún (5)	Arsénico, asbesto, cianuros, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc.



**TABLA 5.23**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA MEDIA DE**  
**LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividad	No. Empresas	Municipios	Tóxico
Elaboración de desbastes primarios.	4	Córdoba (3) Fortín (1)	Antraceno, arsénico, benceno, bis (2 etil hexil) ftalato, butil bencil ftalato, cadmio, clorofenol, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, di N butil ftalato, di N octil ftalato, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetileno, fenol, fluoranteno, mercurio, níquel, nitrobenzeno, 4 nitrofenol, PCB 1016, PCB 1232, PCB 1248, PCB 1260, pireno, plata, plomo, selenio, talio, 1,1,2,2 tetracloroetano, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tricloroetileno, zinc.
Fundición y moldeo de piezas metálicas.	1	Fortín (1)	Acroleína, antraceno, arsénico, asbesto, bis (2 etil hexil) ftalato, butil bencil ftalato, cadmio, cianuro, 2 clorofenol, di N octil ftalato, fenol, fluoranteno, níquel, 4 nitrofenol, PCB 1016, PCB 1032, PCB 1248, PCB 1260, pireno, plata, plomo, selenio, talio, zinc.
Galvanoplastia.	1	Córdoba (1)	Antimonio, antraceno, arsénico, benceno, berilio, bis (2 etil hexil) ftalato, butil bencil ftalato, cadmio, cianuro, cloroformo, cloruro de metileno, cobre, cromo, di N butil ftalato, di N octil ftalato, 3,3 diclorobencidina, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetileno, dicloropropano, dietilftalato, dimetil ftalato, etil benceno, fenol, fluoranteno, isofurona, mercurio, nítrico di propilamina, níquel, nitrobenzeno, 2 nitrofenol, 4 nitrofenol, p cloro m cresol, plata, plomo, selenio, talio, 1,1,2,2 tetracloroetano, tetracloroetileno, tetracloruro de carbón, tolueno, tricloroetileno, zinc.
Fab. ensamble y rep. de motores eléctricos	1	Córdoba (1)	Benzo (a) pireno, cloroformo, cloruro de metilo, etil benceno, fenol, níquel, tetracloruro de carbón, tricloroetileno, zinc.
Fabricación y ensamble de carrocerías y remolques para autos y camionetas.	9	Córdoba (9)	Cloruro de metileno, tolueno, zinc.

Fuente: 12, 30

**TABLA 5.24**  
**TÓXICOS POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA ZONA**  
**BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	NO. EMPRESAS	MUNICIPIOS
Alifáticos	1	T
Antraceno	2	I,T
Aromáticos	1	T
Arsénico	2	I,T
Benceno	2	I,T
Cloroformo	1	T
Cloruro de metileno	1	T
Fenol	3	I,T
Hidrocarburos clorados	2	I,T
Mercurio	2	I,T
Poliaromáticos	2	I,T
Tetracloruro de carbón	2	I,T
Tricloroetileno	1	T
Metales Pesados.	1	A
A	Alvarado.	
I	Ixmatlahuacán.	
T	Tlalixcoyan.	

Fuente:12,30

**TABLA 5.25**  
**ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y TÓXICOS QUE**  
**POTENCIALMENTE SE VIERTEN EN LA ZONA BAJA DE LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

Actividades	No. Empresas	Municipios	Tóxicos
Impresión y Encuadernación.	1	Alvarado	Metales pesados.
Extracción de petróleo, gas y perforación de pozos.	2	Tlalixcoyan (1) Ixmatlahuacán (1)	Antraceno, arsénico, benceno, fenol, hidrocarburos clorados, mercurio, poliaromáticos, tetracloruro de carbón.
Preparación y envasado de frutas y legumbres	1	Tlalixcoyan	Alifáticos, aromáticos, cloroformo, cloruro de metileno, fenol, tricloroetileno.

Fuente: 12,30

**TABLA 5.26**  
**PRINCIPALES TÓXICOS VERTIDOS EN LA CUENCA**  
**DEL RÍO BLANCO.**

TÓXICO	No DE EMPRESAS		
	ZONA ALTA	ZONA MEDIA	TOTAL
Arsénico	55	36	91
Asbesto	15	16	31
Antraceno	13	35	48
Benceno	44	25	69
Benzopireno	12	—	12
Cianuros	21	23	44
Cloroformo	37	54	91
Cloruro de metileno.	42	64	106
Cadmio	--	14	14
Cromo	57	34	91
Cobre	50	32	82
Di N Butil ftalato	10	11	21
1,2 Etilcloroetano	-	11	11
1,1 Dicloroetileno	-	10	10
Etil benceno	11	—	11
Fenoles	41	22	63
Hexacloroetano	10	11	29
Hexaclorobenceno	10	11	21
Mercurio	33	21	54
Metales pesados	--	16	16
Níquel	46	33	79
Naftaleno	32	15	47
Nitrobenceno	18	—	18
Plomo	50	42	92
Pireno	10	11	21
Pentaclorofenol	--	10	10
Tricloroetileno	47	67	114
Tetracloruro de c.	34	43	77
Tolueno	31	22	53
Tetracloroetileno	15	40	55
1,1,2,2 Tetracloroetano	--	10	10
2,4,6 Triclorofenol	--	10	10
Zinc.	47	47	94

Fuente: 12,30

**TABLA 5.27**  
**NÚMERO DE TÓXICOS Y EMPRESAS QUE**  
**POTENCIALMENTE LOS VIERTEN POR**  
**MUNICIPIO.**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>No. Tóxicos Vertidos.</b>	<b>No. Empresas</b>
<b>ZONA ALTA</b>		
Acultzingo	8	1
Camerino Z. M.	27	5
Ixtaczoquitlán	46	20
Nogales	9	4
Orizaba	81	72
Río Blanco	6	1
Tequila	4	3
<b>ZONA MEDIA</b>		
Amatlán de los R.	19	2
Córdoba	84	87
Cuichapa	6	4
Naranjal	6	1
Omealca	5	1
Fortín	42	10

Fuente: 12,30

**TABLA 5.28**  
**COMPUESTOS ORGÁNICOS**

<b>Halogenados</b>	Cloruro de Metileno 1,2 Dicloroetano 1,1 Dicloroetileno Tricloroetileno Tetracloruro de carbono Tetracloroetileno 1,1,2,2 Tetracloroetano Triclorometano (cloroformo) Hexacloroetano.
<b>Fenoles</b>	Fenol Pentaclorofenol 2,4,6 Triclorofenol
<b>Ftalatos</b>	Di N Butil ftalato
<b>Aromáticos monocíclicos.</b>	Benceno Etil benceno Hexaclorobenceno Nitrobenceno Tolueno
<b>Aromáticos Policíclicos</b>	Antraceno Naftaleno Pireno

**TABLA 5.29**  
**COMPUESTOS INORGÁNICOS**

<b>Metales pesados</b>	Arsénico Cadmio Cromo Cobre Mercurio Níquel Plomo Zinc
<b>Otros</b>	Asbesto Cianuros

**TABLA 5.30**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS**  
**POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

COMPUESTOS	PUNTO DE EBULLIC. (°C) <sup>1</sup>	PRESIÓN DE VAPOR (mm Hg a 20°C) <sup>1</sup>	SOLUBILIDAD (mg/L a 20°C) <sup>1</sup>	BIODEGRADABLE <sup>2</sup>	BIOACUMULABLE <sup>2</sup>	OTRAS REACCIONES <sup>2,3</sup>
<b>HALOGENADOS.</b>						
Cloruro de metileno	40.0	349.0	20,000	Biodegradable	No Bioacumulable.	Volatilización
1,2 dicloroetano	83.5	61.0	8,690	Biodegradable	No Bioacumulable.	Volatilización
1,1 dicloroetileno.	31.9	500.0		Biodegradable	No Biodegradable	Volatilización
Tricloroetileno	86.7	20.0	1,100	Biodegradable	Bioacumulable pero no biomagnificable.	Volatilización
Tetracloruro de carbono.	76.7	90.0	800	Biodegradable	Bioacumulable moderado no biomagnificable	Se volatiliza. Se adsorbe a materia orgánica y sedimentos.
Tetracloroetileno.	121.4	14.0	150	Posible biodegradación	Bioacumulación moderada.	Volatilización
Triclorometano (cloroformo)	62.0	160.0	8,000	Biodegradable	Bioacumulación moderada, no biomagnificable.	Oxidación en presencia de luz solar. Volatilización
Hexacloroetano	187 (sublima)	0.4	50.0	Biodegradable	Bioacumulable	
<b>FENOLES</b>						
Pentaclorofenol	310.0	0.00011	14.0	Biodegradable	Bioacumulable moderado.	Se descompone por fotólisis y se adsorbe a materia orgánica.
2,4,6 Triclorofenol.	244.5		800 a 2500	Biodegradable	No bioacumulable.	
Fenol	182.0	0.2	87,500	Biodegradable	No bioacumulable	Con agua clorada produce clorofenoles.
<b>FTALATOS</b>						
Di n butil ftalato	340.0	0.1 mm a 115 °C	13	Biodegradable	Bioacumulable	Se adsorbe a material orgánico.

**TABLA 5.30**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS**  
**POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

COMPUESTOS	PUNTO DE EBULLIC. (°C) <sup>1</sup>	PRESIÓN DE VAPOR (mm Hg a 20°C) <sup>1</sup>	SOLUBILIDAD (mg/L a 20°C) <sup>1</sup>	BIODEGRADABLE <sup>1</sup>	BIOACUMULABLE <sup>2</sup>	OTRAS REACCIONES <sup>2,3</sup>
<b>AROMÁTICOS MONOCÍCLICOS.</b>						
Benceno	80.1	76.0	1780	Biodegradable	No Bioacumulable	Volatiliza es fotooxidado, vida media de 4.81 hrs.
Etil benceno	136.2	7.0	140	Biodegradable	No Bioacumulable	Volátil
Hexaclorobenceno	326.0	1.09 x 10 <sup>5</sup>	4.7 x 10 <sup>3</sup>	No Biodegradable.	Bioacumulable	Compuesto refractario.
Nitrobenceno	211.0	0.15	1,900	Biodegradable	No Bioacumulable	Se adsorbe al humus.
Tolueno	110.8	22.0	470	Biodegradable	No Bioacumulable	Volátil, puede adsorberse a material orgánico.
<b>AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>						
Antraceno	34.0	2.6 x 10 <sup>7</sup> atm.	0.73	Biodegradable	Bioacumulable	Fotólisis de la fracción disuelta. Se adsorbe a sól. susps. y sedimentos, se oxida con el ozono y el cloro.
Benzo (a) pireno	31 a 10 mm		3.8 x 10 <sup>3</sup>	Biodegradable	Bioacumulable	Es oxidado por cloro y ozono a quinonas. Fuertemente adsorbido a sólidos sus.
Naftaleno	217.9 sublima	1 mm a 53	30	Biodegradable	Bioacumulable	Fotólisis relativamente alta, oxidable por cloro y ozono.
Pireno	404.0	9.0 x 10 <sup>-14</sup> atm.	0.135	Biodegradable	Bioacumulable	Oxidable por cloro y ozono. Se adsorbe a partículas biota y sedimentos.



**TABLA 5.30  
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS  
POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA  
CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

COMPUESTOS	PUNTO DE EBULLIC. (°C) <sup>1</sup>	PRESIÓN DE VAPOR (mm Hg a 20°C) <sup>1</sup>	SOLUBILIDAD (mg/L a 20°C) <sup>1</sup>	BIODEGRADABLE <sup>2</sup>	BIOACUMULABLE <sup>2</sup>	OTRAS REACCIONES <sup>2,3</sup>
<b>COMPUESTOS INORGÁNICOS</b>						
Arsénico						
Asbesto	Desconocida	No Aplicable	No Aplicable	No Biodegradable.	No Bioacumulable	Compuesto refractario.
Cianuros	25.6	620 torr.		Biodegradable	Bioacumulable	La presencia de dióxido de titanio causa rápida fotooxidación.
Cadmio	765.0		CdCl <sub>2</sub> 1.4 x 10 <sup>4</sup>	No Biodegradable.	Bioacumulable	En condiciones reductoras precipita. Se adsorbe fuertemente.
Cromo	2.670.0		CrO <sub>3</sub> 6.17 x 10 <sup>4</sup> a 0°C	No biodegradable.	Bioacumulable.	Es oxidado de Cr <sup>III</sup> a Cr <sup>VI</sup> , el cual se hidroliza en pH alcalino a Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> que es insoluble. Puede ser adsorbido por materia orgánica.
Mercurio	357.0	0.0012 torr.	HgO 53 a 25°C. HgCl 6.9 x 10 <sup>4</sup>	Biometilación en condiciones anaerobias.	Bioacumulable.	Fotólisis del dimetil mercurio a metil mercurio. Oxidación de mercurio metálico. Formas HgS precipitan. El metil mercurio es volátil. Es fuertemente adsorbido.
Pomo	1,740.0	PbO 17 PbCl <sub>2</sub> 9.9 x 10 <sup>3</sup>		Biometilación en condiciones anaerobias.	Bioacumulable.	

**TABLA 5.30**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS**  
**POTENCIALMENTE VERTIDOS EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO BLANCO.**

COMPUESTOS	PUNTO DE EBULLIC. (°C) <sup>1</sup>	PRESIÓN DE VAPOR (mm Hg a 20°C) <sup>1</sup>	SOLUBILIDAD (mg/L a 20°C) <sup>1</sup>	BIODEGRADABLE <sup>2</sup>	BIOACUMULABLE <sup>2</sup>	OTRAS REACCIONES <sup>1,2</sup>
Cobre	2,570	No aplicable.	CuCl <sub>2</sub> 7.06 x 10 <sup>4</sup> a 0°C	No biodegradable.	Bioacumulable pero no se magnifica.	El Cu <sup>2+</sup> se oxida en agua a Cu <sup>+</sup> y este a CuO y a Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dependiendo del pH. Es adsorbido por óxidos de manganeso.
Níquel	2,730.0		NiS 3.6 a 18°C. NiCl <sub>2</sub> 6.42 x 10 <sup>5</sup>		Ligeramente bioacumulable.	Bajo condiciones reductoras forma compuestos de azufre.
Zinc	907		ZnO 1.6 a 29°C 2NiCl <sub>2</sub> 4.32 x 10 <sup>4</sup> a 25°C	Biotransformable.	Bioacumulable	ZnS precipita bajo condiciones reductoras. El Zn(OH) <sub>2</sub> y ZnO precipitan. Se adsorbe a óxidos metálicos y materia orgánica e inorgánica.

• 7.

•• 37

#### 5.1.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE GABINETE.

Los resultados de la investigación de gabinete, presentados en los apartados anteriores, fueron el sustento de las decisiones que rigieron el trabajo de campo, mismas que se describen y discuten a continuación:

En la zona alta de la cuenca pueden distinguirse dos regiones que difieren en forma importante en sus características orográficas. La primera de ellas es la región de la alta montaña, localizada en los extremos de la cuenca, formada por la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico, sitios donde las pendientes son muy escarpadas. A pesar de que el agua es abundante en estos lugares, se encuentra poco disponible ya que corre a través de numerosos pero pequeños arroyos. Esta zona, en la que quedan comprendidos municipios como Esperanza, Atzizintla, Maltrata, La Perla, Aquila, Acultzingo, Soledad Atzompa, Atlahuilco, Tlaquilpa, Los Reyes, Tequila, Atzacán y Mariano Escobedo, se encuentra poco poblada e industrializada; según pudo observarse en los datos socioeconómicos, debido a que sus características geográficas hacen difícil la dotación de servicios (agua, drenaje y alcantarillado, energía eléctrica, comunicaciones y transportes, etc) tanto a la población como al sector industrial; provocando incluso que se registren fenómenos de migración de los municipios de esta área, que presenta índices bajos de diversificación económica hacia aquellos que se encuentran más diversificados.

La actividad que predomina en esta región es la agricultura, principalmente el cultivo del maíz, cebada y frijol; sumando las hectáreas dedicadas a este uso (aproximadamente 16, 000) corresponden al 50% del área que es dedicada a la agricultura en toda la zona alta de la cuenca; pese a que éste no es el uso del suelo más recomendable, dada la erosión del suelo provocada por las fuertes pendientes al practicar la agricultura; por consiguiente, la producción que se obtiene no es muy alta. El resto de la zona, por lo intrincado del área, corresponde a bosques naturales. Por las características descritas, esta área prácticamente se encuentra libre de contaminación.

En el sitio donde converge el eje neovolcánico con la Sierra Madre Oriental se forma una depresión, que es donde se localiza la segunda región de la zona alta. Es un punto intermedio entre el Puerto de Veracruz y la capital del país. Si bien es todavía un lugar montañoso, las altitudes son menores en comparación con las que presenta la región anterior y las pendientes que se registran son más suaves.

En esta región, el manto freático se encuentra muy cerca de la superficie y el agua emerge en forma de numerosos manantiales, cuya calidad es alta; si bien presenta una dureza alta, debido a la presencia abundante de rocas calizas que confieren al agua iones de calcio y magnesio.

En esta segunda región el agua toma cauces bien definidos con altas velocidades; debido a su reciente formación (hablando en términos geológicos) el cauce presenta fuertes caídas de agua, ya que la roca aún no ha sido intemperizada.

Dichas características hicieron a la región altamente atractiva desde el punto de vista industrial, ya que se dispone de agua suficiente y con calidad adecuada para suministrar a la población y a las industrias con los requerimientos más estrictos (como son la cervecera y la farmacéutica) o con demandas muy altas (por ejemplo la textil, papelería, de la curtiduría y del beneficio del café).

En esta zona también es posible la generación de energía eléctrica con costos relativamente bajos, aprovechando las numerosas caídas de agua. Además, la región es lo suficientemente accesible para poder proveer de otros servicios (alcantarillado, comunicaciones y transportes, etc.) tanto al sector industrial como a la población; siendo el tramo Esperanza-Orizaba el único que presenta dificultad de consideración para el transporte, debido a la fuerte pendiente y la espesa niebla que se presenta con suma frecuencia. No obstante, hoy en día, es posible el transporte de productos para su

---

comercialización en aproximadamente 3 a 4 horas a la ciudad de México, o bien en 2 a 3 horas al puerto de Veracruz.

Dichas razones han hecho que sea en esta región donde se ha instalado el grueso de la industria que se encuentra en la cuenca, principalmente en los municipios de: Nogales, Camerino Z. Mendoza, Huiloapan de Cuauhtémoc, Ixtaczoquitlán, Orizaba, Río Blanco, Córdoba, Fortín, Amatlán de los Reyes y Naranja; los cuales se encuentran situados a las márgenes del río Blanco, paralelo al cual corre la carretera México-Veracruz.

A pesar de que los escurrimientos y efluentes de Córdoba, Fortín, Amatlán de los Reyes y Naranja vierten en la zona media, estos municipios se localizan geográficamente en esta misma área, por esta causa, para fines del presente trabajo, dichos municipios fueron considerados en la zona media.

En forma paralela a la industria se desarrolló la población; por lo cual, en estas zonas se presentan los índices de densidad y tasas de crecimiento poblacional más altos. La interacción entre la población y la industria ha hecho que se requiera una gran diversidad de servicios (educativos, de comunicaciones, religiosos, oficinas, etc.) lo cual aunado a la actividad agrícola, hace que la zona presente una gran diversificación económica; de hecho los municipios de esta área son los que presentan índices de diversificación económica más alta, los cuales son iguales o superiores al promedio nacional (0.067) y estatal (0.073).

Aunque durante los últimos 20 años, el desarrollo de esta área se ha visto frenado por la situación económica del país, existen planes para la instalación de otro complejo industrial en esta zona.

En la zona media las pendientes se van haciendo más suaves, provocando que decrezca la posibilidad de generación de energía eléctrica aun cuando se cuente con

disponibilidad de agua. Además, la cuenca se estrecha, de forma tal que la industria y la población disminuye fuertemente, al tener una menor área donde ubicarse.

La principal actividad de esta zona es la agrícola, lo cual coincide con el uso del suelo recomendado. El cultivo más importante es la caña de azúcar, misma que es vendida a los ingenios que se localizan en el área. Tierra Blanca es un municipio que presenta una gran actividad, de hecho es el que tiene los índices más altos de diversificación económica y alberga a la mayor población de la zona media; sin embargo, sus efluentes son derramados hacia la cuenca del Papaloapan. Razón por la cual no se consideró en el presente estudio.

La zona baja se encuentra totalmente del otro lado de las montañas, en la región cercana al mar; prácticamente no hay pendientes y el clima cambia de frío a cálido húmedo. Esta zona, de acuerdo con el tipo de suelo, es apta para cultivos agrícolas que toleren el exceso de humedad. Las principales actividades en la zona son la agricultura y la crianza de ganado, utilizándose la mayor parte del suelo para pastos enmontados o naturales.

En esta área destaca el municipio de Alvarado debido a su intensa actividad marítimo pesquera. El resto de los municipios de esta zona presentan una actividad económica entre desconcentrada a semidiversificada; consecuentemente, la densidad de población es baja al tenerse menos oportunidades de trabajo; también se tienen menores tasas de crecimiento poblacional.

De la discusión anterior, es posible determinar que el área que genera mayor contaminación por materia orgánica se localiza en el límite de la zona alta y media, en un radio de 25 a 30 Km en torno a la presa Tuxpango. De hecho, es la zona de la cuenca donde se genera aproximadamente el 90% del agua residual municipal y se concentra la inmensa mayoría de la industria.

Con excepción de las descargas generadas por Naranjal, Córdoba, Fortín y Amatlán de los Reyes; el resto de los efluentes (53% del gasto total de las descargas de aguas residuales municipales producidas en la cuenca) pasan a través de la presa Tuxpango.

Esta zona también es la que presenta mayor riesgo de generar sustancias tóxicas de origen industrial, ya que de las 213 empresas que pueden verter sustancias tóxicas en la cuenca, 208 se ubican en esta área. Cerca del 50% de dichas empresas vierten sus aguas antes de la presa Tuxpango o en la Presa; el otro 50% lo hace poco después, sobre el río Metlac mismo que más adelante se une al Río Blanco.

La información anterior muestra la conveniencia de evaluar la presencia de tóxicos en una zona cercana al lugar donde se producen; de tal forma que se pueda captar, en lo posible, aquellas sustancias volátiles o biodegradables. El lugar a seleccionar no debería presentar un régimen de flujo turbulento, de manera que hubiera la oportunidad de encontrar sedimentos, los cuales pudieran contener los tóxicos poco solubles o bien aquellos que se adsorben a la materia orgánica que sedimenta.

El cauce, tanto en la zona alta como en la media, presenta régimen turbulento; excepto en los sitios en que cambia de dirección, en los cuales se han construido dos presas para la generación de energía eléctrica.

La primera, la de Ixtaczoquitlán, presenta dimensiones pequeñas, por lo que el tiempo de residencia del agua en la presa es bajo y por tanto puede retener sólo los sólidos más gruesos.

La segunda, la presa Tuxpango, es el cuerpo de agua léntico más grande de la zona por lo que el tiempo de residencia hidráulico es mayor, permitiendo con ello una mayor retención de sólidos; es decir, este sitio presenta características adecuadas para permitir la acumulación de tóxicos poco solubles y no biodegradables. Como se mencionó, esta presa

además capta un porcentaje alto de las descargas industriales (entre ellas las que provienen del Arroyo Escamela).

El siguiente punto con dichas características es la presa Camello. Esta presa se encuentra localizada en la zona baja y tiene la finalidad de almacenar agua para riego. Este punto presenta la ventaja de que capta la mayor parte de las descargas industriales vertidas en la cuenca; pero se localiza muy lejos de la zona de generación de las sustancias tóxicas, por lo cual los compuestos susceptibles de ser removidos por cualquier tipo de proceso (biodegradación, volatilización, sedimentación, etc.) pueden ya no estar presentes.

En la información anterior resulta claro que uno de los puntos con mayores probabilidades de contener sustancias tóxicas es la Presa Tuxpango; razón por la cual se consideró adecuado realizar el monitoreo de dichas sustancias en este sitio, cuyos resultados serían un indicador de la problemática de contaminación del agua por sustancias tóxicas en la cuenca.

Con base en la actividad industrial y de acuerdo con los listados de EPA, las descargas industriales de dichas empresas situadas en la zona alta y media de la cuenca, pueden contener alrededor de 90 diferentes compuestos tóxicos prioritarios. Los municipios que albergan un mayor número de estas empresas son: Orizaba, Ixtaczoquitlán, Camerino Z. Mendoza y Río Blanco, en la zona alta; Córdoba, Fortín, y Amatlán de los Reyes, en la zona media.

Entre las actividades que generan un mayor número de tóxicos se tienen: obtención de productos de aserradero (pueden verter hasta 26 tóxicos), mezcla de insecticidas (puede verter 29 tóxicos), fabricación de productos farmacéuticos (puede verter 28 tóxicos) y la galvanoplastia (puede verter 30 tóxicos). El número de tóxicos vertidos por actividad es un parámetro importante para priorizar la atención que es necesario prestar en cuanto a



---

vigilancia y control de las descargas industriales; sobre todo si se presentan interacciones antagónicas y sinérgicas entre los compuestos presentes en dichas descargas; dado que en estas condiciones pueden conferir toxicidad al agua aun cuando las concentraciones de las sustancias presentes sean bajas, e incluso cumplan con la normatividad. Sin embargo, el conocimiento de la carga de cada tóxico en el efluente sería un indicador más adecuado para poder realizar dicha priorización.

Para obtener la información anterior existen dos formas, una es determinar la concentración de cada uno de los tóxicos prioritarios industriales que tengan probabilidades altas de estar presentes en la descarga en cuestión; lo cual sería el método ideal a no ser por el costo que ello implica. La segunda opción es llevar a cabo estimaciones, empleando índices citados en la literatura y la producción de las industrias. Esta alternativa, si bien es menos precisa, sobre todo si se considera que los índices han sido desarrollados en otros países donde pueden emplear procesos distintos o tener un control más estricto de dichos procesos, pudiera en un tiempo breve dar una idea clara acerca de la problemática y el riesgo con un costo bajo.

Lamentablemente, los datos de producción por empresa son considerados confidenciales en las estadísticas del país, por lo que no fue posible realizar estimaciones, ni establecer la priorización correspondiente en el presente trabajo; ni será posible para futuros trabajos en tanto se mantenga la misma política en cuanto al acceso a información tan básica.

La zona baja es la que presenta mayores probabilidades de generar tóxicos de origen agrícola, ya que es la única área en la cuenca que cuenta con infraestructura para el riego, lo que indica un nivel de organización superior comparado con las otras zonas de la cuenca; por tanto, existen mayores probabilidades de uso intensivo de agroquímicos.

---

En contraste, la zona alta presenta dificultades para el uso de fertilizantes y plaguicidas, ya que por las pendientes que se presentan, la cantidad de lluvia y el escurrimiento del agua, hacen que la aplicación de sustancias químicas no sea de utilidad dado que se lavarían con rapidez.

Por dichas razones, la zona baja es el área en donde debiera evaluarse la presencia de agroquímicos. Sin embargo, por tratarse de una región inundable se dificulta cualquier tipo de trabajo.

Si se consideran los usos del agua en la cuenca, se observa que cerca del 93% es empleado para la generación de energía. Esta agua es de paso, aunque usualmente es contaminada con grasas y aceites de las turbinas, con algunos desincrustantes y siempre se eleva su temperatura.

Del 7.4% del agua restante utilizada, el 61% se emplea en la industria, el 17.3% es para uso doméstico, el 13% para recreación y el 8.4% para la agricultura.

Analizando los datos anteriores, resulta lógico otorgarle un mayor peso a la contaminación por desechos industriales. Dado que la mayor parte de las empresas que pueden verter tóxicos se ubican en la zona alta y media, se pensó adecuado buscar tales sustancias en un sitio cercano a esta zona.

En forma paralela, también es necesario considerar el posible destino de los tóxicos después de ser vertidos en los cuerpos de agua. Una vez que las sustancias alcanzan el agua pueden seguir varios caminos, los más importantes se enumeran a continuación:

- Adsorción y desorción de la sustancia química hacia las partículas que se encuentran en el agua.
- Sedimentación, resuspensión, disposición e incorporación en los sedimentos del cuerpo de agua.
- Difusión de la sustancia hacia el agua almacenada en los sedimentos, o bien el proceso inverso.
- Intercambio de la sustancia en cuestión entre la atmósfera y el cuerpo de agua.
- Destrucción de la sustancia química debido a biodegradación, fotólisis e hidrólisis.
- Bioconcentración por los organismos acuáticos.
- Transferencia de la sustancia química en la cadena alimenticia hacia niveles tróficos superiores.

De los 90 tóxicos que pueden ser vertidos en el área, 31 tienen mayores probabilidades de ser encontrados en el agua debido al considerable número de empresas que pueden descargarlos. Estos tóxicos están comprendidos en 6 de los 10 grupos que marca la EPA; los cuales son: Halogenados, Fenoles, Ftalatos, Aromáticos monocíclicos, Aromáticos policíclicos y compuestos inorgánicos.

Los compuestos halogenados potencialmente vertidos a la cuenca del Blanco son volátiles, con excepción del hexacloroetano; en general biodegradables\* (excepto el

---

\* El concepto biodegradable se refiere a la actividad de un sistema biológico sobre alguna sustancia, cuya consecuencia es la modificación parcial o total de su estructura en un período determinado, lo que permite la circulación de los elementos que constituyen las sustancias en el ciclo de los nutrientes, sin el detrimento de la vida en los ecosistemas.

Existen muchos compuestos naturales cuya edad se remonta a la antigüedad, ya que no son, o sólo son parcialmente susceptibles al ataque microbiano, entre tales sustancias pueden mencionarse a la turba, el caballo, el fánbar, troncos, algunas semillas esporas, etc. Sin embargo, este fenómeno denominado recalcitrancia, no es común en el medio ambiente. La recalcitrancia es una característica más frecuente en las sustancias de origen sintético, debido a que su reciente aparición en la naturaleza no ha permitido el desarrollo de los sistemas microbianos capaces de integrarlas al ciclo de los nutrientes.

Entre dichas sustancias pueden encontrarse los derivados del petróleo, tales como: asfaltenos, resinas, policlorobifenilos, hidrocarburos nitrogenados, azufrados, organofosforados, clorados, etc. Compuestos que al no ser metabolizados por las comunidades microbianas o ser transformados de forma lenta (más de un mes) permanecen en el ambiente, pudiendo alcanzar concentraciones tóxicas aún cuando sean vertidos en concentraciones muy bajas. Si dichas sustancias son derramadas en forma sistemática a través de las descargas de aguas residuales, aún en bajas concentraciones, y no son separadas en las plantas de tratamiento, a pesar de que su concentración al principio pueda no ser detectable, con el tiempo podrán alcanzar niveles tóxicos, siendo más grave el caso de aquellas sustancias que al ser consumidas por los organismos se acumulen en sus tejidos, otro problema se tiene en el caso de las sustancias tóxicas. Estas sustancias son capaces de causar efectos nocivos a los organismos encargados de reciclar la materia en el ambiente (organismos saprófitos), así como a los organismos en general, aun cuando se encuentren en concentraciones muy bajas. Sin embargo, es posible que si dichas sustancias sean biodegradadas si se encuentran por debajo del umbral en que son tóxicas para los microorganismos, como en el caso de los compuestos halogenados y los fenólicos; en algunas ocasiones el problema reside en que los productos intermedios de la descomposición de las sustancias resultan más tóxicos que la sustancia original, lo que hace que la degradación se vea interrumpida.

El mayor problema corresponde a las sustancias tóxicas no biodegradables, las cuales se acumulan en el ambiente, en donde pueden alcanzar de una manera pronta los umbrales tóxicos de los organismos, como en el caso del DDT\*.

1,1,2,2 Tetracloroetano) y no bioacumulables. Dadas las condiciones fuertemente turbulentas del río, es poco probable encontrar este tipo de compuestos debido a que se perderían en su mayor parte por volatilización y la concentración remanente se biodegradaría, lo que se ve fuertemente favorecido gracias a las condiciones aerobias predominantes en el sistema. Por lo expresado anteriormente, sólo sería conveniente determinar el 1,1,2,2 tetracloroetano.

Los compuestos fenólicos que pudieran encontrarse en la cuenca son biodegradables. La dosis letal del fenol es de 22 mg/Kg; el límite permisible en México para agua potable, industria alimenticia y recreación es de 1 µg/L; en estuarios, la concentración máxima debe ser 0.1 mg/L debido a la toxicidad aguda que se presenta en los peces y en otros organismos acuáticos (la  $LC_{50}$  es 10 mg/L). En el caso del pentaclorofenol, se biodegrada lentamente y por tanto se acumula en forma moderada. Dadas las condiciones turbulentas del río, existe la suficiente oxigenación para que estos compuestos se degraden con rapidez. Sin embargo, debido a que son sustancias que probablemente son vertidas en concentraciones altas se hace conveniente su determinación.

El di-n-butil-ftalato es un compuestos tóxico biodegradable lentamente, razón por la cual puede acumularse en el medio. Es soluble y se adsorbe al material orgánico, factores que hacen que pudiera estar presente en el cauce, tanto en la columna de agua, como adsorbido al material orgánico de los sedimentos. Si bien es un compuesto utilizado por muchas industrias las concentraciones en que se emplea son bajas.

Los compuestos aromáticos monocíclicos potencialmente presentes son de naturaleza biodegradable, no bioacumulables y volátiles; la excepción es el hexaclorobenceno, que pudiera ser el compuesto de mayor importancia de este grupo. Por las razones anteriores, es difícil encontrar este tipo de compuestos debido a la turbulencia del cauce lo cual hace

muy probable su volatilización; por otra parte, la concentración remanente puede ser degradada por los microorganismos que se encuentran en el agua. El hexaclorobenceno sería entonces el único compuesto de este grupo cuya determinación es importante.

Los aromáticos policíclicos son compuestos biodegradables, aunque muy lentamente, por lo que puede presentarse alguna acumulación en el medio. La fracción disuelta de estas sustancias se pueden descomponer por fotólisis y adsorber a material orgánico; sin embargo, en general son poco solubles. Por lo anterior, los compuestos aromáticos policíclicos pueden encontrarse tanto en la columna de agua (adsorbidos a los sólidos suspendidos) o bien en los sedimentos, lo que hace importante su determinación.

En lo que toca a los compuestos inorgánicos, en general son de naturaleza no biodegradable, bioacumulables y poco solubles; motivo por el cual pueden encontrarse en los sólidos suspendidos y en los sedimentos. Su presencia representa un alto riesgo ambiental.

Las rocas que conforman la cuenca contienen mercurio, hierro, aluminio, sílice, calcio, sodio, potasio, magnesio y titanio; por tanto, algunas de las sustancias inorgánicas pueden estar presentes de forma natural.

En el estudio realizado por la SEDUE<sup>35</sup>, se encontró la presencia de antimonio, arsénico, cobre, mercurio, plomo, selenio, talio y zinc en bajas concentraciones; sólo el antimonio, selenio y talio rebasaron, en ciertos sitios, los criterios ecológicos de calidad del agua para la protección de la vida acuática, en algunos otros el selenio y zinc también rebasaron los criterios para el riego en la agricultura. En sedimentos se encontró estroncio, arsénico, cadmio, cobre, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, talio y zinc; los que tuvieron mayor abundancia son el zinc, con 42.37 mg/Kg, níquel con 18.19 mg/Kg, cromo con 11.02 mg/Kg, plomo con 9.92 mg/Kg y cobre con 7.95.

Las muestras fueron tomadas en estaciones a lo largo de todo el cauce, lo cual resulta particular, ya que tanto de la parte alta como de la media es difícil obtener sedimentos\* a causa de las elevadas velocidades y la gran turbulencia que se presentan el cauce, por esta razón las partículas suspendidas en el agua no pueden sedimentar. Esto hace pensar que en realidad las muestras tomadas corresponden a material resultante de la intemperización de la roca que conforma el lecho y no al material separado de la columna de agua. Dado que para la determinación de los metales se empleó una digestión con ácido nítrico, las concentraciones registradas en dicho estudio incluyen material que generalmente no interacciona con la columna de agua, al menos en condiciones normales, ni con los organismos. Esto se ve reforzado con los datos de materia orgánica y textura que reportan, los cuales son bajos.

Los resultados obtenidos en los trabajos realizados por el extinto Instituto Nacional de Recursos Bióticos<sup>9</sup> en los que se determinó plomo y zinc, también se realizó una digestión ácida fuerte; por lo que los resultados también pueden incluir la digestión de material del lecho.

En síntesis, de acuerdo con la discusión anterior, los compuestos que pudieran representar un mayor riesgo por sus características físico-químicas o por su frecuencia de uso son: 1,1,2,2 Tetracloroetano, el Hexaclorobenceno, el di n butil ftalato, los compuestos fenólicos, aromáticos policíclicos e inorgánicos (arsénico, cianuros, cadmio, cromo, mercurio, plomo, cobre, níquel y zinc), razón por la cual su determinación es recomendable. Otros compuestos cuya determinación resulta conveniente son los detergentes aniónicos. En Estados Unidos de América, los detergentes aniónicos de tipo ramificado ya no son utilizados, sino que han sido sustituidos por compuestos de tipo lineal que son biodegradables; por lo tanto, la EPA ya no los considera en su lista de sustancias tóxicas prioritarias.

---

\* SEDIMENTO.- Materia que habiendo estado suspendida en un líquido se deposita en el fondo por su mayor densidad

En América Latina, incluyendo México, los principios activos que se habían venido empleando hasta fechas recientes compuestos ramificados no biodegradables, razón por la cual, la OMS los considera sustancias tóxicas prioritarias. La importancia de dichas sustancias radica principalmente en su persistencia en el medio ambiente, en su frecuencia de uso por la población y en su capacidad de mantener en solución muchas sustancias (acción emulsificante) que, por sus características fisicoquímicas, en ausencia de detergentes hubieran salido del sistema, y que quedan, al no hacerlo en condiciones de interactuar con los organismos.

Por las razones expuestas y ante la imposibilidad de determinar compuestos orgánicos a través de cromatografía, al inicio del presente estudio se decidió evaluar compuestos fenólicos y metales (aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro, silicio, zinc y magnesio) además de cianuros.

Aun cuando las sustancias tóxicas a evaluar serían un indicador de la problemática originada por la presencia de dichos compuestos, fue necesario considerar que:

- Se dejaron de evaluar sustancias que de acuerdo al estudio de gabinete pudieran estar presentes.
- Existe la posibilidad de que estén presentes algunos tóxicos que no fueron considerados en el estudio de gabinete.
- La posibilidad de que las sustancias presentes, aunque se encontraran en bajas concentraciones, pudieran ejercer efectos antagónicos y/o sinérgicos que modificaran la toxicidad intrínseca de cada compuesto sobre los organismos.

---

Ante estas circunstancias, se decidió realizar pruebas de toxicidad, de forma que pudiera evaluarse el efecto que la mezcla de sustancias presentes ocasiona a diferentes organismos. Debido a que no se contaba con el equipo y material suficientes, para realizar pruebas de toxicidad crónica; se llevaron a cabo únicamente ensayos de toxicidad aguda.

Estas pruebas se realizaron con extractos de sedimentos obtenidos de la presa, ya que es el fondo el sitio donde existe mayor probabilidad de que se concentren aquellos tóxicos no biodegradables, ya sea debido a sus características de insolubilidad o bien a que se adsorban a los sólidos sedimentables.



## 5.2 ESTUDIO DE CAMPO.

Los resultados del trabajo de campo y de los análisis de laboratorio, practicados a las muestras de agua y sedimentos, son presentados en dos partes para su mejor comprensión. En primer lugar se muestran los obtenidos para las muestras de agua y posteriormente los correspondientes a sedimentos.

### 5.2.1 ANÁLISIS DE AGUA

Los resultados de las muestras de agua a su vez se han dividido en :

- Batimetría
- Cuadro Ambiental
- Distribución de sólidos
- Distribución de nutrientes
- Otros parámetros fisicoquímicos
- Metales Pesados
- Microorganismos

### 5.2.1.1 Aspectos Hidráulicos y Batimetría

La presa Tuxpango presenta una forma alargada, con una proporción aproximada de 3:1. De acuerdo con datos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad, el área de la presa es de 30 ha con un volumen total de 500 000 m<sup>3</sup>.

El gasto del influente principal (Río Blanco) en el momento en que se realizaron las mediciones fue de 6.5 m<sup>3</sup>/s, el cual presentó una velocidad de 0.46 m/s; en tanto, el caudal del Arroyo Escamela fue de 2.6 m<sup>3</sup>/s, con una velocidad de 0.65 m/seg. La suma de ambos gastos da un gasto influente total a la presa de 9.1 m<sup>3</sup>/s. Si se considera el caudal de entrada semejante al de salida, el tiempo de residencia hidráulico del agua que llega a la presa sería de 0.6 días.

No obstante, el efluente varía en gasto de acuerdo a los requerimientos de la hidroeléctrica. En el momento del muestreo, la extracción de agua por la CFE era de 32.6 m<sup>3</sup>/seg. Esta extracción provocaba que el agua de la presa estuviera descendiendo en su nivel. En la época de lluvias, el nivel de la presa suele incrementarse hasta prácticamente su límite superior, en consecuencia, con el propósito de evitar que ésta se pueda desbordar, las compuertas ubicadas en la cortina de la presa se abren.

En términos generales, la presa presenta una profundidad media de 1.48 m; la presa es más somera en la zona central, en tanto que en las regiones cercanas a la cortina y a los extremos se presentan las máximas profundidades (4 y 2 m respectivamente); por otra parte, el área del influente se encuentra azolvada. Este patrón obedece a la distribución del flujo en la presa, regido por los influentes y la extracción. De esta manera, las zonas donde se tiene un mayor flujo de los influentes son también aquellas que se encuentran más azolvadas, puesto que se tiene una mayor acumulación del material que se separa del agua, dado que ésta entra a la presa con una velocidad baja.

Las zonas cercanas a los bordes, si bien, son susceptibles de acumular el material erosionado de los propios bordes, son también zonas donde el agua casi no circula (zonas muertas), lo cual hace que se acumulen menos sedimentos, provocando con ello que se tengan zonas un poco más profundas.

Debido a la calma del agua, se crean además zonas propicias para que se acumulen malezas acuáticas (lirio), las cuales cubren una superficie equivalente a la cuarta parte del área de la presa correspondiente a la zona de los bordes.

La zona de la cortina de la presa es la más profunda y además no presenta lirio acuático debido a que, cuando sale el agua a través de esta vía, lo hace con gran fuerza arrastrado el material acumulado en esta zona; por otra parte, la velocidad del agua no permite tampoco la acumulación de malezas.

En el presente trabajo no se registró la dirección de la corriente, por lo que no fue posible describir con precisión el patrón de flujo. Sin embargo, con base en el comportamiento de algunos parámetros, como la  $DBO_5$  y los organismos mesofílicos aerobios, en el agua, además de la distribución de la materia orgánica en los sedimentos se propuso el patrón de flujo que aparece en la Figura 5.19. Dicho patrón correspondería a la forma de flujo dominante; el cual, seguramente varía conforme se presenten cambios en los caudales de los influentes. Sin embargo, es fácil observar que la presa presenta un gran número de cortos circuitos y de zonas muertas que hacen que el tiempo de residencia hidráulico sea diferente para ambos influentes. En este caso, afecta principalmente al Arroyo Escamela; cuya entrada a la presa se encuentra muy cerca de la salida de la misma.

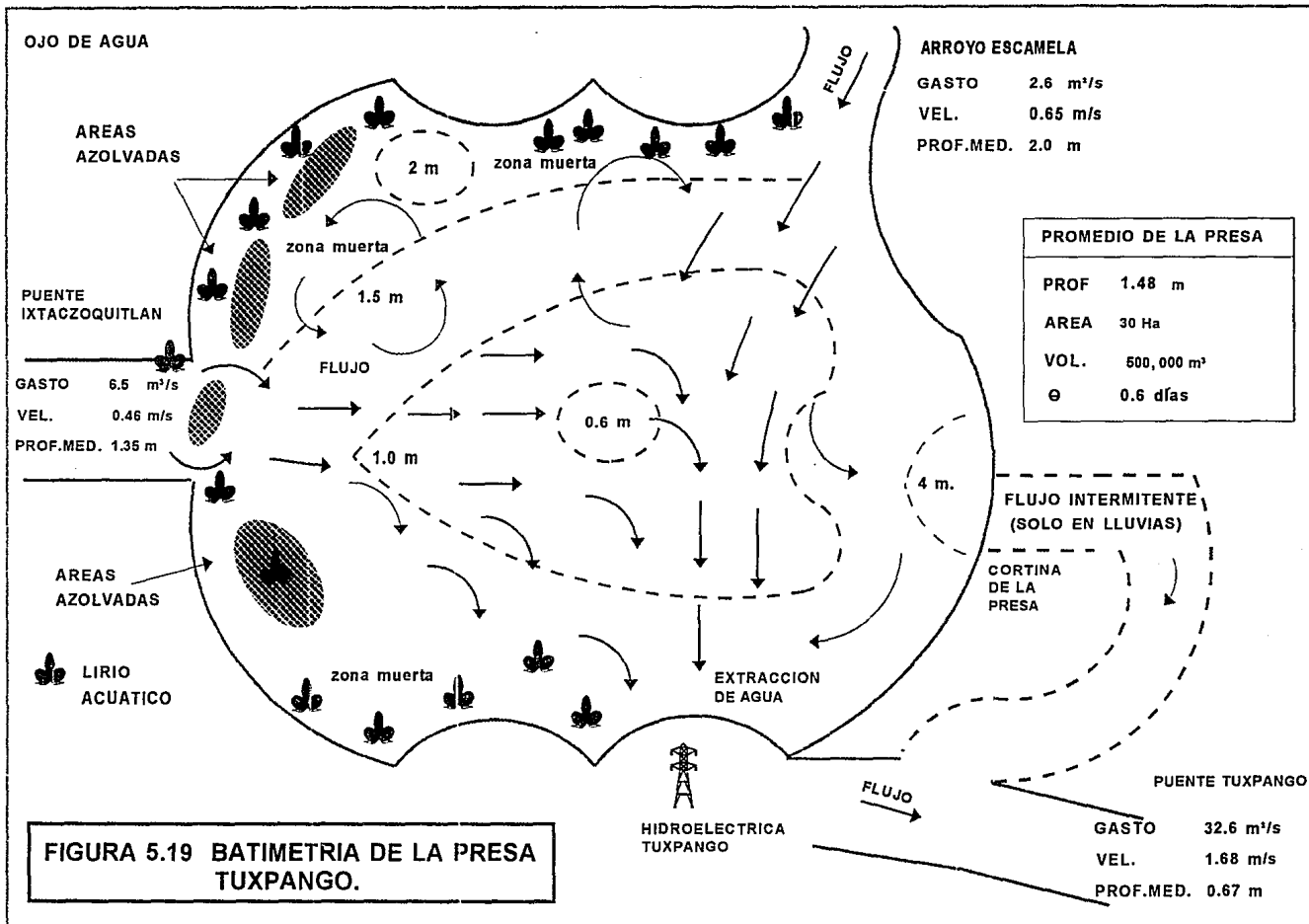
Esto hace que el tiempo de residencia hidráulico del arroyo sea muy bajo; si se considera que es éste el influente que presenta mayor carga orgánica y que dicha carga no tiene el suficiente tiempo de contacto con los microorganismos para ser estabilizada, se

---

entiende la importancia del Arroyo Escamela en la calidad del efluente, aun cuando su caudal no sea muy alto.

Por lo anterior, tomando a la presa como una laguna de estabilización, se lograrían mejores eficiencias de remoción de materia orgánica, si se modificara la entrada del arroyo Escamela a la presa; de forma que este influente pudiera tener mayor tiempo de residencia hidráulico. También sería adecuado diseñar la entrada de agua a la presa de tal forma que se eviten las zonas muertas.

Por otra parte, es necesario que se proteja de la turbulencia la salida del agua hacia la hidroeléctrica; incluso, en esta área debe ser instalado algún dispositivo (vertedor) que evite la continua salida de sólidos sedimentables por esta vía a la zona media y baja de la cuenca. La batimetría de la presa puede ser observada en la Figura 5.19



**FIGURA 5.19 BATIMETRIA DE LA PRESA TUXPANGO.**

### 5.2.1.2 Cuadro Ambiental

Se consideró importante evaluar la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad por ser factores fundamentales para el desarrollo de los organismos.

#### A) Temperatura

La temperatura del agua osciló entre 18.9 y 19.9°C, no registrándose estratificación vertical, ni horizontal dentro de la presa. Puede observarse en la Figura 5.20 que la temperatura en la presa fue inferior que la registrada en los influentes ( 22°C en el Puente Ixtaczoquitlán y 26.1°C en el Arroyo Escamela) y en el efluente (23°C en el Puente Tuxpango). Estas diferencias en temperaturas podrían deberse a la influencia de las descargas industriales vertidas al río y a la generación de calor por las turbinas de la hidroeléctrica.

#### B) pH

El pH en la estación Ojo de Agua fue de 7.00, dentro de la presa osciló entre 7.15 y 8.06, con un valor medio de 7.64, no presentó ninguna estratificación vertical. Tampoco presentó alguna variación significativa importante en relación a los influentes (puente Ixtaczoquitlán 7.8 y arroyo Escamela 7.75) o al efluente (puente Tuxpango 7.12), aunque puede observarse en la Figura 5.20 un perfil horizontal descendente que va de la estación Puente Ixtaczoquitlán a la cortina de la presa y otro ascendente del Arroyo Escamela a la salida de la presa. Este patrón de comportamiento parece tener relación con la presencia de materia orgánica en los sedimentos de la presa, lo cual resulta lógico si se considera que, a pesar de que en toda la columna de agua se encontró oxígeno y en los sedimentos el crecimiento microbiano predominante fue de organismos mesofílicos aerobios, también pudo

---

NOTA.- Los valores medios de todos los parámetros ambientales fueron calculados como el promedio encontrado en las 9 estaciones de la presa tanto a nivel superficial como medio. Para el caso del pH se obtuvo el antilogaritmo de cada valor para realizar el promedio.

registrarse una concentración considerable de organismos anaerobios facultativos. Estos datos indican que si bien existen condiciones aerobias en la mayor parte del sistema, en períodos determinados o en ciertas zonas, la digestión de la materia orgánica se realiza también por vía anaerobia. Esta vía de estabilización de la materia orgánica produce ácidos orgánicos altamente solubles, por lo cual el pH disminuye en las zonas donde se presenta este tipo de digestión, que son en aquellas donde existe una mayor concentración de materia orgánica.

Dichos datos resultan congruentes con el hecho de que el menor dato registrado de pH se presentó en el sitio donde el oxígeno fue cero; es decir, en este punto la materia orgánica probablemente era digerida por vía anaerobia; en tanto que el pH más alto se registró en el punto de muestreo donde el oxígeno disuelto fue mayor, lo que indica que en ese sitio la materia orgánica se estaría degradando principalmente por vía aerobia.

### C) Oxígeno Disuelto.

Dentro de la presa, el oxígeno disuelto varió de 0 a 2.9 mg/L, teniendo un valor medio de 1.8 mg/L. El valor mínimo (cero) se registró en la entrada del Arroyo Escamela, en tanto que los máximos se registraron a la entrada del Río Blanco (2.9 mg/L) y en la zona de extracción de agua para la hidroeléctrica (2.6 mg/L). Es necesario hacer notar que los valores de oxígeno presentados hacen que no sea posible encontrar vida acuática superior (peces), puesto que generalmente aquellas especies que se desarrollan a temperaturas de 20 °C o inferiores requieren por lo menos 4 mg/L de oxígeno disuelto.

En los influentes a la presa y en el efluente, la concentración de oxígeno fue mayor. La del puente Ixtaczoquitlán fue 4.5 mg/L, la del arroyo Escamela 2.5 mg/L y la del efluente (Puente Tuxpango) 4 mg/L. Como puede observarse, tampoco es posible el desarrollo de peces en el arroyo Escamela.

Las diferencias de oxígeno dentro y fuera de la presa probablemente se deban a la turbulencia y velocidad del agua, que al llegar y salir de la presa producen una reoxigenación; en tanto que la pérdida de velocidad dentro de la presa limita severamente la reoxigenación; en consecuencia, el oxígeno disuelto disminuye por efecto de su consumo por los microorganismos, al degradar la materia orgánica presente en la presa. Las concentraciones de oxígeno determinadas en la Presa pueden observarse en la Figura 5.20

#### D) Conductividad.

En la presa, la conductividad media fue de 745  $\mu\text{mhos/cm}$ ; la del río Blanco, en el Puente Ixtaczoquitlán, fue de 544  $\mu\text{mhos/cm}$ ; mientras que en el Arroyo Escamela fue de 1 570  $\mu\text{mhos/cm}$  y la del efluente fue de 469  $\mu\text{mhos/cm}$ . En la Figura 5.20 aparece el cuadro ambiental registrado.

La conductividad es un indicador de la cantidad de moléculas que se han disociado en un medio líquido; en otras palabras, es una forma rápida de estimar la concentración de electrólitos presentes en las aguas. Debido a que la mayor parte de la materia disuelta son sales inorgánicas, en ocasiones la conductividad también es empleada para evaluar la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) utilizando factores de corrección que van de 0.5 a 0.9. En este sentido, los valores de conductividad encontrados tanto en los influentes a la presa, como en el efluente, son consistentes con las concentraciones de sólidos disueltos registrados ya que presentan factores de 0.75 a 0.85. Dentro de la presa, la relación SDT/conductividad varía con respecto a lo encontrado en los influentes, puesto que la relación pasa a 0.48, lo que indica que se están removiendo sólidos disueltos de un tipo específico; curiosamente, este comportamiento parece tener relación con la remoción de materia orgánica biodegradable. No obstante, con los resultados obtenidos, es difícil establecer en el presente trabajo el tipo de procesos que se están llevando a cabo.



**OJO DE AGUA**

TEMP 14 °C  
 pH 7  
 O<sub>2</sub> 7.1 mg/L  
 COND 506 μmhos/cm

**PUENTE IXTACZOQUITLAN**

TEMP 22 °C  
 pH 7.8  
 O<sub>2</sub> 4.5 mg/L  
 COND 544 μmhos/cm

FLUJO →

TEMP 19.1	TEMP 19.9	TEMP 19.4 °C
pH 8.06	pH 7.48	pH 7.15
O <sub>2</sub> 2.9	O <sub>2</sub> 0.2	O <sub>2</sub> 0.0 mg/L
COND 768	COND 657	COND 728 μmhos/cm

TEMP 18.9	TEMP 19.6	TEMP 19.6 °C
pH 7.99	pH 7.85	pH 7.50
O <sub>2</sub> 2.0	O <sub>2</sub> 2.6	O <sub>2</sub> 1.8 mg/L
COND 750	COND 845	COND 667 μmhos/cm

TEMP 19.7	TEMP 19.1	TEMP 19.1 °C
pH 8.01	pH 7.92	pH 7.82
O <sub>2</sub> 2.1	O <sub>2</sub> 2.6	O <sub>2</sub> 2.0 mg/L
COND 795	COND 786	COND 723 μmhos/cm

FLUJO ↓



**HIDROELECTRICA TUXPANGO**

**ARROYO ESCAMELA**

TEMP 26.1 °C  
 pH 7.75  
 O<sub>2</sub> 2.5 mg/L  
 COND 1570 μmhos/cm

**PROMEDIO DE LA PRESA**

TEMP 19.38 °C
pH 7.64
O <sub>2</sub> 1.8 mg/L
COND 746 μmhos/cm

FLUJO INTERMITENTE (SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA DE LA PRESA

**PUENTE TUXPANGO**

TEMP 23 °C  
 pH 7.12  
 O<sub>2</sub> 4.0 mg/L  
 COND 469 μmhos/cm

FLUJO →

**FIGURA 5.20 DISTRIBUCION DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO.**

### 5.2.1.3 Sólidos

Los sólidos totales registrados en la estación de referencia (Ojo de Agua) fueron 250 mg/L; de ellos, el 17% son sólidos volátiles y el 83% corresponden a sólidos fijos. Por otra parte, de los sólidos totales, el 98% se encuentra en forma disuelta y sólo el 2% en forma suspendida. En otras palabras, el contenido principal de sólidos en dicha estación está constituido por sales disueltas y prácticamente no se registra material orgánico, lo que da una idea de la alta calidad del agua en este sitio, la cual satisface los requerimientos para un agua potable.

En el puente Ixtaczoquitlán, estación de muestreo situada antes de la presa Tuxpango, sobre el Río Blanco, los sólidos totales alcanzan una concentración de alrededor de 728 mg/L; de los sólidos totales, el 36% se encuentra en forma suspendida y el 64% en forma disuelta.

Del material suspendido, el 92% es material volátil; en tanto que del material disuelto, el 71% es material inorgánico. Es decir, los sólidos aportados a la presa por esta vía son en su mayor parte sales inorgánicas disueltas y en menor proporción materia orgánica; esta última se encuentra en su mayor parte en forma suspendida.

Si se considera el manantial Ojo de Agua como estación de referencia, los sólidos del agua en la Estación Puente Ixtaczoquitlán se incrementan en un 60%. Dicho aumento se debe a los sólidos que arrastra el río, producto de la erosión del lecho tanto del cauce principal como de sus afluentes, a los sólidos aportados por la erosión del suelo en la cuenca y a los vertidos por las descargas municipales e industriales.

Los sólidos que mayores incrementos presentaron fueron los suspendidos volátiles, es decir, materia orgánica. Esto hace pensar que son las descargas tanto municipales como industriales las que tienen una mayor incidencia sobre el aporte de sólidos al cauce.

Es de hacer notar que parte de los sólidos totales arrastrados por el agua sedimentan en la pequeña presa que abastece a la hidroeléctrica de Ixtaczoquitlán, por lo que llega un porcentaje menor a la presa Tuxpango. Esta disminución probablemente no es muy alta debido a las reducidas dimensiones de la presa, que no permite tiempos de residencia altos para el gasto que se presenta.

En lo que corresponde al arroyo Escamela, este aporta a la presa 1 401 mg/L de sólidos totales, de los que el 75% es material disuelto y el 25% suspendido. Del material total, aproximadamente el 60% es material inorgánico disuelto y el 40% material volátil. Este último se encuentra en un 90% en forma suspendida; situación que se asemeja al aporte de sólidos que llegan a la presa vía el río Blanco, en lo que se refiere a la forma, no así a la concentración, que en este caso es mucho mayor.

Tomando en cuenta el manantial Ojo de Agua nuevamente como punto de referencia, los sólidos totales en el arroyo Escamela, antes de entrar a la presa, se incrementan en un 460%. Estos datos son indicativos de una fuerte contaminación en esta zona, sobre todo si se considera que desde el nacimiento del Río Blanco hasta el puente Ixtaczoquitlán se tienen aproximadamente 50 km, en el transcurso de los cuales vierten numerosas poblaciones e industrias, como fue mencionado en párrafos anteriores.

El arroyo Escamela, en tan sólo 5 km, presenta un incremento de sólidos de un 460%, recibiendo únicamente las descargas de 8 industrias y una municipal (de Ixtaczoquitlán); las cuales, desde el punto de vista administrativo, deberían ser fáciles de controlar; de lograrse lo anterior implicaría reducir en forma importante el aporte de sólidos totales a la Presa Tuxpango (del orden de un 40 a un 50%).

Las descargas que parecen tener mayor influencia son las correspondientes a Kimberly Clark y a Fermentaciones Mexicanas. S. A., ambas empresas se han incorporado

actualmente al fideicomiso para el tratamiento de aguas residuales del área, por lo que este problema deberá disminuir en breve.

Haciendo un balance de sólidos para ambos influentes, a la presa llegan aproximadamente 920 mg/L de sólidos totales (722 ton/d); de los cuales, el 56% son aportados por el Río Blanco y el 44% provienen del arroyo Escamela; es decir que el aporte de sólidos de ambas corrientes es similar, pese a que el Río Blanco presenta un caudal 60% mayor que el conducido por el arroyo Escamela. De los sólidos totales que llegan a la presa, 47% es material volátil (orgánico) y el 53% es inorgánico. El 60% de la materia orgánica llega en forma suspendida, en tanto que la materia inorgánica llega en un 95% en forma disuelta.

Ya dentro de la presa, los sólidos totales presentan una concentración promedio de 562 mg/L, lo que indica una disminución de sólidos del 39%, en relación al balance de los influentes.

Considerando el balance de sólidos que entra a la presa y el promedio aritmético de los sólidos dentro de la misma\*, los sólidos suspendidos totales descienden un 27% (8% en relación a los STT) mientras que los disueltos lo hacen un 44% (33% en relación a los STT). Los sólidos totales volátiles disminuyen un 57%, los suspendidos volátiles lo hacen en un 50% y los sólidos disueltos volátiles decrecen en un 66%. En cuanto a los sólidos totales fijos, disminuyen en un 23%.

---

\* NOTA.-

Los promedios ponderados, con respecto al volumen, para los parámetros con mayor variación, no presentaron diferencias superiores a un 10% con respecto a los promedios aritméticos, por lo que no se consideró necesario realizar mayores cálculos.

---

Los datos anteriores son indicativos de lo siguiente:

- Prácticamente todo el material fijo (inorgánico) se encuentra en forma disuelta.
- El material orgánico se encuentra en un 40% en forma disuelta y en un 60% en forma suspendida.
- En el sistema se presenta una remoción alta de material disuelto (44%). Del material removido aproximadamente el 41% es de naturaleza orgánica y el 59% corresponde a sales o compuestos similares.

Es lógico pensar que la materia orgánica disuelta que se remueve (66%) es consumida por los organismos que se desarrollan en el sistema debido a que es la más susceptible de ser incorporada al metabolismo. Esta consideración es congruente con la carga tan alta de mesófilicos aerobios encontrados en la presa ( $206 \times 10^4$  mo/ml\*).

El mecanismo por el cual la materia fija disuelta pudiera ser removida podría ser un proceso de coagulación-floculación o precipitación que se presentara en forma natural, aunque realmente no se tiene ninguna evidencia al respecto en el presente trabajo.

- De los sólidos suspendidos que se remueven (27%), la mayor parte de ellos corresponden a sólidos suspendidos volátiles; puede pensarse entonces que el principal mecanismo de remoción de esta forma de materia orgánica (suspendida) es la sedimentación.

Si se considera que los sólidos totales volátiles se remueven en un 57%; y

---

\* mo/ml.- Microorganismos/ mililitro

que aproximadamente el 26% se elimina a través de la biodegradación, entonces el 31% restante del material orgánico debe removerse por el mecanismo de sedimentación, lo cual coincide con el mecanismo dominante propuesto.

Considerando el cálculo de la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables (45%), suponiendo una densidad de estos sólidos de  $1.3 \text{ g/cm}^3$  y un porcentaje de materia orgánica de 3%, (datos iguales a los presentados por los sedimentos de la presa) se obtiene que el material volátil que pudiera ser eliminado por sedimentación es de alrededor del 22%. Dato cercano al valor obtenido en la discusión precedente (31%).

La diferencia presentada entre los resultados de estas dos estimaciones es aceptable dado el grueso de los cálculos realizados. No debe olvidarse que la calidad del agua que fluye a través de la presa varía a través del día y el año, al igual que el caudal de los influentes; debido a que las muestras fueron puntuales no reflejan dichas variaciones, por lo que los resultados sólo dan idea del ámbito en el que oscila el sistema.

El mecanismo de sedimentación explica la remoción de la demanda química de oxígeno registrada, que fue del 70%; porcentaje que no puede ser atribuido sólo a la biodegradación; ya que la relación DBO/DQO indica que tan sólo el 32% de la DQO es biodegradable; además, de la  $\text{DBO}_5$  que ingresa sólo se remueve cerca del 67%. Lo anterior implica que únicamente alrededor del 20% de la DQO se elimina por biodegradación. Por lo tanto, necesariamente interviene otro mecanismo de remoción.

---

En cuanto a la naturaleza de la materia orgánica presente, por sus características de sedimentación y su baja biodegradabilidad, podría tratarse de residuos de alguna fermentación agotada, de ácidos húmicos o fúlvicos, lignina, colorantes textiles, etc.

En la estación Puente Tuxpango, localizada a la salida de la presa, los sólidos que se registran son ligeramente más altos que los encontrados en la presa, lo cual se debe posiblemente al arrastre de sedimentos que la succión de agua provoca; además, en esta estación el flujo varía de acuerdo a las necesidades de la hidroeléctrica, lo que genera mayores oscilaciones. Por esta razón, los cálculos para estimar la eficiencia de remoción de sólidos en cualquiera de sus formas, presentados en los párrafos anteriores, se realizaron con el promedio aritmético de los sólidos en las nueve estaciones de muestreo; y no haciendo un balance de masa en la presa.

En cuanto a la distribución de sólidos en la presa, las concentraciones de sólidos totales son más altas en las zonas donde se presenta mayor turbulencia (salida del flujo para la hidroeléctrica, cerca de la cortina de la presa) y en las áreas de mayor influencia del Arroyo Escamela. Los datos de los sólidos registrados en la presa se presentan en la Figura 5.21.

Desde el punto de vista de la ingeniería ambiental, los resultados obtenidos muestran que la sola instalación de sistemas de tratamiento primario permitirían una mejoría importante en la calidad del agua, evitando problemas al ecosistema.

**OJO DE AGUA**

S.SED	0	mL/L
STT	250	mg/L
STV	42	mg/L
SST	4	mg/L
SSV	0	mg/L

S.SED	3.5
STT	538
STV	171
SST	246
SSV	142

S.SED	2.5
STT	470
STV	288
SST	212
SSV	175

S.SED	4.5 mL/L
STT	661 mg/L
STV	199 mg/L
SST	218 mg/L
SSV	87 mg/L

**ARROYO ESCAMELA**

S.SED	7.0	mL/L	1 572 m <sup>3</sup> /día
STT	1401	mg/L	315 ton/día
STV	573	mg/L	129 ton/día
SST	345	mg/L	77 ton/día
SSV	310	mg/L	70 ton/día

	BALANCE DE ENTRADA	PROMEDIO DE LA PRESA	CARGA
S.SED	6.2	2.87 mL/L	4 099 m <sup>3</sup> /día
STT	920	662 mg/L	722 ton/día
STV	432.3	187 mg/L	340 ton/día
SST	246.8	207 mg/L	223 ton/día
SSV	260	129 mg/L	204 ton/día

**PUENTE IXTACZOQUITLAN**

S.SED	4.6	mL/L	2 827 m <sup>3</sup> /día
STT	728	mg/L	407 ton/día
STV	378	mg/L	211 ton/día
SST	261	mg/L	148 ton/día
SSV	240	mg/L	154 ton/día

FLUJO →

S.SED	3.0
STT	513
STV	160
SST	176
SSV	141

S.SED	2.5
STT	499
STV	169
SST	207
SSV	148

S.SED	3.5 mL/L
STT	750 mg/L
STV	224 mg/L
SST	203 mg/L
SSV	128 mg/L

S.SED	0.8
STT	467
STV	187
SST	150
SSV	133

S.SED	2.5
STT	713
STV	167
SST	269
SSV	102

S.SED	3.0 mL/L
STT	448 mg/L
STV	117 mg/L
SST	185 mg/L
SSV	109 mg/L

FLUJO INTERMITENTE (SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA DE LA PRESA

FLUJO →



HIDROELECTRICA TUXPANGO

FLUJO →

**PUENTE TUXPANGO**

S.SED	3.0	mL/L
STT	602	mg/L
STV	258	mg/L
SST	256	mg/L
SSV	241	mg/L

**FIGURA 5.21 DISTRIBUCION DE LOS SOLIDOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO.**



#### 5.2.1.4 Nutrientes

En la estación Ojo de Agua, la materia orgánica registrada fue muy baja (16 mg/L medida como DQO), en tanto que como DBO<sub>5</sub> no presentó valor alguno. No se detectaron concentraciones de nitrógeno ni de fósforo, lo cual es indicativo de la alta calidad del agua en este manantial.

En el Puente Ixtaczoquitlán, la materia orgánica se incrementa notablemente (1500%), con respecto a la encontrada en el manantial Ojo de Agua; no obstante que las concentraciones registradas, tanto de DQO como de DBO<sub>5</sub>, corresponden a un agua residual con una carga contaminante baja, el incremento del material orgánico que se presenta es significativo, considerando la alta calidad del agua en el nacimiento del río y las condiciones turbulentas que se presentan en el cauce.

En el arroyo Escamela, la materia orgánica medida como DQO fue un 4 500% superior a la encontrada en la Estación Ojo de Agua. Por otra parte, la relación DBO/DQO fue de 0.37, lo que indica que del total de materia orgánica sólo el 37% es de naturaleza biodegradable. La concentración de nitrógeno fue 9.6 mg/L y la del fósforo 0.2 mg/L. La calidad de esta agua es similar a la de un agua residual industrial de carga media. Es de hacer notar que, en forma contraria a lo encontrado con los sólidos, en este caso el arroyo Escamela tiene un aporte mayor de materia orgánica, medida tanto como DQO como DBO, comparada con la que llega a través del Río Blanco a la presa Tuxpango; fenómeno mismo que sucede con los otros nutrientes (nitrógeno y fósforo).

De acuerdo con los datos registrados en la clasificación de cuencas de acuerdo a la magnitud de DBO<sup>28</sup>, la materia orgánica de origen municipal representa el 6.6% de la materia orgánica industrial que es vertida en la cuenca; de esta forma, si en la zona alta se genera una carga orgánica de origen municipal de 20, 923 Kg DBO<sub>5</sub>/día consecuentemente la carga orgánica industrial sería del orden de 317 015 Kg DBO<sub>5</sub>/día,

es decir en la cuenca están siendo vertidas alrededor de 338 000 Kg DBO<sub>5</sub>/día. Si a la entrada de la presa Tuxpango llegan 33 696 Kg DBO<sub>5</sub>/día, y por el arroyo Escamela llegan 60,053 Kg DBO<sub>5</sub>/día, entonces en el cauce se remueve alrededor del 70% de la materia orgánica biodegradable. Estos datos indican una gran capacidad de autopurificación del río debido al régimen turbulento que presenta.

Haciendo el balance de ambos influentes, la materia orgánica medida como DQO, que es aportada a la presa asciende a 277,648 Kg/día; y medida como DBO<sub>5</sub> es de 94,349 Kg/día; el aporte de nitrógeno fue de 3,728 Kg/día; en tanto que el del fósforo fue de 1,168 Kg/día. Estas características pueden ser consideradas similares a la carga de un agua residual doméstica.

No obstante lo anterior, al realizar un balance entre la materia orgánica que entra y aquella que se encuentra en el agua de la presa, la eficiencia de remoción de DQO en este cuerpo de agua es del 70%, mientras que para la DBO<sub>5</sub> es de 67 % y la de nitrógeno de 57%.

Por otra parte, considerando los parámetros anteriores como nutrientes, se sabe que para un sistema aerobio o facultativo la relación óptima DBO:N:P para el desarrollo de los microorganismos saprófitos (consumidores de materia orgánica) es de 100:20:1; de acuerdo con esto, las concentraciones de nitrógeno y fósforo estarían limitando el crecimiento microbiano, ya que se tiene una relación de 100:7.8:0.34; lo cual probablemente limita la biodegradación de la materia orgánica en la presa. Sin embargo, las concentraciones de nutrientes son adecuadas para permitir el desarrollo de microorganismos; de forma tal que se encontró una carga alta de mesófilos aerobios y de anaerobios facultativos.

Los datos anteriores reflejan una buena eficiencia de remoción de materia orgánica en la presa, a pesar del desbalance de nutrientes y de la presencia de una gran cantidad de

zonas muertas que reducen el área activa de la presa. Estas dos situaciones adversas sugieren que se trata de un sistema muy ineficiente desde el punto de vista biológico; lo cual hace pensar, en consecuencia, que los mecanismos por los que la materia orgánica está siendo removida sean tanto la sedimentación, como la biodegradación; lo que resulta congruente con lo encontrado en el análisis de las diferentes formas de sólidos. Los valores registrados de los nutrientes aparecen en la Figura 5.22.

En la estación Puente Ixtaczoquitlán, las concentraciones de DQO y de DBO son ligeramente superiores a las encontradas en la presa, este fenómeno seguramente se debe a que, al extraer el agua para la hidroeléctrica, se produce suficiente turbulencia como para succionar sedimento del fondo.

En cuanto a la distribución de los nutrientes en la presa, resulta interesante observar que la DQO es más alta en las zonas muertas; en tanto que es menor en las zonas donde el flujo es continuo. El fenómeno contrario sucede con la DBO. Puede observarse también que la relación DBO/DQO se incrementa conforme avanza el flujo. Este comportamiento de la materia orgánica se debe a que en las zonas muertas existe un tiempo de contacto mayor con los microorganismos, de tal forma que buena parte del material biodegradable puede ser estabilizada; en tanto que en los sitios donde el agua fluye en forma continua, la degradación no se lleva a cabo en forma completa debido a que no se tiene el tiempo de contacto suficiente para ello; esto provoca que en las zonas donde se degrada la materia orgánica, la mayor proporción de material sea de naturaleza no biodegradable, el cual es registrado como DQO.

Otro factor que influye en dicha distribución es la influencia de la materia orgánica que llega a la presa vía el Río Blanco y que fue muestreada en el Puente Ixtaczoquitlán; como se mencionó anteriormente, la materia orgánica conducida por el Río Blanco es estabilizada a lo largo de aproximadamente 50 km, esto hace que la materia remanente sea principalmente no biodegradable, por lo que se tiene una relación de DBO/DQO de 0.25.

Para el caso del arroyo Escamela, el material orgánico no ha tenido el tiempo suficiente de ser degradado, debido a que sólo ha tenido 5 km de recorrido; por lo que al llegar a la presa presenta una concentración de materia orgánica alta (270 mg DBO<sub>5</sub>/l); en consecuencia la relación de DBO/DQO debería ser alta también; sin embargo, debido a que la mayor parte de la materia orgánica en este arroyo es de origen industrial, la relación DBO/DQO que se presenta es tan sólo de 0.37. De dicha materia orgánica la mayor parte es generada por las industrias : "Cafés Finos", "Proquina", "Mexicana de Alcaloides", "Kimberly Clark", "Fermentaciones Mexicanas", "Beneficio de Café Niágara", Embotelladora "La Tropical" y en menor grado por el municipio de Ixtaczoquitlán.

De las empresas que vierten sus descargas al arroyo Escamela, Cafés Finos, Mexicana de Alcaloides y Beneficio de Café Niágara no cuentan con tratamiento de sus aguas; Proquina ha instalado una planta de tratamiento de lodos activados, Kimberly Clark ha instalado una planta de tratamiento con base en reactores anaerobios y lodos activados; al tiempo que se ha integrado junto con Fermentaciones Mexicanas, a la planta de tratamiento construida por el fideicomiso estatal-industrial, la cual fue inaugurada en forma parcial en febrero de 1994.

Esta planta tratará, en principio, 2 m<sup>3</sup>/seg con una carga orgánica promedio de 2000 a 3000 mg/L, trabajando con una eficiencia del 60%. En una segunda etapa será ampliada a 3 m<sup>3</sup>/seg y la eficiencia que se alcanzará será del 90%. Esto es, en la primera etapa se removerán de 200 a 300 ton DBO<sub>5</sub>/día y en la segunda 450 ton DBO<sub>5</sub>/día.

De acuerdo con los datos anteriores, la planta de tratamiento del fideicomiso industria-estado contribuirá a disminuir la problemática de materia orgánica biodegradable en el río Blanco; sin embargo, la acumulación de materia orgánica no biodegradable continuará ocurriendo (aunque en menor grado, debido a la materia no biodegradable que se separe en la planta de tratamiento por sedimentación) y por tanto el riesgo de que alguna sustancia pueda alcanzar concentraciones tóxicas persistirá.

Es necesario hacer algunas consideraciones con respecto a la eficiencia que puede alcanzar la planta de tratamiento. Primero, la planta de tratamiento del fideicomiso ha sido diseñada para tratar aguas con una carga orgánica alta, de naturaleza biodegradable, sin tomar en cuenta la potencial presencia de sustancias tóxicas provenientes de las descargas industriales. No tomar en cuenta este aspecto ha ocasionado que otras plantas de tratamiento del país que operan para complejos industriales tales como la de CIVAC (Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca) y EPCCA (Empresa para la Prevención y el Control de la Contaminación del Agua que opera en Lerma, Toluca) hayan presentado problemas para alcanzar la eficiencia para las que fueron diseñadas.

Actualmente, en ambos casos se han tenido que fijar condiciones particulares a cada empresa, de forma de obligar a las empresas a realizar un pretratamiento al agua, que asegure que el agua que llegue a las plantas no contenga sustancias tóxicas que impidan su operación.

Tendrá que seguirse una política similar, para el caso de la planta del Río Blanco si no se quieren tener problemas para alcanzar la eficiencia de diseño, lo que necesariamente tendrá que llevar a que las industrias que vierten este tipo de sustancias realicen un pretratamiento de sus aguas.

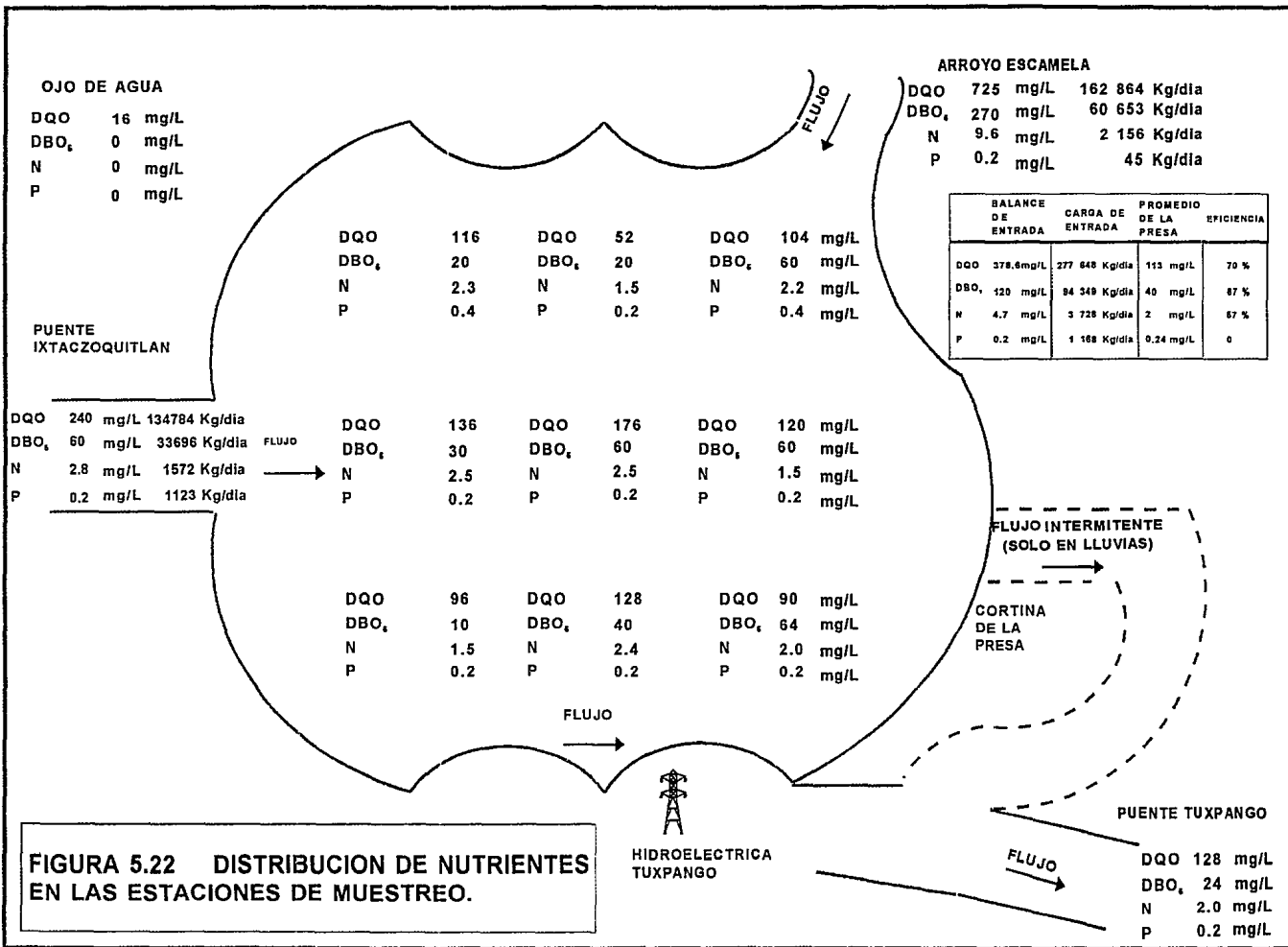
El segundo aspecto corresponde a las sustancias recalcitrantes o no biodegradables. Como se mencionó, la planta de tratamiento fue construida para eliminar solamente la materia biodegradable presente en el agua, lo que significa que la materia no biodegradable pasará a través de ella y será vertida al ambiente sin modificación.

En el caso del Río Blanco, se tiene un cuerpo lótico en el que las sustancias son arrastradas continuamente, por lo que su acumulación se puede llevar a cabo sólo en sitios específicos, como serían las presas o en la zona baja donde la velocidad y turbulencia del agua es menor.

---

De acuerdo con los datos del estudio realizado por SEDUE en 1990, la relación  $DBO_5/DQO$  es elevada en la zona alta, pero senciblemente menor en la zona baja; lo que indica que la materia orgánica degradable es asimilada por el río, pero la materia no biodegradable está siendo acumulada.

Por otra parte, los resultados de sólidos, materia orgánica y metales pesados registrados en el presente estudio demuestran que realmente se está acumulando material en los sedimentos de la presa; aun cuando todavía no se hayan rebasado los niveles que marca la normatividad para considerar a los sedimentos como peligrosos, el riesgo de que se alcancen persiste, en tanto continué la acumulación de materiales. Por otra parte, como se verá más adelante, el extracto soluble de los sedimentos registró toxicidad en semillas de lechuga.



### 5.2.1.5 Otros Parámetros Físicoquímicos.

En la estación de referencia Ojo de Agua se registraron 2.3 mg/L de grasas y aceites y 116.8 mg/L de Dureza, expresada como  $\text{CaCO}_3$ , lo cual implica que se trata de agua un poco dura; no se detectaron ni fenoles, ni detergentes.

En el puente Ixtaczoquitlán, las grasas y aceites se incrementan en un 500%. A pesar de ello no alcanzan valores que puedan ser considerados altos. En la presa, las grasas y aceites disminuyen a casi los niveles de la estación de referencia (3.74 mg/L) para luego elevarse con respecto a la estación Ojo de Agua, en un 171% en el Puente Tuxpango, lo cual indica que la hidroeléctrica produce un aporte importante de grasas y aceites.

La dureza se incrementa 240% en el Puente Ixtaczoquitlán en relación a la estación de referencia y en un 204 % en el arroyo Escamela, disminuyendo ligeramente en la presa. Estas variaciones hacen que el agua se considere como dura, lo cual puede hacer que algunas de las sustancias presentes resulten potencialmente tóxicas a menores concentraciones.

Por otra parte, este incremento en la dureza puede estar inducido por el arrastre del material del lecho del río, en el cual abundan las sales de calcio y magnesio.

Los fenoles en el puente Ixtaczoquitlán presentaron una concentración de 0.043 mg/L, en el arroyo Escamela de 0.08 mg/L. En la presa, el promedio es de 0.03 mg/L, sin que se observe estratificación. A la salida de la presa, en el puente Tuxpango, los fenoles alcanzan valores de 0.071 mg/L, lo cual indica que la hidroeléctrica tiene un cierto aporte de fenoles.



---

El criterio ecológico para proteger la vida acuática es de 0.1 mg/L de fenol, valor que no es rebasado en ninguno de los puntos, aunque la concentración registrada en el arroyo Escamela prácticamente alcanza el valor límite. Si se considera que los fenoles son biodegradables, podrían en algún punto, río arriba, sobrepasar dicho criterio.

En lo que se refiere a las sustancias activas al azul de metileno (detergentes,) no se registró concentración alguna de estos compuestos, a pesar de que en la zona alta habitan alrededor de 450,500 personas, quienes seguramente emplean dichas sustancias y por ende las vierten en sus aguas residuales. La importancia de la presencia de estas sustancias radica en que pueden solubilizar algunas sustancias de naturaleza tóxica, más que a la toxicidad intrínseca de las mismas. Su ausencia sólo puede ser explicada por la turbulencia del río, la cual puede eliminarlas por espumamiento.

Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos encontrados en la zona de estudio se muestran en la Figura 5.23.

**OJO DE AGUA**

G y A 2.3 mg/L  
 DUREZA 116.8 mg/L  
 FENOLES 0 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

**PUENTE  
 IXTACZOQUITLAN**

G y A 11.5 mg/L  
 DUREZA 281 mg/L  
 FENOLES 0.043 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

FLUJO →

G y A 5.88  
 DUREZA 216  
 FENOLES 0.036  
 SAAM 0

G y A 3.78  
 DUREZA 278  
 FENOLES 0.021  
 SAAM 0

G y A 2.8 mg/L  
 DUREZA 284 mg/L  
 FENOLES 0.035 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

G y A 3.42  
 DUREZA 293  
 FENOLES 0.014  
 SAAM 0

G y A 6.35  
 DUREZA 330  
 FENOLES 0.035  
 SAAM 0

G y A 2.7 mg/L  
 DUREZA 236 mg/L  
 FENOLES 0.047 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

G y A 1.2  
 DUREZA 264  
 FENOLES 0.007  
 SAAM 0

G y A 5.48  
 DUREZA 316  
 FENOLES 0.071  
 SAAM 0

G y A 2.1 mg/L  
 DUREZA 246 mg/L  
 FENOLES 0.007 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

FLUJO →



**HIDROELECTRICA  
 TUXPANGO**

**ARROYO ESCAMELA**

G y A 13.34 mg/L  
 DUREZA 238 mg/L  
 FENOLES 0.08 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

**PROMEDIO DE LA PRESA**

G y A	3.74	mg/L
DUREZA	274	mg/L
FENOLES	0.03	mg/L
SAAM	0	mg/L

FLUJO INTERMITENTE  
 (SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA  
 DE LA  
 PRESA

**PUENTE TUXPANGO**

G y A 6.41 mg/L  
 DUREZA 347 mg/L  
 FENOLES 0.071 mg/L  
 SAAM 0 mg/L

FLUJO →

**FIGURA 5.23 DISTRIBUCION DE  
 PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN LAS  
 ESTACIONES DE MUESTREO.**

### 5.2.1.6 Metales Pesados\*

En el manantial Ojo de agua se detectaron 3 metales: hierro, aluminio y sílice, lo que indica la presencia de estos tóxicos en forma natural; en tanto que en las aguas del río Blanco ya se detecta la presencia de siete compuestos: aluminio, cromo, hierro, magnesio, níquel, sílice y cianuros\*\*; de ellos, el aluminio, hierro, magnesio y sílice podrían tener un origen natural, presentando el sílice la concentración particularmente más alta. Por su parte el cromo, níquel y los cianuros seguramente son vertidos por la industria de fabricación y producción de cuero, piel y materiales sucedáneos, obtención y producción de productos de aserradero, edición de periódicos y revistas, fabricación de cemento hidráulico, fabricación de cal y de cemento tubo y poste.

Dentro de la presa, todas estas sustancias descienden de manera apreciable en el primer tercio y en la parte media, lo que indica que estas zonas tienen una capacidad de remoción importante.

En el último tercio de la presa, que es el que recibe las aguas del Arroyo Escamela, existe un importante aumento de cianuro y de níquel, lo que podría indicar que están siendo aportados por esta corriente en forma significativa. Sin embargo, la concentración de cianuro que aporta el Arroyo Escamela es inferior a la que llega a la presa vía el Río Blanco, lo cual hace difícil explicar este comportamiento, pudiendo ser un mecanismo de resuspensión de los sedimentos lo que estuviera provocando este efecto. Para el caso del hierro, el aporte realizado por el arroyo Escamela es muy alto, sin embargo no parece reflejarse en las concentraciones registradas en la presa.

---

\* Las concentraciones de metales pesados están expresadas en peso seco.

\*\* no es metal pesado

A la salida de la hidroeléctrica nuevamente se incrementan el cromo, el cianuro\* y el níquel, tal fenómeno puede ser producido por la resuspensión de material que ya había sedimentado dada la turbulencia que se provoca en la zona de extracción de agua para la hidroeléctrica. Los valores de las concentraciones de los metales se muestran en la Figura 5.24.

Con excepción del cianuro\*, ninguno de los metales detectados sobrepasa los criterios ecológicos de calidad del agua, ni la Norma Oficial Mexicana de Desechos Peligrosos; el aluminio sobrepasa la norma de salud para agua potable, aún desde el manantial Ojo de Agua

\* no es metal pesado

OJO DE AGUA

Cr 0.0  
 Ni 0.0  
 CN 0.0  
 Fe 0.836  
 Si 27.9  
 Al 1.498  
 Mg 0.0

PUENTE  
 IXTACZOQUITLAN

FLUJO  
 →

Cr 0.11  
 Ni 0.04  
 CN 0.08  
 Fe 0.01  
 Si 48.0  
 Al 0.05  
 Mg 12.37

Cr 0  
 Ni 0  
 CN 0  
 Fe 0.03  
 Si 30.0  
 Al 0.073  
 Mg 10.00

Cr 0.02  
 Ni 0.02  
 CN 0.08  
 Fe 0.015  
 Si 29.7  
 Al 0  
 Mg 10.00

Cr 0.01  
 Ni 0.09  
 CN 0.01  
 Fe 0.08  
 Si 30.0  
 Al 0  
 Mg 10.00

Cr 0.01  
 Ni 0.07  
 CN 0.203  
 Fe 0.025  
 Si 29.0  
 Al 0.092  
 Mg 10.00

Cr 0  
 Ni 0  
 CN 0.054  
 Fe 0.07  
 Si 31.6  
 Al 0  
 Mg 10.00

Cr 0  
 Ni 0  
 CN 0.093  
 Fe 0.15  
 Si 29.0  
 Al 0  
 Mg 10.00

Cr 0  
 Ni 0  
 CN 0.93  
 Fe 0.08  
 Si 29.5  
 Al 0.01  
 Mg 10.00

Cr 0  
 Ni 0.1  
 CN 0.95  
 Fe 0.06  
 Si 28.7  
 Al 0.095  
 Mg 10.00

Cr 0.01  
 Ni 0  
 CN 0.135  
 Fe 0.04  
 Si 30.0  
 Al 0  
 Mg 10.00

FLUJO  
 ↓

ARROYO ESCAMELA

Cr 0.0  
 Ni 0.011  
 CN 0.006  
 Fe 2.622  
 Si 48.0  
 Al 1.498  
 Mg 12.37

	PROMEDIO EN LA PRESA	CARGA PROMEDIO	
Cr	0.005	3.93	Kg/dfa
Ni	0.038	29.88	Kg/dfa
CN	0.173	136	Kg/dfa
Fe	0.06	47.17	Kg/dfa
Si	29.7	9 832.7	Kg/dfa
Al	0.03	23.59	Kg/dfa
Mg	10.00	786.24	Kg/dfa

FLUJO INTERMITENTE  
 (SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA  
 DE LA  
 PRESA

PUENTE TUXPANGO

FLUJO  
 →

Cr 0.35  
 Ni 0.03  
 CN 0.14  
 Fe 0.03  
 Si 23.4  
 Al 0  
 Mg 43.7



HIDROELECTRICA  
 TUXPANGO

FIGURA 5.24 METALES PESADOS  
 DETERMINADOS EN AGUA

### 5.2.1.7 Microorganismos

En la estación de referencia (Ojo de Agua) prácticamente no se encontraron microorganismos. Esto resulta lógico si se considera la ausencia de nutrientes necesarios para su desarrollo.

En el puente Ixtaczoquitlán, el río Blanco ya presenta una carga alta de microorganismos. De ellos, los que se encuentran en mayor abundancia son los mesofílicos aerobios. Lo anterior es lógico debido a la alta concentración de nutrientes, así como a la condición aerobia del río, ocasionada por la turbulencia. Otro grupo de organismos que también es abundante es el de los coliformes totales, cuya presencia se explica por el vertimiento de numerosas descargas de origen municipal, particularmente se tienen cercanas las descargas de Orizaba e Ixtaczoquitlán.

En el arroyo Escamela, la concentración de microorganismos es mucho mayor, lo cual obedece directamente a la carga orgánica que presenta este cuerpo de agua.

Ya dentro de la presa, la concentración de microorganismos disminuye en comparación con los organismos que llegan a la presa vía el Río Blanco y el arroyo Escamela; su concentración se distribuye de acuerdo al flujo, ya que las zonas donde se presenta una mayor carga microbiana son aquellas donde la influencia del arroyo Escamela es mayor. Este mismo patrón se observa en la materia orgánica contenida en los sedimentos; es decir, las zonas que tienen mayor flujo de agua son donde se acumula mayor cantidad de sedimentos y por tanto en dichos sitios abunda la materia orgánica, la cual es utilizada como alimento por los microorganismos, pudiendo estos últimos desarrollarse y prosperar en mayor número. El fenómeno contrario sucede en las zonas donde el flujo es menor.

---

En la presa, en promedio, la carga microbiana desciende en un 90 % para los mesofílicos aerobios, 98 % para los facultativos anaerobios, 75 % los hongos y 94 % los coliformes totales; situación que concuerda con la disminución de materia orgánica y temperatura en la presa.

No obstante, en el puente Tuxpango la concentración de microorganismos nuevamente se ve incrementada. Esto puede obedecer al flujo que sigue la corriente del arroyo Escamela, el cual tiene un menor tiempo de residencia debido a que la entrada del arroyo a la presa se encuentra muy cerca de la salida de la misma; al contener este flujo una gran cantidad de materia orgánica que no ha sido estabilizada, sustenta también una carga alta de microorganismos que salen en el efluente. Por otra parte, la succión de agua, como se mencionó ya en otros casos, provoca la resuspensión de sedimentos, lo que contribuye a incrementar la carga microbiana en el Puente Tuxpango. En la Figura 5.25 se pueden observar las cuentas de los microorganismos en el agua.

**OJO DE AGUA**

MES AER. 10  
 FAC AN 2  
 HONGOS 0  
 COL TOT 5

**PUENTE IXTACZOQUITLAN**

MES AER.  $1380 \times 10^4$   
 FAC AN  $5800 \times 10^2$   
 HONGOS 600  
 COL TOT  $240 \times 10^5$

MES AER.  $48 \times 10^4$   
 FAC AN  $115 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $9 \times 10^5$

MES AER.  $97 \times 10^4$   
 FAC AN  $72 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $9 \times 10^5$

MES AER.  $146 \times 10^4$   
 FAC AN  $87 \times 10^2$   
 HONGOS 10  
 COL TOT  $9 \times 10^5$

MES AER.  $19.8 \times 10^4$   
 FAC AN  $300 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $4.3 \times 10^5$

MES AER.  $38 \times 10^4$   
 FAC AN  $55 \times 10^2$   
 HONGOS 200  
 COL TOT  $24 \times 10^5$

MES AER.  $410 \times 10^4$   
 FAC AN  $50 \times 10^2$   
 HONGOS 400  
 COL TOT  $110 \times 10^5$

MES AER.  $323 \times 10^4$   
 FAC AN  $6000 \times 10^2$   
 HONGOS 200  
 COL TOT  $46 \times 10^5$

MES AER.  $497 \times 10^4$   
 FAC AN  $7300 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $24 \times 10^5$

MES AER.  $91 \times 10^4$   
 FAC AN  $1900 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $24 \times 10^5$

**ARROYO ESCAMELA**

MES AER.  $2950 \times 10^4$  HONGOS 500  
 FAC AN  $300,000 \times 10^2$  COL TOT  $1100 \times 10^5$

	BALANCE DE ENTRADA	PROMEDIO DE LA PRESA	UNIDADES
MES AER.	$1830 \times 10^4$	$208 \times 10^4$	M.O/mL
FAC AN	$9000 \times 10^2$	$1760 \times 10^2$	M.O/mL
HONGOS	571	145	UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS
COL TOT	$486 \times 10^5$	$28.8 \times 10^5$	NMP/100 mL

FLUJO INTERMITENTE (SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA DE LA PRESA

**PUENTE TUXPANGO**

MES AER.  $1270 \times 10^4$   
 FAC AN  $350000 \times 10^2$   
 HONGOS 100  
 COL TOT  $43 \times 10^5$

FLUJO



HIDROELECTRICA TUXPANGO

FLUJO

**FIGURA 5.25 MICROORGANISMOS DETERMINADOS EN AGUA**



## 5.2.2 ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

En el caso de los sedimentos, no pudieron obtenerse muestras de la zona alta, ya que la velocidad y la turbulencia del río no permiten que se acumule material en el lecho. El material que ahí se encuentra es originado por la erosión del agua contra el lecho y no materia sedimentada. Dado el carácter relativamente joven del cauce, el material separado aún es muy grueso, encontrándose en forma de arenas y grabas.

Los resultados del análisis de las muestras colectadas en la presa se presentan de la forma siguiente:

- Textura y Nutrientes
- Metales Pesados
- Microorganismos
- Pruebas de Toxicidad

### 5.2.2.1 Textura Y Nutrientes.

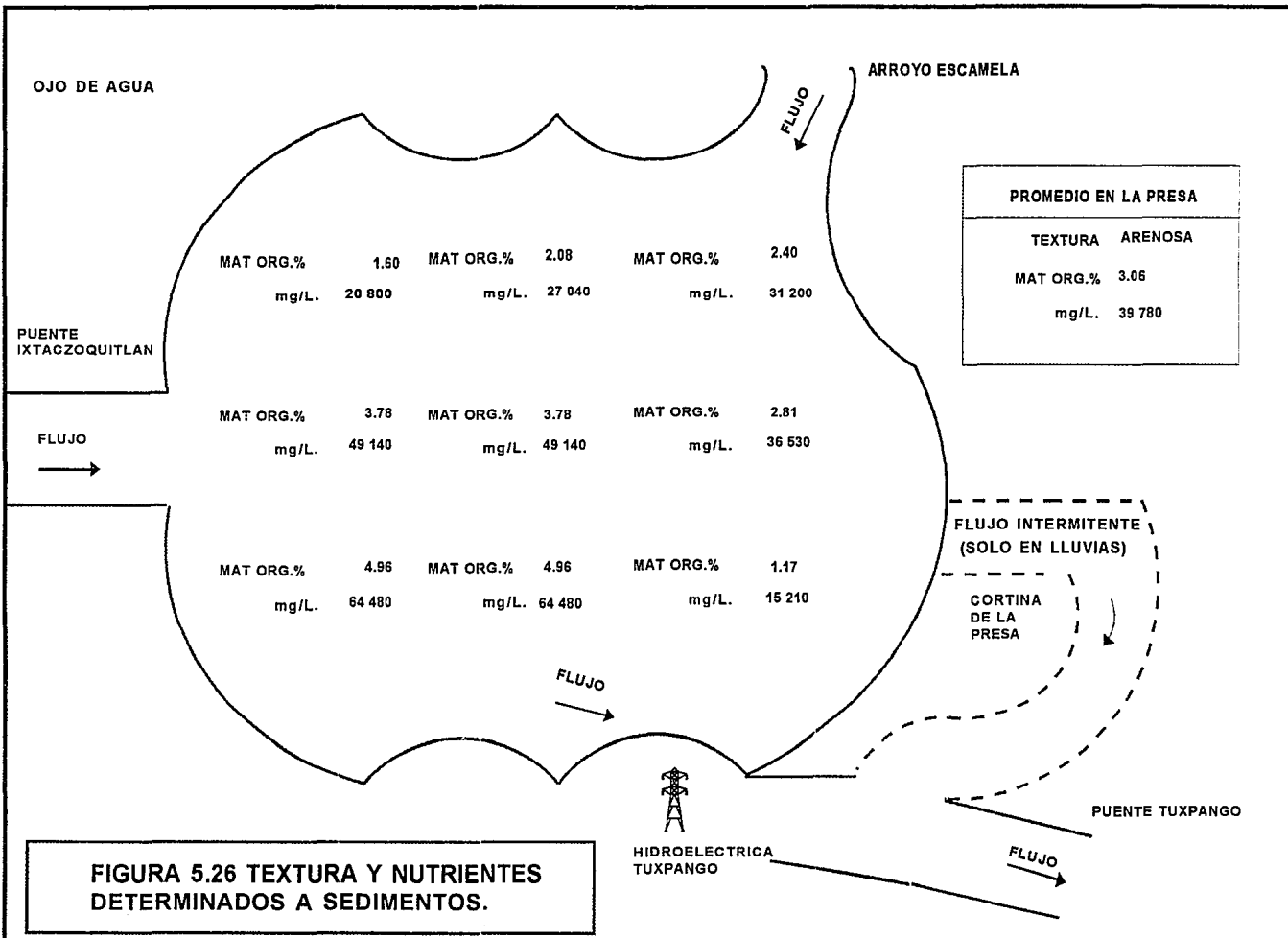
En todos los casos, la textura de los sedimentos fue arenosa; con un contenido medio de materia orgánica de 3.06%, un máximo de 4.96% y un mínimo de 1.17%. El contenido de fósforo osciló entre 0.1 y 0.3 mg/L.

Si se considera que en un suelo fértil la proporción de sus componentes es materia mineral 45%, material orgánico 5%, agua 25% y aire 25%, se puede ver que el contenido de materia orgánica de los sedimentos es alto; sobre todo porque aguas arriba de la presa no se tienen sedimentos propiamente, ni en aguas abajo, lo que indica que la materia orgánica presente es aquella que se separa del agua y se deposita en la presa.

Un cálculo poco usual, pero que permite establecer comparaciones entre los sedimentos y el agua de la presa, es transformar las unidades de peso en unidades de volumen; tomando como referencia que la densidad de los sedimentos fue  $1.3 \text{ g/cm}^3$ . De esta manera, se puede ver que la cantidad promedio de materia orgánica contenida en los sedimentos fue de  $39\,780 \text{ mg/L}$ , que es  $3.5 \times 10^4$  veces mayor que la encontrada en agua, lo cual indica una fuerte concentración de la materia orgánica en el sedimento de la presa.

En cuanto a la distribución de la materia orgánica en los sedimentos de la presa, parece seguir el patrón de flujo más frecuente; es decir, en las zonas muertas la materia orgánica es más baja y aumenta en las zonas donde el flujo es más regular; con excepción de la zona donde es extraída el agua para la hidroeléctrica, donde la materia orgánica es muy baja debido a que la turbulencia existente no permite que se acumule en los sedimentos. La distribución de la materia orgánica, la textura y las concentraciones de fósforo se observan en la Figura 5.26.

Haciendo un balance de los sólidos suspendidos se puede inferir lo siguiente: a la presa entran  $81\,787 \text{ ton/año}$  y salen  $73\,466 \text{ ton/año}$ ; es decir que la presa se azolva  $8\,320 \text{ ton/año}$ . Si se considera que la densidad de los sedimentos fue de  $1.3 \text{ ton/m}^3$ , lo anterior equivale a un volumen de  $6\,400 \text{ m}^3/\text{año}$ . Dado que el volumen de la presa es de  $500\,000 \text{ m}^3$ , entonces, de continuar con el mismo aporte y suponiendo que no se abren las compuertas totalmente, la presa se azolvará un 50% en aproximadamente 40 años, lo que ya ha ocurrido de forma importante. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que estos datos no son del todo precisos, que el caudal y la calidad del agua varían a través del día y el año, debido a que las descargas industriales son vertidas con calidades distintas y a que la precipitación pluvial oscila en forma importante durante el año. Por otra parte, las compuertas de la presa se abren con cierta regularidad para evitar que se desborde, permitiendo con ello la liberación de sedimentos de la presa. Una eliminación de sedimentos más frecuente ocurre durante la extracción diaria de agua para la Hidroeléctrica.



**FIGURA 5.26 TEXTURA Y NUTRIENTES DETERMINADOS A SEDIMENTOS.**

---

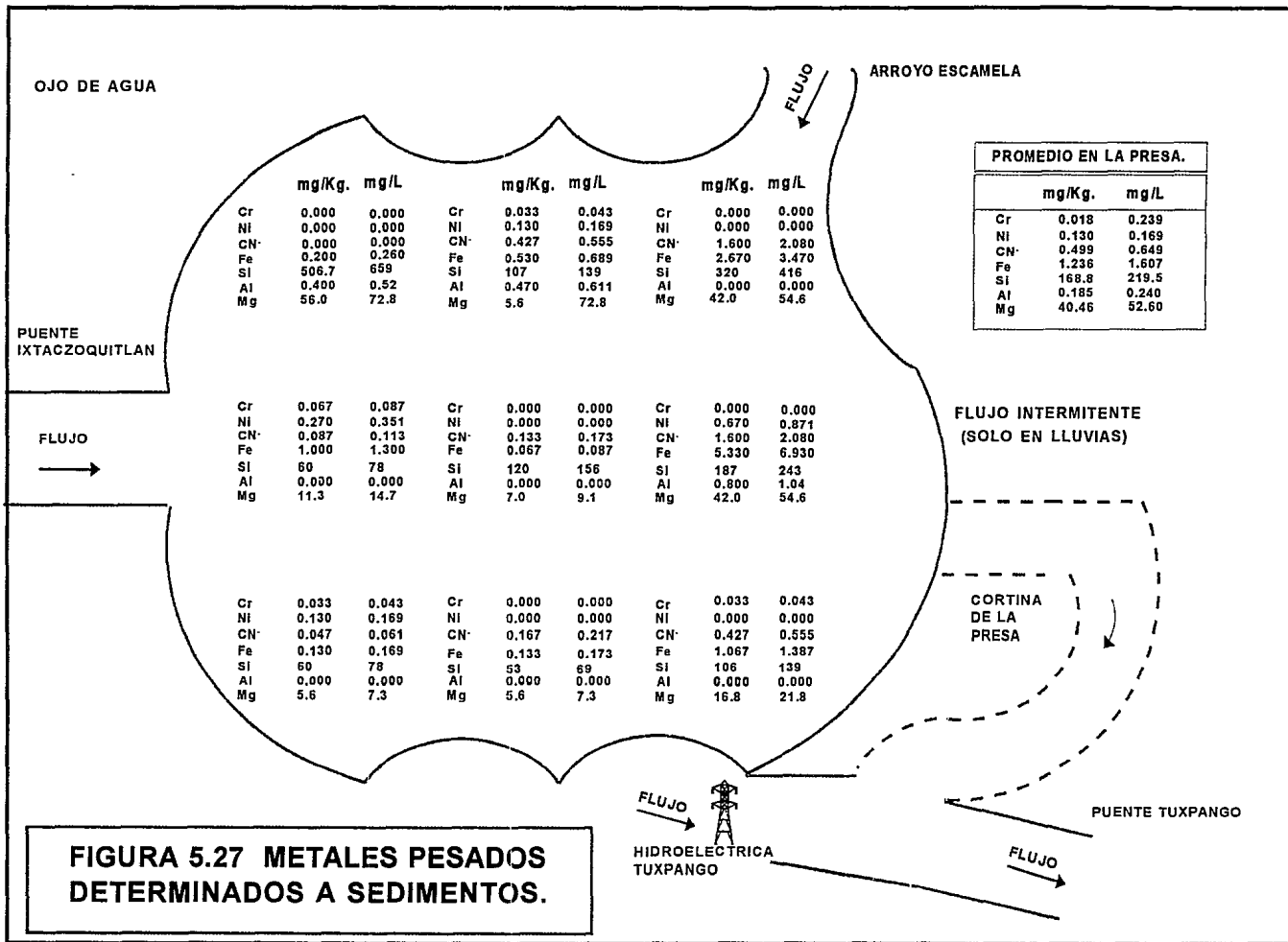
#### **5.2.2.2 Metales Pesados\***

Los sedimentos, como ya se indicó, fueron tomados de 9 puntos de la Presa Tuxpango; los resultados de los análisis de metales se muestran en la Figura 5.27 en forma individual, expresados tanto en peso, como en volumen.

El comportamiento de los metales en los sedimentos es similar al encontrado para las muestras de agua; es decir, existen menores concentraciones en el inicio de la presa, las cuales se incrementan conforme se mezcla el contenido de la presa con las aguas del arroyo Escamela.

Si bien, las concentraciones de metales pesados no rebasaron los límites indicados en la norma de residuos peligrosos, es evidente un incremento importante en relación a las encontradas en el agua, sobre todo para el caso del cianuro, cromo y níquel.

\* Las concentraciones de metales pesados están expresadas en peso seco.



**FIGURA 5.27 METALES PESADOS DETERMINADOS A SEDIMENTOS.**

### 5.2.2.3 Microorganismos

Al igual que para la discusión de las concentraciones de materia orgánica, aquí también fueron transformadas las unidades de medida con el propósito de establecer comparaciones entre los resultados obtenidos en agua y sedimentos. De dicha comparación, es claro observar el aumento en el número de los microorganismos estudiados en los sedimentos, en factores de  $2.04 \times 10^4$  para los mesofílicos aerobios,  $1.74 \times 10^3$  para facultativos anaerobios,  $7.68 \times 10^2$  para Hongos y  $1.24 \times 10^5$  para coliformes totales.

Es evidente que estos incrementos son el resultado del aumento en la concentración de materia orgánica. Resulta de particular interés resaltar que, a pesar del enorme incremento en la concentración de materia orgánica, sean los mesofílicos aerobios las poblaciones que continúen predominando en el sistema; esta situación seguramente se debe a la poca profundidad de la presa, que permite la difusión de oxígeno a través de la columna de agua.

No obstante, puede observarse que las mayores cuentas de mesofílicos aerobios se presentaron en las zonas por donde fluye el agua proveniente del Río Blanco; en contraste, en estos sitios se presentaron las menores cuentas de facultativos anaerobios.

El fenómeno contrario ocurre en los lugares por donde fluye el agua proveniente del arroyo Escamela; es decir, en esas áreas se presentaron las menores cuentas de mesofílicos aerobios y las mayores de facultativos anaerobios. Los hongos parecen seguir, aunque en menor grado, el mismo patrón de distribución que los facultativos anaerobios, a pesar de que su metabolismo es aerobio. Este patrón seguido por los hongos puede obedecer a dos factores. El primero corresponde al pH; los hongos suelen desarrollarse en forma óptima en los sitios donde el pH es ácido; en la presa, los pH más bajos se registraron donde se presentó una mayor concentración de materia orgánica y de organismos anaerobios facultativos; esto es indicativo de que el metabolismo que predomina en esas zonas es el

---

anaerobio, el cual produce ácidos orgánicos que bajan el pH. El segundo factor es la competencia, ya que en condiciones aunque sea ligeramente ácidas, los hongos están en posibilidades de competir con las bacterias por el sustrato; en tanto que en condiciones neutras o básicas, las bacterias son mucho más eficientes y desplazan a los hongos.

Los coliformes totales son el grupo que mayor incremento sufre; aunque hubiera resultado conveniente evaluar cuántos de ellos son coliformes fecales. La distribución de los microorganismos en los sedimentos se presenta en las Figuras 5.28 (en unidades de volumen) y 5.29 (en unidades de peso).

OJO DE AGUA

ARROYO ESCAMELA

PUENTE  
IXTACZOQUITLAN

FLUJO  
→

MES. AER.	$3.84 \times 10^{10}$	MES. AER.	$2.61 \times 10^{10}$	MES. AER.	$2.53 \times 10^{10}$
FAC AN	$625 \times 10^5$	FAC AN	$4\,531 \times 10^5$	FAC AN	$1\,625 \times 10^5$
HONGOS	39 062	HONGOS	10 156	FAC AN	39 062
COL TOT	$218.76 \times 10^7$	COL TOT	$3\,760 \times 10^7$	COL TOT	$1\,453 \times 10^7$

MES. AER.	$6.09 \times 10^{10}$	MES. AER.	$3.45 \times 10^{10}$	MES. AER.	$2.5 \times 10^{10}$
FAC AN	$297 \times 10^5$	FAC AN	$5\,312 \times 10^5$	FAC AN	$1\,015 \times 10^5$
HONGOS	54 687	HONGOS	93 750	HONGOS	10 937
COL TOT	$359 \times 10^7$	COL TOT	$7\,180 \times 10^7$	COL TOT	$671 \times 10^7$

MES. AER.	$6.09 \times 10^{10}$	MES. AER.	$0.9 \times 10^{10}$	MES. AER.	$1.4 \times 10^{10}$
FAC AN	$719 \times 10^5$	FAC AN	$6\,406 \times 10^5$	FAC AN	$719 \times 10^5$
HONGOS	7 812	HONGOS	468 750	HONGOS	46 875
COL TOT	$7\,187 \times 10^7$	COL TOT	$7\,187 \times 10^{10}$	COL TOT	$141 \times 10^7$

PROMEDIO DE LA PRESA		
MES. AER.	$3.26 \times 10^{10}$	M.O./100gr
FAC ANAER.	$2\,361 \times 10^5$	M.O./100gr
HONGOS	85 676	UFC/100 gr
COL TOT	$3\,127 \times 10^7$	NMP/100 gr

FLUJO INTERMITENTE  
(SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA DE LA PRESA

PUENTE TUXPANGO

FLUJO  
→



HIDROELECTRICA  
TUXPANGO

FLUJO  
→

**FIGURA 5.28 MICROORGANISMOS DETERMINADOS EN SEDIMENTOS**



OJO DE AGUA

ARROYO ESCAMELA

PUENTE  
IXTACZOQUITLAN

FLUJO  
→

MES. AER.	$4.99 \times 10^6$	MES. AER.	$3.39 \times 10^6$	MES. AER.	$3.29 \times 10^6$
FAC AN	$0.813 \times 10^6$	FAC AN	$5.892 \times 10^6$	FAC AN	$2.113 \times 10^6$
HONGOS	508	HONGOS	132	FAC AN	608
COL TOT	$284.5 \times 10^7$	COL TOT	$487.6 \times 10^7$	COL TOT	$1\ 899 \times 10^7$
MES. AER.	$7.92 \times 10^6$	MES. AER.	$4.49 \times 10^6$	MES. AER.	$3.25 \times 10^6$
FAC AN	$0.386 \times 10^6$	FAC AN	$6.907 \times 10^6$	FAC AN	$11.32 \times 10^6$
HONGOS	711	HONGOS	1\ 219	HONGOS	142
COL TOT	$467 \times 10^7$	COL TOT	$9\ 337 \times 10^7$	COL TOT	$872 \times 10^7$
MES. AER.	$7.92 \times 10^6$	MES. AER.	$1.16 \times 10^6$	MES. AER.	$1.82 \times 10^6$
FAC AN	$0.934 \times 10^6$	FAC AN	$8.33 \times 10^6$	FAC AN	$0.934 \times 10^6$
HONGOS	101	HONGOS	6\ 095	HONGOS	609
COL TOT	$9\ 340 \times 10^7$	COL TOT	$9\ 345 \times 10^7$	COL TOT	$183 \times 10^7$

PROMEDIO DE LA PRESA	
MES. AER.	$4.248 \times 10^6$ M.O./ml
FAC ANAER.	$3.07 \times 10^6$ M.O./ml
HONGOS	1\ 114 UFC/ml
COL TOT	$357.8 \times 10^7$ NMP/100 ml

FLUJO INTERMITENTE  
(SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA  
DE LA  
PRESA

PUENTE TUXPANGO

FLUJO  
→

MES. AER.



HIDROELECTRICA  
TUXPANGO

FLUJO  
→

**FIGURA 5.29 MICROORGANISMOS  
DETERMINADOS EN SEDIMENTOS II**

#### 5.2.2.4 Pruebas de Toxicidad

Como se describió en la metodología, se practicaron pruebas con *Daphnia magna*, lodos activados y semillas de lechuga.

##### A) Ensayos con *Daphnia magna*.

En estas pruebas no se encontró toxicidad aguda, aun cuando, al no presentarse mortalidad a las 48 h, las pruebas se continuaron hasta las 96 h. Los ensayos realizados con solución de dicromato muestran resultados similares a los citados en la bibliografía (Dutka 1992), por lo que no se puede pensar en que el cultivo utilizado tenga una mayor resistencia a los tóxicos.

##### B) Ensayos con Lodos Activados.

Al igual que en las pruebas llevadas a cabo con el agua de la presa, tampoco se registraron cambios en la respiración de los microorganismos en relación al control, de forma tal que puede afirmarse que no fue detectada toxicidad en el extracto realizado. Esta prueba indica también que la actividad microbiana para degradar materia orgánica no está siendo inhibida.

### C) Ensayos con Semillas de Lechuga.

En estas pruebas se encontró que el extracto crudo produce inhibición, con un valor del 50% en promedio, en la germinación de las semillas de lechuga; presentándose los porcentajes más altos de inhibición en las zonas de entrada de los influentes y en la salida de la presa.

En cuanto al crecimiento de las raíces, fue inhibido respecto al control en un 86.6% por el extracto crudo (100%); el hecho de que el porcentaje sea tan alto no deja la menor duda de que el extracto de los sedimentos produce una alteración en el desarrollo de las semillas.

La concentración efectiva media sobre la germinación de las semillas fue de alrededor del 95%; es decir, una solución con un contenido de extracto de sedimentos del 95% ocasionó que el 50% de las semillas de lechuga dejaran de germinar. En las estaciones 1, 6 y 7 soluciones con tan sólo el 30% de extracto produjeron inhibición en el 50% de la germinación de las semillas ensayadas, lo que nos indica una mayor toxicidad de estas aguas.

En lo que toca a la longitud de las raíces, los controles midieron 5.9 cm a los 5 días de iniciado el proceso de germinación de las semillas, mientras que aquellas que fueron puestas a germinar en soluciones conteniendo diversos porcentajes de extracto de sedimentos, permitieron calcular que el 0.5% de extracto de sedimentos inhibe el crecimiento en un 50%.

Estos datos son indicativos de la toxicidad ocasionada por los sedimentos. Los datos obtenidos en estos ensayos se presentan en las Figuras 5.30 a 5.34.

OJO DE AGUA

ARROYO ESCAMELA

PUENTE  
IXTACZOQUITLAN

FLUJO  
→

% INHIBICION GERMINACION 61  
% INHIBICION CRECIMIENTO 58

% INHIBICION GERMINACION 64  
% INHIBICION CRECIMIENTO 73

% INHIBICION GERMINACION 20  
% INHIBICION CRECIMIENTO -

% INHIBICION GERMINACION 46  
% INHIBICION CRECIMIENTO 94

% INHIBICION GERMINACION 45  
% INHIBICION CRECIMIENTO 96

% INHIBICION GERMINACION 67  
% INHIBICION CRECIMIENTO 95

% INHIBICION GERMINACION 57  
% INHIBICION CRECIMIENTO 95

% INHIBICION GERMINACION 46  
% INHIBICION CRECIMIENTO 90

% INHIBICION GERMINACION 44  
% INHIBICION CRECIMIENTO 92

% INHIBICION GERMINACION 50

% INHIBICION CRECIMIENTO 87

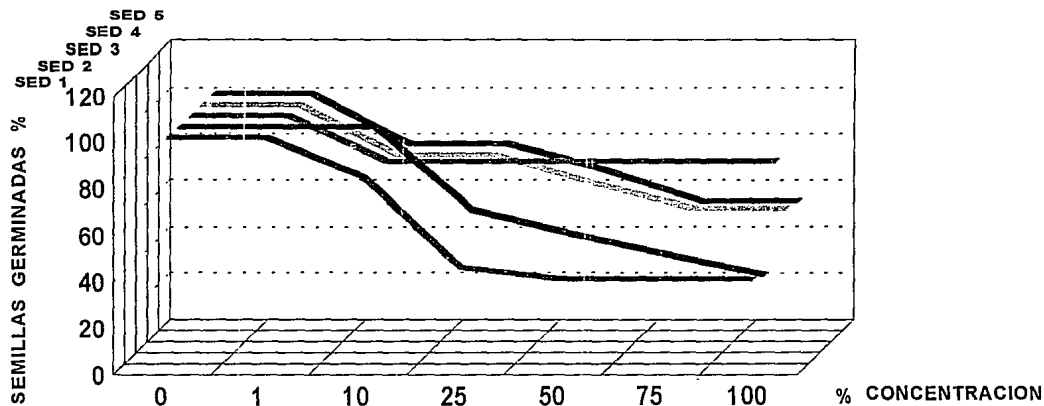
FLUJO INTERMITENTE  
(SOLO EN LLUVIAS)

CORTINA  
DE LA  
PRESA

PUENTE TUXPANGO

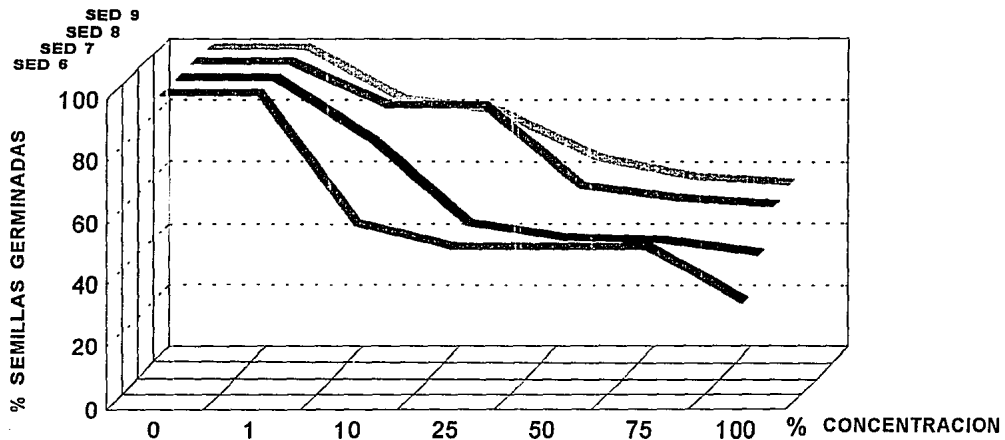
FLUJO  
HIDROELECTRICA  
TUXPANGO

**FIGURA 5.30 EFECTO DE LOS EXTRACTOS DE SEDIMENTOS EN LA GERMINACION Y CRECIMIENTO D SEMILLAS DE LECHUGA.**



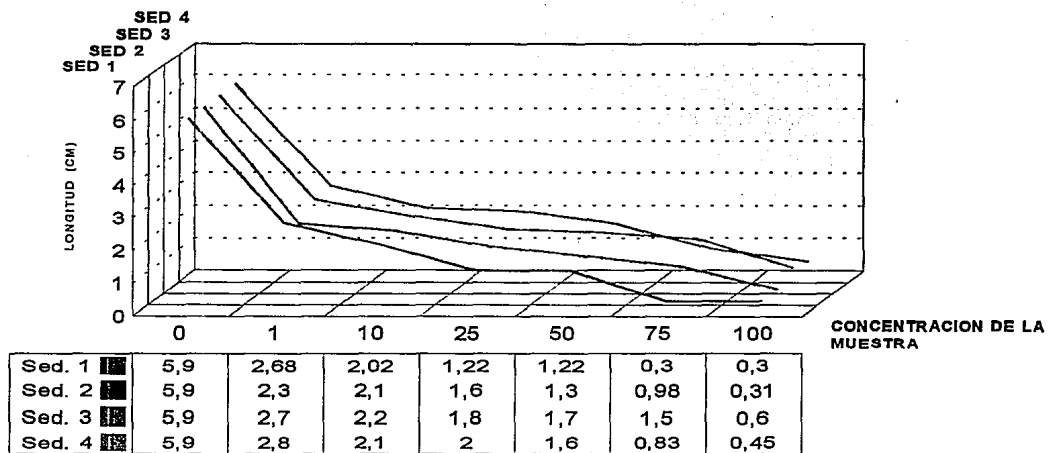
SED 1	100	100	83	44	39	39	39
SED 2	100	100	100	64	54	45	36
SED 3	100	100	80	80	80	80	80
SED 4	100	100	78	78	66	55	55
SED 5	100	100	78	78	67	53	53

FIGURA 5.31 SEMILLAS GERMINADAS DE ACUERDO A LA CONCENTRACION DE EXTRACTO DE SEDIMENTO.

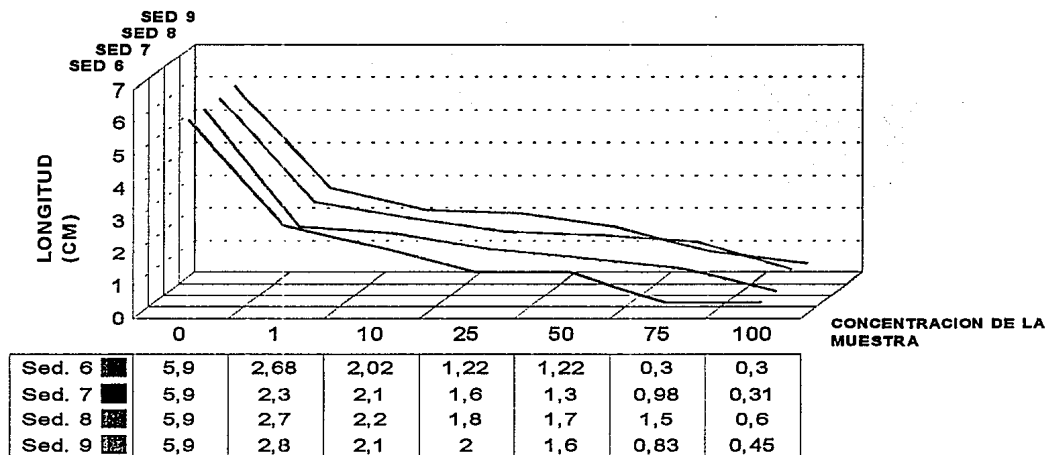


SED 6	100	100	58	50	50	50	33
SED 7	100	100	80	53	48	47	43
SED 8	100	100	86	86	60	56	54
SED 9	100	100	83	79	64	58	56

**FIGURA 5.32 SEMILLAS GERMINADAS DE ACUERDO A LA CONCENTRACION DE EXTRACTO DE SEDIMENTO**



**FIGURA 5.33** IHIBICION DEL CRECIMIENTO DE LAS RAICES DE ACUERDO A LA CONCENTRACION DE EXTRACTO DE SEDIMENTO.



**FIGURA 5.34** IHIBICION DEL CRECIMIENTO DE LAS RAICES DE ACUERDO A LA CONCENTRACION DE EXTRACTO DE SEDIMENTO.



## D) DISCUSIÓN DE LAS PRUEBAS DE TOXICIDAD

Los organismos presentan sensibilidades distintas a los tóxicos, dependiendo de la especie, edad, sexo y estado de salud. Con el propósito de evitar que los resultados se vieran influenciados por la edad se emplearon organismos de edades similares (en el caso de *Daphnia magna* se utilizaron organismos de 48 h de nacidos, los lodos activados fueron de un cultivo de laboratorio, en el cual, se controló el tiempo de residencia celular); para evitar los efectos del estado de salud se usaron organismos procedentes de cultivos controlados, de tal manera de asegurar que se habían desarrollado en condiciones óptimas y no habían sido afectados por ninguna enfermedad. En el caso de las semillas de lechuga, se empleó un lote donado por el gobierno de Canadá, el cual está garantizado para presentar al menos un 90% de germinación y por no haber sido nunca expuesto a tóxicos; de dicho lote se eligieron las semillas que visualmente no se veían dañadas .

De esta forma, la única variación en los resultados de los ensayos puede ser atribuida a la sensibilidad de los organismos por el tipo de especie. En este trabajo no se encontró toxicidad del extracto de sedimentos cuando se emplearon *Daphnia magna* y lodos activados, pero sí se presentó al utilizar semillas de lechuga.

Los niveles de toxicidad empleando semillas de lechuga en realidad fueron bastante altos, lo que indica que indudablemente existe algún factor que impide el desarrollo normal de este tipo de organismos en los sedimentos de la presa, principalmente en aquellos que se acumulan en las zonas cercanas a los influentes y del efluente. No obstante, este hecho no es motivo de alarma, es más bien un indicador de la necesidad de realizar estudios más profundos acerca del tipo de compuestos que están originando el problema. Es decir, la alteración que está sufriendo la germinación y el crecimiento de las semillas puede ser ocasionada por un compuesto de origen natural (sustancias alelopáticas), las cuales, son producidas y excretadas por otros organismos como una forma de competir con ventaja, fenómeno similar al que ocurre entre los hongos que excretan sustancias antibióticas para

evitar el desarrollo de bacterias; sin embargo, la alteración también puede ser ocasionada por alguna sustancia originada en la actividad antropogénica, lo que hace necesario profundizar acerca de la naturaleza de la o las sustancias que originan el problema.

En contraparte, el hecho de no encontrar toxicidad aguda con los otros organismos empleados (*Daphnia magna* y lodos activados) no es indicativo de que no sean afectados en lo absoluto; los resultados lo único que indican es que el extracto no contiene sustancias que les ocasione la muerte, lo cual no descarta la posibilidad de que el extracto de los sedimentos les pudiera estar induciendo algún cambio o alteración a nivel fisiológico; para evidenciar este tipo de efectos es necesario realizar pruebas de toxicidad subaguda y crónica.

En cualquiera de los casos, la única finalidad de las pruebas de toxicidad es mostrar los sitios donde se presentan factores que de alguna manera alteran el desarrollo de los organismos, evidenciando la necesidad de efectuar estudios más detallados en los sitios donde se obtienen resultados positivos. Dado que éste representa un primer estudio, el cual incluso ha sido planteado como exploratorio, no se contó al inicio del mismo con una batería de organismos más amplia, lo que hubiera permitido utilizar, entre otros, cepas específicamente sensibles a metales pesados, o bien a compuestos orgánicos, de manera de poder dejar un poco más clara la naturaleza de la sustancia que está originando problemas a las semillas.

Por otra parte, los resultados del estudio dejan muy clara la necesidad de evaluar la presencia de tóxicos mediante una batería de organismos, al tiempo que dejan ver la dificultad existente para su adecuada interpretación; así como la urgencia de establecer criterios que permitan una interpretación sistemática de los resultados.

Otra información básica que se requiere desarrollar es lo referente a los organismos que deben ser utilizados en las pruebas, dadas las condiciones específicas del país.

## **6. CONCLUSIONES.**

Más de 200 empresas vierten desechos tóxicos a la Cuenca del Río Blanco, en conjunto implican 90 compuestos clasificados por EPA como tóxicos prioritarios; por otra parte, en el sector agrícola se emplean en forma común 14 diferentes plaguicidas. Debido a que los efluentes de ambos sectores son vertidos sin tratamiento a los cuerpos de agua, las sustancias tóxicas contenidas en dichos efluentes indudablemente alcanzan el agua, contaminandola; lo cual representa un riesgo para la salud, las actividades económicas que se realizan en la zona y el ecosistema.

Debido a lo anterior, en el presente estudio se evaluó la presencia en agua y sedimentos de aquellas sustancias tóxicas con mayores probabilidades de ser vertidas (de acuerdo a los procesos industriales utilizados) y que además pudieran estarse acumulando en las zonas de menor turbulencia. Sin embargo, no se encontraron concentraciones altas de dichas sustancias, o al menos no mayores a las indicadas en los criterios ecológicos de calidad del agua publicados por SEDUE. En contraparte, se registró toxicidad en niveles significativamente altos con semillas de lechuga, no así con *Daphnia magna* y lodos activados. Esto es indicativo de varios aspectos: el primero se refiere a la necesidad de evaluar la problemática de la cuenca con estudios más profundos, en los que se preste especial atención en qué, dónde, como y cuando buscar las sustancias; de tal forma que puedan obtenerse resultados objetivos que expliquen el deterioro de la cuenca, la reducción de la productividad de la zona baja, así como las mortandades masivas de la fauna acuática cuando se abren las compuertas de la presa Tuxpango.

El segundo aspecto cuestiona la legislación relativa a las sustancias tóxicas, la cual se basa únicamente en los efectos de toxicidad aguda, sin considerar la acumulación, los efectos crónicos y los fenómenos sinérgicos de las mezclas; por lo que las sustancias pueden resultar tóxicas aun cuando se encuentren en concentraciones muy inferiores a las indicadas en la legislación.

---

De acuerdo con la investigación de gabinete realizada en el presente trabajo, se encontró lo siguiente con respecto a la problemática de contaminación en la cuenca del río Blanco :

- 1.- A la cuenca se vierten casi 94 000 m<sup>3</sup>/d de agua residual municipal, con una carga orgánica de 42.6 ton/ d. El 53% del agua residual municipal y el 50% de la carga orgánica es generada en la parte alta de la cuenca; De estos porcentajes corresponde el mayor aporte, a los municipios de Orizaba, Río Blanco, Camerino Z. Mendoza, Nogales e Ixtaczoquitlán. En la zona media se genera 37% del caudal total producido en la cuenca y 30% de la materia orgánica. Dicho gasto es producido en su mayor parte por los municipios de Córdoba, Fortín y Amatlán de los Reyes. En la parte baja, únicamente se genera el 10% del gasto total de aguas residuales municipales producidas en la cuenca y el 20% de la carga orgánica.
  
- 2.- De los giros industriales instalados en la cuenca, aquellos que tienen un mayor aporte de materia orgánica son Fabricación de azúcar, Elaboración de otros productos alimenticios para consumo humano (beneficio de café, matanza de ganado), Industria de las bebidas (destilados de uva, cerveza y malta; bebidas no alcohólicas), Industria del hilado, tejido y acabado de fibras blandas, Industria del cuero, pieles y sus productos (excepto calzado y prendas de vestir), Papel y productos de papel, Farmoquímica. Por razones geográficas la mayor parte de dichas industrias y de la población se encuentran concentradas en la zonas alta y media de la cuenca, por lo cual son las zonas donde se genera la mayor parte de la contaminación por materia orgánica.

No obstante lo anterior, la zona baja es la región que tiene un mayor riesgo de ser afectada ya que en esta área disminuye la turbulencia del río por lo que, la

materia orgánica oxidable por vía biológica y química tiende a acumularse, dado que la baja velocidad del agua permite que los sólidos en suspensión puedan sedimentar. Este hecho lógicamente incrementa la demanda de oxígeno. Por si fuera poco, la temperatura se eleva, circunstancia que se conjuga para disminuir la disponibilidad de oxígeno. Paradójicamente, de las tres zonas de la cuenca, la baja es la región que puede ser más productiva, ya que la calma de la corriente, la disponibilidad de nutrientes y la influencia marina permiten que se puedan desarrollar diversos organismos de importancia ecológica y comercial, siempre que disponga de oxígeno suficiente (más de 4 mg/L). Este nivel pudiera ser abatido en épocas calurosas o bien durante las noches.

- 3.- En la cuenca se han instalado alrededor de 700 empresas, de las cuales, de acuerdo a la información disponible sobre sus procesos productivos, 213 fábricas (pertenecientes a 37 giros industriales) potencialmente desechan sustancias tóxicas. En conjunto, teóricamente vierten 90 diferentes compuestos tóxicos prioritarios (entre los que destacan: compuestos halogenados, fenólicos, ftalatos, aromáticos monocíclicos, aromáticos policíclicos y metales pesados). El 48% de dichas empresas se ubican en la zona alta. En la zona media se ubican alrededor de 105 de tales empresas (49%). En contraste, la zona baja presenta únicamente 4 empresas que contaminan con sustancias tóxicas (0.02%). Por otra parte, es la zona baja la que presenta mayor riesgo de contaminación por plaguicidas y demás agroquímicos; de acuerdo al tipo de cultivos, son 14 plaguicidas los que se estarían empleando con mayor profusión.
- 4.- La mayor parte de las empresas no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y aquellas que las tienen, se limitan a remover sólidos sedimentables, grasas y aceites y, en el mejor de los casos, materia orgánica, pero ninguna de ellas está diseñada para eliminar sustancias tóxicas.

- 5.- La información anterior hizo patente que la mayor parte de los efluentes contaminantes se vierten en la zonas alta y media; siendo el mejor sitio para la detección de sustancias tóxicas cuyas propiedades permiten su acumulación es la Presa Tuxpango, debido a que es el cuerpo de agua léntico de mayores dimensiones en la cuenca; además capta un alto porcentaje de los efluentes industriales de la zona alta (con excepción de los de Córdoba y Fortín). En consecuencia, se decidió muestrear la presa Tuxpango a fin de conocer su estado, y de esta manera sondear la situación de la cuenca.

La evaluación de la calidad del agua y los sedimentos en la Presa Tuxpango arrojó los resultados siguientes:

- 6.- La materia orgánica, medida como DQO, que es aportada a la presa asciende a 277 648 Kg/día; y medida como DBO<sub>5</sub> es de 94 349 Kg/día; el aporte de nitrógeno fue de 3 728 Kg/día; en tanto que el del fósforo fue de 1 168 Kg/día. La carga orgánica es similar a la que normalmente se presenta en el agua residual doméstica.

La cantidad promedio de materia orgánica contenida en los sedimentos fue de 39 780 mg/L, que es  $3.5 \times 10^4$  veces mayor que la encontrada en el agua, lo cual indica una fuerte concentración de la materia orgánica en el sedimento de la presa.

A la presa Tuxpango llegan 722 ton/d de sólidos totales, 33% corresponden a sólidos fijos (material inorgánico), los cuales se encuentran en su mayor parte en forma disuelta. Los sólidos suspendidos volátiles (material orgánico) representan 67% de los sólidos totales, de este porcentaje un 40% se encuentra en forma

disuelta y un 60% en forma suspendida. El sistema presenta una remoción alta de material disuelto (44%), lo cual puede ocurrir por algún fenómeno natural de precipitación o coagulación-floculación, así como a la degradación biológica de compuestos orgánicos ya que del material removido aproximadamente el 41% es de naturaleza orgánica y el 59% corresponde a sales o compuestos similares.

De los sólidos suspendidos que se remueven (27%), la mayor parte corresponde a sólidos suspendidos volátiles; el análisis de las diferentes formas en que se encuentran los sólidos indicó que el principal mecanismo de remoción de esta forma de materia (orgánica) es la sedimentación; de acuerdo con lo anterior, puede decirse que existen dos vías principales de eliminación de materia orgánica, uno es la sedimentación y el otro es la biodegradación, cada uno elimina aproximadamente un 30%. Desde el punto de vista de la Ingeniería Ambiental, los resultados obtenidos muestran que la sola instalación de sistemas de tratamiento primario permitirían una mejoría importante en la calidad del agua (alrededor de un 30% menos materia orgánica), evitando con ello muchos problemas al ecosistema.

- 7.- Resultó claro el aumento, en relación a lo encontrado en el agua, del número de microorganismos presentes en los sedimentos; en factores de  $2.04 \times 10^4$  para los mesofílicos aerobios,  $1.74 \times 10^3$  para facultativos anaerobios,  $7.68 \times 10^2$  para Hongos y  $1.24 \times 10^5$  para coliformes totales. Esta situación es congruente con la mayor concentración de materia orgánica presente en los sedimentos.
- 8.- Aun cuando, las concentraciones de metales pesados en los sedimentos no rebasaron los límites indicados en la norma de residuos peligrosos, es evidente un incremento importante en relación a los niveles encontrados en el agua; sobre todo para el caso del cianuro, cromo y níquel.



En las pruebas de toxicidad con *Daphnia magna* y lodos activados no se detectó toxicidad; en tanto que con semillas de lechuga se encontró que el extracto crudo de sedimentos produce inhibición, con un valor del 50 % en promedio, en la germinación de las semillas de lechuga; presentándose los porcentajes más altos de inhibición en las zonas de entrada de los influentes y en la salida de la presa. El crecimiento de las raíces fue inhibido respecto al control en un 86.6 % por el mismo extracto. La concentración efectiva media sobre la germinación de las semillas fue de alrededor del 95 %. Todos estos datos no dejan la menor duda de que el extracto de los sedimentos produce una alteración en el desarrollo de las semillas de lechuga; entre otras cosas permiten inferir que es necesario tener cuidado para usar esta agua para el riego.

9.- De acuerdo con los resultados obtenidos en la información de gabinete, en la cuenca del río Blanco existen altas probabilidades de que sean vertidas diversas sustancias tóxicas en cantidades importantes. No obstante, los resultados del trabajo experimental no mostraron concentraciones elevadas de metales pesados (sustancias que conforme a la información sobre los procesos industriales deben ser vertidas por un alto porcentaje de las empresas); sin embargo, pudo observarse un incremento notable en las concentraciones de los metales en los sedimentos con respecto a lo encontrado en agua. Las pruebas de toxicidad no mostraron efectos nocivos del extracto de sedimentos para *Daphnia magna* y lodos activados; en contraste, para las semillas de lechuga el efecto fue muy severo. Es evidente el carácter contradictorio de estos resultados, lo cual puede deberse a lo siguiente:

- Es posible que las concentraciones de las sustancias tóxicas presentes (determinadas o no en este estudio) sean tan bajas que no alcancen los umbrales de toxicidad para los organismos de prueba y que el efecto registrado en las semillas de lechuga sea ocasionado por alguna sustancia de tipo alelopático.

- 
- Puede ocurrir también que las sustancias tóxicas presentes se encuentren en bajas concentraciones; pero que en conjunto tengan un efecto sinérgico que ocasione toxicidad a las semillas de lechuga y que *Daphnia magna* y los lodos activados sean organismos lo suficientemente resistentes para no presentar alteraciones agudas.
  - Por otra parte, es posible que las sustancias con tendencia a acumularse, con el tiempo puedan alcanzar niveles peligrosos, aun cuando en este momento no se detecten concentraciones altas.
  - También es posible que a pesar de la acumulación de sustancias en los sedimentos, no se alcancen niveles peligrosos en la presa Tuxpango, debido a la abrupta salida de grandes cantidades de sólidos de la presa cuando se abren las compuertas, lo que ocurre con mayor frecuencia durante la época de lluvias. Esta acción puede trasladar el problema generado en la zona alta a la zona baja de la cuenca.

Lo anterior hace necesarios estudios más profundos en la cuenca, que permitan aclarar las incógnitas anteriores; sobre todo si se considera la disminución constante de la fauna acuática en la zona baja y las grandes mortandades de peces registradas en las épocas en que se abren las compuertas de la Presa Tuxpango. En dichos estudios debe realizarse un análisis exhaustivo de la metodología a seguir con el propósito de poder detectar la magnitud y naturaleza del problema. Además deben incluir pruebas de toxicidad crónica, ya que el hecho de que el extracto de sedimentos no haya producido efectos agudos sobre algunos organismos no es indicativo de que no se puedan presentar efectos subagudos o crónicos, riesgo que es alto cuando se tienen mezclas de sustancias en concentraciones bajas.

En forma general, se puede concluir que, al momento de realizar el presente estudio, la cuenca era afectada principalmente por las descargas industriales

---

comprendidas en los municipios de Ciudad Mendoza, Nogales, Río Blanco, Orizaba e Ixtaczoquiltán; las cuales, al no recibir prácticamente ningún tratamiento, alteran fuertemente la calidad del agua del río Blanco en un tramo de sólo 20 Km de longitud.

Por otro lado, aunque las descargas de agua residual son grandes, tanto en gasto como en carga contaminante, su efecto se atenúa por la gran capacidad de asimilación que tiene el río; la cual, se debe a la gran turbulencia que presenta en las zonas alta y media. Lo anterior se confirma al aplicar la ecuación de Streeter y Phelps, de la que se obtiene una distancia crítica de 37 Km, partiendo de una DBO<sub>5</sub> inicial de 625 mg/L.

La presa Tuxpango está funcionando como una laguna de estabilización facultativa que remueve una parte importante de los contaminantes del agua. Dicha remoción es debida a la sedimentación en primer lugar, y en segundo a la biodegradación (aerobia en la columna de agua y anaerobia facultativa en los sedimentos). Con base en lo anterior, es lógico pensar que en los sedimentos se están acumulando tóxicos, tal como se demostró en el presente trabajo para el caso de metales pesados; de esta forma, cuando las compuertas de la presa se abren y el agua arrastra una gran cantidad de sedimentos, se produce una mortandad de los organismos río abajo.

En resumen, si se controlan las descargas de las poblaciones señaladas, el río recuperará rápidamente su calidad. Por otra parte, es recomendable que los sedimentos de la presa sean dragados de forma continua, de manera que pueda evitarse el daño que provocan a la productividad de la zona baja.

## **7. RECOMENDACIONES PARA UNA INVESTIGACIÓN FUTURA.**

Los resultados del presente estudio mostraron la necesidad de realizar estudios más profundos en la cuenca del Río Blanco relativos a la potencial presencia de sustancias tóxicas, por lo que sería recomendable considerar en dichos estudios lo siguiente:

- En cuanto al muestreo se tienen dos aspectos, el tipo de muestreo utilizado y los sitios elegidos para muestrear.

Los resultados del presente estudio fueron obtenidos a partir de muestras puntuales. Sin embargo, la calidad del agua y el caudal que llega a la presa varían a través del día, la semana y el año; conforme cambian, a su vez, las descargas tanto municipales como industriales; la precipitación pluvial también introduce gran variabilidad. Por lo tanto, los datos obtenidos no reflejan de manera precisa la serie de fenómenos que están ocurriendo en la presa y menos aún en la cuenca. Por tales motivos, es recomendable en trabajos posteriores realizar muestreos compuestos, al menos cada tres meses, con el propósito de detectar las variaciones más importantes que ocurren con los cambios de estación.

De acuerdo con la información del trabajo de gabinete, la presa Tuxpango resultó ser el sitio que presentaba mayores probabilidades de acumular tóxicos de origen industrial. Sin embargo, de acuerdo con los resultados del presente estudio, hubiera sido conveniente evaluar también los tóxicos que son retenidos en la presa que surte a la hidroeléctrica de Ixtaczoquitlán, con el propósito de conocer cuanto del material arrastrado por el río es retenido en esta zona.

Por otra parte, en el presente estudio se obtuvieron datos que sugieren la liberación en forma continua de sólidos del sedimento a través de la salida de agua hacia la hidroeléctrica; además se sabe que tales sólidos salen de la presa en mayor cantidad cuando se abren las compuertas para evitar algún desbordamiento. Esto sugiere que aguas abajo pudieran acumularse tóxicos; por lo que se hace conveniente ubicar un punto de muestreo

aguas abajo de la confluencia del río San José de Abajo; de manera que puedan captarse en forma adicional las descargas industriales provenientes de Córdoba, Fortín y los ingenios de la zona en un punto cercano al área de generación de los tóxicos.

Sería conveniente situar otro punto en la presa Camelpo con el fin de evaluar el agua que se envía para el riego. Finalmente, convendría determinar la calidad del agua en ambas ramas en que se divide el río Blanco aguas abajo, con el propósito de conocer las sustancias no biodegradables que se acumulan al final de la cuenca.

También valdría la pena incluir en el monitoreo las descargas de algunas empresas seleccionadas en función del gasto o por la cantidad de tóxicos que pueden verter. Entre tales empresas sería adecuado considerar a CIDOSA en todas sus unidades, FERMEX, Kimberly Clark, las compañías curtidoras, las compañías que obtienen productos de aserradero, las cementeras, las fabricantes de cal, cemento, tubo y poste; así como algunas descargas municipales, como son las de Orizaba, Camerino Z Mendoza, Fortín, Amatlán de los Reyes, Nogales, Huiloapan de Cuauhtémoc, Río Blanco, Ixtaczoquitlán y Córdoba.

- En lo que corresponde a los parámetros analizados en el presente estudio se midieron 9 metales pesados, fenoles, cianuros y SAAM; de estas sustancias se detectaron en la presa 7 metales, cianuros y fenoles. Sin embargo, en el estudio de gabinete se determinó que algunas otras sustancias tenían altas probabilidades de estar presentes como son el 1,1,2,2 tetracloroetano, hexaclorobenceno, di-n-butil-ftalato, así como algunos plaguicidas (volatón, sevín, paratión metílico, folimat, dimetoato, paraquat, 2,4 D, carbofurán, endosulfán, diazinon, aldicarb, diurón, antrazina), los cuales sería conveniente determinar en trabajos futuros.

También es necesario analizar un mayor espectro de metales pesados; ya que en este estudio, por razones técnicas, no se incluyeron plomo, mercurio, talio, antimonio, berilio, cadmio, plata, selenio y titanio que son metales tóxicos prioritarios.

Por otra parte, sería conveniente la determinación de algunos aniones como son  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y algunos cationes como el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  en agua y sedimentos, con el fin de tratar de dilucidar la naturaleza de las sustancias disueltas que están siendo removidas en la presa y los mecanismos implicados en el proceso.

En el presente estudio se determinó la concentración de materia orgánica en los sedimentos. Sin embargo, hubiera resultado de gran ayuda determinar que proporción de esa materia orgánica es biodegradable, de manera de tener una idea clara del tipo de materia que se está acumulando en el fondo de la presa.

Otra determinación en sedimentos que hubiera resultado de gran interés, es la de  $\text{H}_2\text{S}$ ; ya que este compuesto forma complejos muy insolubles con los metales pesados, lo cual hace que dichos metales no puedan interactuar con los organismos y por tanto no produzcan toxicidad. Desafortunadamente, esta determinación no fue realizada, e incluso se omitió la medición de pH.

- Las técnicas analíticas son uno de los puntos neurálgicos en este tipo de estudios. El primer aspecto lo constituyen los límites de detección en que serán analizadas las sustancias tóxicas; lo cual debe su importancia a que algunos tóxicos causan daños a los organismos en muy bajas concentraciones, incluso cuando están por debajo del límite de sensibilidad de los aparatos utilizados para cuantificarlas. Por lo tanto, es necesario contar con técnicas de concentración. De acuerdo con la técnica utilizada se pueden obtener resultados distintos, ya que es probable la pérdida de algunas sustancias presentes durante la

---

manipulación, lo cual constituye una razón que explica la diferencia entre los resultados de los diversos estudios realizados.

En el presente trabajo, las muestras fueron concentradas al 50% mediante evaporación a baja temperatura (50-60°C). No obstante, hubiera sido conveniente explorar una mayor concentración de las muestras, lo que tal vez hubiera permitido detectar algunos compuestos que no fueron encontrados.

Por otra parte, otro problema radica en establecer el nivel en que una sustancia debe ser buscada. La tendencia de las instituciones gubernamentales es trabajar al nivel que indican los criterios ecológicos de calidad del agua; pero la mayoría de los datos ahí incluidos están basados en la concentración a la cual se presentó toxicidad aguda en algún organismo dividida entre cien. Sin embargo, tales datos proporcionan, en realidad, una información lamentablemente pobre sobre el riesgo de las sustancias; puesto que pasan por alto fenómenos de gran importancia, como la toxicidad crónica, las interacciones sinérgicas y antagónicas, la recalcitrancia, la bioacumulación, etc.

Las instituciones educativas y de investigación usualmente trabajan buscando concentraciones mucho más bajas (ng/L); pero en este caso, la postura suele encontrarse en el otro extremo; ya que en muchas ocasiones la sola detección de las sustancias, aunque sea en niveles extremadamente bajos, es suficiente para que se especule en relación al riesgo que implica la presencia de esa sustancia en el medio ambiente.

De aquí surge la necesidad de desarrollar criterios más uniformes y objetivos que permitan evaluar la problemática desde un punto de vista justo y equilibrado. En este sentido, el desarrollo de pruebas de toxicidad perfectamente estandarizadas podría ser de gran utilidad en la resolución de este tipo de problemas.



Por todo lo anterior, resulta evidente que es necesario desarrollar una gran cantidad de información al respecto; entre otras cosas se requiere determinar los grupos de organismos y las condiciones de prueba adecuadas para evaluar el riesgo de la presencia de los tóxicos. Esto se debe a que los organismos presentan sensibilidades distintas a cada sustancia dependiendo de la especie, estado de salud, sexo, condiciones de prueba, edad, vía de administración, etc. Tal complejidad hace que, por una parte, se requiera que los organismos procedan de cultivos muy controlados y las pruebas se realicen bajo condiciones cuidadosamente preestablecidas; además, obliga a realizar los ensayos con varios grupos distintos de organismos, pertenecientes a diferentes niveles tróficos, ya que los resultados procedentes de un sólo tipo de ellos no es garantía de una evaluación acertada; como se observó en los resultados del presente trabajo.

Los organismos empleados en el presente estudio son los más utilizados en Estados Unidos y Canadá; sin embargo, es necesario investigar sobre los grupos que sería más adecuado usar en nuestro país; tomando en cuenta su sensibilidad a los tóxicos, su abundancia en el ambiente, su facilidad de manejo y reproducción, además de los tóxicos que tengan más posibilidades de ser vertidos; de forma tal que los resultados que se obtengan puedan reflejar lo que ocurre en los ecosistemas del país. No resulta muy adecuado evaluar sustancias tóxicas con organismos que pueden ser más o menos sensibles que aquellos que se desarrollan en nuestros ecosistemas; o que sus temperaturas de cultivo sean más bajas que las que prevalecen en nuestro medio, dado que se pudiera subestimar, en este último caso la acción de un tóxico.

En el presente estudio única y exclusivamente se trabajó utilizando ensayos de toxicidad aguda; no obstante, es necesario implementar técnicas de toxicidad subaguda y crónica para evaluar la posible presencia de tóxicos cuyo efecto no sea inmediato, tal como ocurre con los mutágenos. Así también, hubiera resultado conveniente realizar ensayos con las muestras de agua; de tal forma que pudiera evaluarse si los efectos que se observaron

---

en los sedimentos se presentan también en el agua; si este fuera el caso, dilucidar la fracción que resulta tóxica.

Es probable que para realizar los ensayos con las muestras de agua hubiera sido necesario concentrarlas, al igual que como sucedió con las muestras utilizadas para determinar metales pesados. En este caso, es necesario estandarizar las técnicas de concentración de las muestras, así como las técnicas de extracción de tóxicos de los sedimentos, ya que las diferencias en la manipulación pueden llevar a resultados distintos.

En este estudio se emplearon las técnicas que se citan más comúnmente en México, que a su vez han sido tomadas de las que se aplican en los Estados Unidos; sin embargo, para trabajos futuros valdría la pena explorar y comparar con las metodologías usadas en Canadá, país donde se ha dado suma importancia al problema de las sustancias tóxicas y, contrario a lo que sucede en México, ha desarrollado sus propios métodos de análisis.

Por otra parte, en el trabajo presente sólo se determinaron metales en la fracción soluble, tanto de las muestras de agua como del extracto de sedimentos. No obstante, se tendría una mejor perspectiva de la problemática sobre las sustancias tóxicas, si además se hubiera determinado el contenido de metales en el mineral, así como la concentración total en las muestras; de manera que no sólo se tuviera una idea de la toxicidad que en el momento del muestreo se tenía, sino que se podría estimar el riesgo existente si en un momento dado las sustancias presentes pasan a la fase acuosa.

Otro aspecto que no se abordó en el presente estudio fue estimar la concentración de metales adsorbidos a los sólidos suspendidos y sedimentables, de forma de poder calcular que tanto pueden ser concentradas las sustancias en los sedimentos, la velocidad con que se concentran y el tiempo que tardarán, al mismo ritmo de acumulación, en alcanzar concentraciones tóxicas o peligrosas.

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

- 1.- Alvarez, Ma. U del R. 1983. **Distribución de Metales Pesados en sedimentos del Río Blanco, Ver.** Tesis de Maestría. CCH. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 68p
- 2.- ANIQ 1989 **Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana en 1988.** pp 75, 76, 79, 80, 85, 261, 262, 305, 418, 419 y 424 México.
- 3.- APHA-AWWA-WPCF. 1989. **Standard Methods for Examination of Water and Waste Water.** 16 th Ed. American Public Health Association Washington, D. C., U. S. A.
- 4.- Comisión Federal de Electricidad. 1979. **Boletín Hidrométrico. Cuenca del Papaloapan.** C. F. E. México.
- 5.- Comisión Federal de Electricidad. 1980. **Boletín Hidrométrico. Cuenca del Papaloapan.** C. F. E. México.
- 6.- Dutka, B. 1989. **Methods Microbial and Toxicological Analysis of Waters Wastewaters and Sediments.** National Water Research Institute. Publicación Interna. Burlington, Canadá. Capítulo VIII pp 16 - 28.
- 7.- EPA. 1983. **Treatability Manual. Vol I. Treatability Data.** EPA. 60012-82001 a Office of Research and Development. U. S. Environmental Protection Agency Washington, D. C., U. S. A.
- 8.- Espino, V. S y Vicente López M. 1980. **Biodegradación. Su importancia en la Remoción de Contaminantes Orgánicos de Tipo Sintético.** Trabajo presentado en el segundo Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey, Nuevo León. México

- 
- 9.- Germán, Badillo F. 1986. **Evaluación Preliminar de la Contaminación de Metales Pesados en Sedimentos y Organismos del Río Blanco, Ver.** Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. p 139.
  - 10.- Germán, Badillo F. 1988. **Sistematización del uso de Poblaciones Ostrícolas como centinelas biológicas para la vigilancia ambiental en las zonas costeras de México** Publicación interna. INIREB. México. p 20.
  - 11.- Gobierno del Edo. de Veracruz., SAHOP. 1980. **Ecoplán del Estado de Veracruz.** Jalapa, México.
  - 12.- Gobierno del Edo. de Veracruz. 1985. **Directorio Industrial del Estado de Veracruz.** Jalapa, México. 429 p.
  - 13.- Gobierno del Edo. de Veracruz. 1990. **Información Municipal del Estado de Veracruz.** Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa, México.
  - 14.- INEGI. 1980. Veracruz. **Censos de Población y Vivienda.** México.
  - 15.- INEGI. 1990. Veracruz. **Resultados Definitivos. Datos por Localidad. Integración Territorial. XI Censo General de Población y Vivienda Tomo I y II.** México.
  - 16.- INEGI. 1991. **Atlas Ejidal del Edo de Veracruz.** México.
  - 17.- INEGI. 1991. **Datos Municipales Referentes a 1985.** 4 tomos. México.
  - 18.- INEGI. 1991. **Cuaderno de Información Básica para la Planeación Municipal.** México.

- 
- 19.- INEGI. 1993. **La Industria Minera en México.** México. p 32.
  - 20.- INEGI. 1993. **La Industria Petrolera en México.** México. p 62.
  - 21.- INEGI. 1993. **La Industria Química en México.** México. p 51-55.
  - 22.- Lorea, R., G. Macareñas., L. A. Albert y A. Figueroa. 1985. **Presencia de Contaminantes Inorgánicos Procedentes de los Tramos Segundo y Tercero del Río Blanco, Ver.** Publicación interna. INIREB. México.
  - 23.- Olizar, K. 1980. **El Mercado Mexicano 1975 - 1980.** México.
  - 24.- Reid, George. K. and Richard D Wood. 1976. **Ecology of Inland Waters and Estuaries.** 2nd. Ed. D. Van. Nostrand. Co. U. S. A.
  - 25.- Rzedowski, J. 1988. **Vegetación de México.** Ed LIMUSA. México. p 42 - 59.
  - 26.- Salas, Henry. 1988. **Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales.** Secc. 1 - 6. CEPIS. Lima, Perú.
  - 27.- SEDUE. 1989. **Políticas y Estrategias en el Manejo de los Residuos Municipales e Industriales.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México. pp 42 -45.
  - 28.- SEDUE. 1989. **Control de la Contaminación del Agua en México.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México. p 63, 65, 93 - 98

- 
- 29.- SEDUE. 1989. **Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Lerma-Chapala-Santiago. 1ª etapa** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.
- 30.- SEDUE. 1990. **Remoción de Sustancias Tóxicas por Métodos no Convencionales.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.
- 31.- SEDUE. 1990. **Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Pánuco. 1ª etapa.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.
- 32.- SEDUE. 1990. **Remoción de Sustancias Tóxicas en las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río San Juan. 1ª etapa.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.
- 33.- SEDUE. 1990. **Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Balsas. 1ª etapa.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.
- 34.- SEDUE. 1991. **Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Pánuco. 2ª etapa.** Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.

- 
- 35.- **SEDUE. 1992. Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Blanco. 1ª etapa. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE. México.**
- 36.- **SHCP. 1984. Catálogo de Actividades Económicas para Efectos Fiscales. México. 159 p**
- 37.- **Sitting, M. 1981. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals. Noyes Publications. U. S. A. 729 p.**
- 38.- **SRH. 1973. Evaluación Mediante Indicadores del Grado de Contaminación del Agua en las Cuencas del País. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación SRH. Contrato No SP 73-C-3 México. 109 p**
- 39.- **SRH. 1975. Estudio preliminar para la instalación de distritos de control de la contaminación del agua. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación SRH. México.**
- 40.- **Tamayo, J. 1991. Geografía Moderna de México. Ed Trillas. México 42 - 59 p.**
- 41.- **Viveros. R. A. 1985. Residuos de Contaminantes Orgánicos en Sedimentos del Río Blanco, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 96 p.**