



111  
Lej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE ECONOMIA**



**“PROPUESTA ECONOMICA, FINANCIERA Y FISCAL RELATIVA  
A LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS GENERADA  
POR LA INDUSTRIA, EN EL MARCO DE SU  
DESARROLLO INTEGRAL SUSTENTABLE.”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMIA  
P R E S E N T A**

**SAUL PEREZ SALAZAR**

MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE DE 1996.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# **Agradecimientos**

**DEDICO ESTA TESIS DESDE LO MAS PROFUNDO DE MI  
CORAZÓN A LA MEMORIA DE MI PADRE EL SEÑOR  
SIXTO PÉREZ MÉNDEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma de México por el apoyo académico que hizo posible la culminación de mis estudios de nivel Superior.**

**Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua por las facilidades que me otorgaron para hacer uso de sus instalaciones así como de su apoyo económico.**

**Al Lic. Gustavo Ortiz Rendón sin cuya vital asesoría técnica de la M. en I. Rosario Pérez Salazar, el M. en I. José Alberto de la Asunción Balancán Soberanís, Lic. Teresa Pérez Salazar por sus valiosas críticas, Lic. Enrique Pérez Salazar por apadrinar el Empastado de Esta Investigación, Arq. Marta del Carmen Pérez Salazar, Arq. Rosa Bertha Pérez Salazar por los dibujos, M. en E. Eduardo Donath de la Peña, Norma Hernández y Fernando Pacheco.**

**A MI COMPAÑERA ADELITA**  
**Y**  
**A MI HIJO (A) CON MUCHO CARIÑO.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi madre: Sra. Amparo Salazar de Pérez  
A mi mamá Gonzita: Sra. Gonzala Bustos Esquivel**

**Con mucho cariño a Daniel, Eva, Rosa, Enrique, David, Sixto,  
Teresa, Martha, Rosario, Lourdes, Gerardo y Rogelio García**

**A todos y cada uno de mis sobrinos: Luis Vidal, Jorge, Adriana,  
Gabriela., Patricia, Eva, Sandra, Sabik, Samanta, Agélica,  
Tere, Ma. Luisa, Eduardo, Francisco M., Ixchel,  
Verónica, Daniela, Enrique, Luis Andrés, Ernesto  
Gerardo, Carlos y Francisco R.**

**A mis cuñados(as):  
Alberto, Luis, Arturo, Eduardo, Mary, Nony, Juan y Graciela.**

**A mis profesores : Sergio Muñoz Cueto y Jorge Escalona**

**A Germán y Gibrán.**

**A mis compañeros de generación y amigos: Carlos Morales, Antúnez y familia,  
Juan Hernández y Familia, Andrés y Gerardo Álvarez, Hugo, Orlando,  
Alejandro, Ricardo, Joaquín, Casco, Pilar Adriana, Carlos Campos,  
Lauro, Lulú, Gerogina, Román Olmos, Fabiola, Juan Carlos,  
Claudia, Fernando, Román, Enrique, Francisco Pizano,  
Miguel y Andrés.**

# Indice



# Indice

· INTRODUCCION.....	1
· OBJETIVO GENERAL.....	4
· OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
· ANTECEDENTES.....	9
<b>I MARCO DE REFERENCIA FISICO.....</b>	<b>15</b>
<b>II CARACTERISTICAS DEL USO Y CONTAMINACION DEL AGUA POR LA INDUSTRIA NACIONAL.....</b>	<b>18</b>
· Elevado Consumo y bajo nivel de reuso.....	21
· Contaminación de las Aguas.....	25
· Concentración regional y sectorial de la demanda.....	27
<b>III ANALISIS NORMATIVO.....</b>	<b>33</b>
<b>III.I EVOLUCION Y CARACTERISTICAS DE LAS LEYES DE AGUAS.....</b>	<b>33</b>
<b>III.II VINCULACION CON LAS LEYES RELEVANTES.....</b>	<b>43</b>
· Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	43
· Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente.....	44
· Ley de Metrología y Normalización.....	45
· Ley Federal de Derechos.....	46
· Ley General de Salud.....	49
· Ley de Contribución de Mejoras por obras públicas de infraestructura hidráulica.....	50
<b>III.III CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>

# Indice

<b>IV PROBLEMATICA NACIONAL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS POR LA INDUSTRIA.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.I ESTIMACION SOBRE EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA POR TIPO DE INDUSTRIA.....</b>	<b>54</b>
- Uso y contaminación del agua .....	55
- Estimación del uso del agua por tipo de	
- Industria.....	56
- Industria Azucarera .....	61
- Industria Química.....	64
- Industria de Papel y Celulosa .....	67
- Industria de Refinación del Petróleo.....	70
- Industria de Bebidas .....	73
- Industria Textil.....	75
- Industria Siderúrgica.....	77
- Industria Termoeléctrica .....	82
- Industria de alimentos.....	86
- Resumen del panorama de uso y contaminación en las industrias Revisadas.....	89
<b>V EVALUACION ECONOMICO FINANCIERA PARA LA INSTALACION DE PLANTAS TRATADORAS DE EFLUENTES INDUSTRIALES.....</b>	<b>96</b>
<b>V.I COMPARACION DE SISTEMAS DE COBRO NACIONALES E INTERNACIONALES .....</b>	<b>96</b>
- Experiencias Extranjeras.....	96
- Experiencias Nacionales .....	105
<b>V.II SELECCION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ESTIMACION DE COSTOS (EN UNA MUESTRA DE OCHO RAMAS INDUSTRIALES).....</b>	<b>108</b>
- Procesos de tratamiento .....	109
- Costos de los procesos de tratamiento .....	111
- Bases Financieras del Diseño .....	114

# **Indice**

<b>VI CONTRIBUCIONES POR RESPONSABILIDADES ADQUIRIDAS EN LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS.....</b>	<b>119</b>
<b>VI.I ESQUEMA TEORICO.....</b>	<b>119</b>
<b>VI.II MARCO NORMATIVO-FISCAL GENERAL.....</b>	<b>122</b>
<b>VI.III PUNTOS DE PROPUESTA.....</b>	<b>131</b>
<b>Establecimiento del Derecho.....</b>	<b>131</b>
<b>Aplicabilidad del Derecho .....</b>	<b>133</b>

## **BIBIOGRAFIA**

**ANEXO A: DEFINICIONES.**

**ANEXO B: TIPOS DE TRATAMIENTO**

**ANEXO C: COSTOS DE TRATAMIENTO DE 8 INDUSTRIAS.**

# **Introducción**

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un tema cuya problemática ha ido ganando importancia en las últimas tres décadas. De hecho este paulatino interés se ve reflejado a nivel nacional, en los últimos planes de desarrollo y en los programas sectoriales. En estos esfuerzos de planeación, se plantean los principales lineamientos de la política gubernamental respecto a este tema y las acciones de coordinación y concertación con los demás sectores social y privado que se suscriben en dos líneas de estrategia fundamentales: la definición de las responsabilidades de las actividades contaminadoras y el establecimiento de mecanismos fiscales y financieros para la determinación de esas responsabilidades, en forma proporcional al daño que causa a los diversos cuerpos receptores el vertimiento de la descarga de agua residual contaminada.

En el presente trabajo se trata de identificar a las principales ramas industriales contaminadoras de agua, su problemática, las principales fuentes y contaminantes característicos, para que dentro de

la óptica de su entorno socioeconómico se gesten la posibilidad del establecimiento de verdaderos cargos fiscales incentivos y temporales por descarga de agua residual, cuya recaudación además de constituirse en un fondo sano de financiamiento de los programas y acciones para la prevención y control de la contaminación de las aguas, sirva como herramienta eficaz de inhibición del vertimiento de contaminantes a los cuerpos receptores nacionales, en el marco de un desarrollo integral sustentable.

MARCO ECONOMICO LEGAL	CANALIZACIÓN DE RECUSOS	FINANCIAMIENTO	◆ PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ◆ SANEAMIENTO DE LOS CUERPOS RECEPTORES
-----------------------------	-------------------------------	----------------	--

Los cargos fiscales en forma de derechos deberán diseñarse a partir de parámetros característicos de contaminación de las ocho ramas industriales contaminadoras y usuarias del agua, a saber: azucarera, alimenticia, siderúrgica, bebidas, textil, petrolera, papelera y química; esto en función de los costos de tratamiento de la descarga de agua residual, considerando adicionalmente las condiciones socioeconómicas y de productividad de las mismas ramas, el tipo de

cuerpo receptor de las descargas, el punto de descarga y la situación ambiental de la región. En el último punto deberá manejarse parámetros ambientales que definan adecuadamente la política fiscal particular de la cuenca o región.

Para la elaboración de estas propuestas se parte del reconocimiento de que el agua es un bien económico y sustento fundamental de la existencia de la propia industria, así como su característica de escasez relativa y los grandes costos que le significan al erario público el ataque al problema. En ese sentido se justifica el modelo diseñado al concluir que si el contaminador responsable no costea la contaminación que genera, la paga entonces la sociedad en su conjunto por medio de impuestos, endeudamientos onerosos y la repercusión de su hábitat natural.

**Objetivo**

**General**



## **OBJETIVO GENERAL.**

El objetivo principal consiste en ampliar el marco económico—legal existente y proponer modificaciones que verdaderamente capten y canalicen recursos, hacia el financiamiento de programas y acciones para la prevención de la contaminación de las aguas. Dicho marco se establecerá en forma proporcional a la responsabilidad de la fuente de contaminación.

Para ello, se propone también, manejar parámetros ambientales que definan adecuadamente la política fiscal particular de la cuenca o región, para el posterior establecimiento de lineamientos más convenientes para la aplicación de la Ley Federal de Derechos, en su capítulo de descarga de agua residual. Estos lineamientos variarían dependiendo del grado de contaminación de la cuenca y su capacidad natural de asimilación o depuración de contaminantes y fijarán los criterios específicos de política de la región, estableciéndose un marco de "premios" y "castigos" por el mejoramiento o empeoramiento de la situación de contaminación del cuerpo receptor. Con el fin de

establecer cuotas proporcionales y equitativas, como marca la Constitución Política de Estados Unidos Mexicanos e inhibir lo menos posible la producción industrial por el establecimiento de gravámenes. En el estudio se realizará una detallada evaluación económico-financiera de los procesos indicados de tratamiento de los diversos contaminantes para las diversas ramas industriales que abarca el estudio, que permita determinar procesos y costos básicos de instalación y mantenimiento de plantas también comunes, para el tratamiento de sus efluentes. Los derechos traducidos en cuotas por descarga de agua residual deberán ser mayores a los costos de inversión y operación de las plantas de tratamiento, solo así se podría inducir al contaminador a tratar por cuenta propia sus efluentes; de otra manera, como pasa con la Ley actual - y se demuestra más adelante -, en realidad el peso del derecho esta dando autorización por contaminar.

# **Objetivos Particulares**

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- 1. Identificar las principales ramas industriales contaminadoras de agua, así como su problemática y sus contaminantes característicos.**
- 2. Determinar los parámetros básicos más importantes para el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.**
- 3. Elaboración y selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales.**
- 4. Determinar los tipos de tratamientos y costos de inversión, operación y mantenimiento.**
- 5. Implantar cargos fiscales que graven las descargas de agua residual las cuales deberán ser aplicados considerando los diversos parámetros que considera el estudio, y deberán ser**

diferenciales para cada una de las ramas industriales contaminadoras.

6. Comparación de sistemas de cobro nacionales y extranjeros.
7. Adecuar el marco legal vigente y el mecanismo existente de derechos fiscales de las industrias que contaminen las aguas nacionales en forma proporcional a la responsabilidad de la fuente de contaminación.
8. Canalizar los recursos hacia el financiamiento de programas y acciones para la prevención de la contaminación de las aguas.
9. Se propondrá manejar parámetros ambientales que definan adecuadamente la política fiscal particular de la cuenca o región.
10. Los gravámenes deberán ser incentivos, es decir tendrán el objetivo de inhibir la descarga de contaminantes y

eventualmente podrán ser temporales, cuando las condiciones de los cuerpos receptores mejoren.

11. Establecer una óptima reformulación de los lineamientos técnicos que establece la actual Ley Federal de derechos y proponer reformas para la consideración de los resultados del estudio.

# **Antecedentes**

## ANTECEDENTES

El manejo y la administración del agua se complica a través del tiempo debido al avance del desarrollo poblacional, agrícola e industrial, el cual genera ya conflictos serios en algunas regiones por la utilización del recurso. El agua disponible en nuestro país ya no siempre es suficiente para satisfacer las necesidades primordiales de la sociedad, ni en cantidad ni en calidad que los usos demandan y peligra su sustentabilidad para satisfacer los requerimientos de desarrollo de las generaciones futuras.

Cuando menos por esas consideraciones el agua adquiere entonces un valor económico básico. La explotación de nuevas fuentes que requieren infraestructura costosa que hay que financiar y la importancia que tiene dentro del proceso productivo como insumo y como vehículo para el desecho de contaminantes, incrementa su valor que no siempre se ve reflejado en su precio. Así comúnmente la producción de bienes y servicios aprovecha un valor agregado que le da el agua, pero el valor de los bienes y servicios no integra un precio



adicional por ese incremento, porque casi es gratuita para el agente económico la utilización ( y descontaminación) del líquido; ocurre entonces una distorsión económica y social importante, ya que los costos de todas maneras se registran porque hay que reponer las fuentes en cantidad y calidad, pagandolas más que el responsable directo, la sociedad en su conjunto mediante impuestos. Más grave es aún si se difiere el gasto público regular de abastecimiento y descontaminación porque peligra entonces el desarrollo sustentable del agua así como su costo social.

La escasez del agua y contaminación provocan enfermedades de origen hídrico como el cólera y otras enfermedades gastrointestinales, que es la principal causa de morbilidad y mortalidad en el país y nos caracteriza como un país tercermundista. La desaparición o contaminación de nuestros ríos y lagos provoca también costosos e irreversibles daños al hábitat natural por la desaparición de la fauna y flora acuáticas y por ende de la interacción natural del ciclo hidrológico.

La contaminación de las aguas se efectúa como consecuencia de utilizar a ésta como medio de transporte y depósito de los desechos generados por las actividades humanas. Así por ejemplo, los insecticidas, plaguicidas, herbicidas y otros elementos destinados a proteger el medio, se convierten en contaminantes al ser arrastrados durante las lluvias o el riego.

En el aspecto urbano y doméstico, los detergentes dentífricos, papeles y efectos de limpieza sólo se usan siempre y cuando se utilice el agua como solvente o vehículo, sin embargo en los últimos casos, representarán productos contaminantes. Además los excrementos propios de la naturaleza humana son desalojados en medio acuoso, y en su conjunto conforman finalmente las aguas residuales urbanas de mal olor, aspecto y color desagradables.

En México la contaminación en el agua generada por las actividades agrícolas no ha sido cuantificada todavía en términos de volumen o de peso, ya que en la mayoría de los casos se evalúa cualitativamente por los efectos que causa en la flora y la fauna

acuática. Por regla general, esta evaluación se ha medido solo por las dimensiones del daño causado, y desafortunadamente constituye en muchos eventos procesos irreversibles, como la presunta intoxicación de aves por endosulfán en la presa de Silva, ubicada en San Francisco del Rincón Guanajuato <sup>1</sup>.

Para los usuarios industrial y urbano, ha sido posible evaluar cuantitativamente la contaminación generada, merced ha estudios desarrollados en cuencas o regiones afectadas por los contaminantes descargados.

En estudios realizados en 218 cuencas que cubren el 77% del territorio, donde se asienta el 93% de la población y se ubica el 71% de la producción industrial y el 98% de la superficie bajo riego, permiten clasificar las cuencas del país en función del grado de alteración de su calidad natural.

---

<sup>1</sup> El Universal, 30 de Enero de 1995. pp varias.

De acuerdo a estos estudios, en 20 cuencas se genera el 89% de la carga contaminante total, medida como DBO 2. Sólo en cuatro cuencas -Pánuco, Lerma San Juan y Balsas- se recibe el 50% de las descargas de agua residual, incluyendo las descargas de las principales ciudades. A estas últimas pueden agregarse las cuencas de los ríos Blanco, Papaloapan, Culiacán y Coatzacoalcos, por la magnitud y características de la contaminación industrial recibida, y las cuencas de los ríos que descargan en el mar de Cortés por los agroquímicos que reciben de los retornos agrícolas.

Los procesos de deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y los procesos de urbanización contribuyen a la degradación y deterioro de los suelos, que a su vez, impactan la calidad del agua y, en general, afectan el equilibrio de los ecosistemas.

La contaminación del agua en la industria es la que analizamos en el presente estudio. Los montos de contaminación que genera este sector a los cuerpos receptores nacionales las diversas industrias es

---

<sup>2</sup> CNA. Informe 1993. PP varias.

cada vez mayor; no obstante los beneficios económicos que el agua aporta en la generación de valor agregado industrial la importancia económica y social que ese sector le asigna al recurso ha sido prácticamente marginal. De aquí que la problemática del agua en este sector se caracteriza por:

- ◆ Un elevado consumo, sobreconsumo, desperdicio y bajo o nulo nivel de reuso;
- ◆ Generación de altos niveles de contaminación; y,
- ◆ Presión sobre la disponibilidad del agua por la excesiva concentración sectorial y regional de la demanda del recurso.

En el uso industrial, el agua es en términos generales el vehículo de casi toda clase de desechos, desde térmicos en procesos de calentamiento y enfriamiento, hasta químicos en procesos de reacción química, pasando por solventes de desechos sólidos, así mismo es vehículo de todo tipo de materia soluble en agua.

# Capitulo I

## I. MARCO DE REFERENCIA FÍSICO

Por considerarse de interés para el estudio, en este Capítulo se tratará de ubicar de una manera general, el marco de referencia físico-hidráulico del territorio nacional.

El Territorio Mexicano con una superficie de 1 958,201 km<sup>2</sup>, está situado en la porción norte del Continente Americano. La línea fronteriza con los Estados Unidos es de 3 326 km<sup>2</sup>, en Guatemala 871 Km y con Belice 251 Km. La longitud de los litorales continentales es de 10 143 Km, 2805 sobre el océano atlántico (Golfo de México y Mar Caribe) y 7 338 sobre el Pacífico. Con 389 km<sup>2</sup> de plataforma continental y casi tres millones de Km<sup>2</sup> de zona económica exclusiva. Las aguas interiores existentes comprenden a casi 3 millones de hectáreas e incluyen todos los cuerpos acuáticos (dulces y salubres), en la forma de lagos, presas, ríos y canales lacustres.

El volumen medio anual de lluvia que cae sobre el territorio nacional es de un millón y medio de millones de mts. cúbicos (altura

pluviométrica media  $h=75$  cms), cuenta con 34 cuencas principales de los cuales 11 drenan hacia el Golfo, una al mar Caribe y 13 al Océano Pacífico, las otras 9 desagüan en lagunas del interior. Cuatro extensas regiones carecen de drenaje superficial: 2 de los desiertos del norte y las dos penínsulas extremas.

Las zonas orográficas en donde se forman y fluyen los ríos se distribuyen a lo largo de las vertientes del Océano Pacífico, Golfo de México, Mar Caribe, vertientes interiores y la Península de Baja California. La mayoría de los ríos son de origen pluvial y en casi todos ellos existe una diferencia notable en el volumen de agua que llevan entre la época de lluvia y la época de estiaje. En general se registra, una estación lluviosa que se presenta en el período que va del mes de mayo al de octubre, precipitándose en algunas regiones hasta un 90% de la lluvia media total anual durante este lapso.

El volumen de agua natural que conducen anualmente los ríos, también llamando escurrimiento virgen, se calcula de alrededor de 410,021 millones de M<sup>3</sup>, correspondiendo 245,167.7 millones de M<sup>3</sup>



(59.81 % respecto al total) al Golfo de México y Mar Caribe; 160,577.5 millones de M3,(39.16 %) al Océano Pacífico; a las vertientes interiores con un escurrimiento de 3,997.6 millones de M3 (0.97 %) y a la Península de Baja California con 278.2 millones de M3 (0.06%).

En México se han identificado un total de 4 150 cuerpos de agua que representan una superficie de 802,006 Has. México cuenta con amplios recursos marítimos, fuentes de minerales, energéticos y alimentos, se estima que se tiene un potencial de especies pesqueras de un mínimo de 6.3 millones de toneladas, en las que predominan las de origen marino y estuarinos (97 %). También el mar constituye una forma de transporte para comunicar al País entre sí y con el resto del mundo y sus costas abrigan los centros turísticos más importantes del país.

# Capitulo II

## **II CARACTERÍSTICAS DEL USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LA INDUSTRIA NACIONAL.**

Como ya se había mencionado, la propuesta que se desarrolla en el estudio tiene como finalidad proponer un nuevo marco fiscal en relación con la descarga de agua residual industrial, por tal motivo, en este capítulo, se pretende establecer un marco de referencia del perfil del uso del agua de las principales ramas industriales usuarias del recurso en México.

### **ASPECTOS GENERALES**

En la industria el agua constituye un importante recurso productivo, tanto en la fabricación de alimentos y bebidas, como en las manufacturas químicas, petroquímicas y farmacéuticas. Además de representar un insumo básico, el agua es en muchos casos, parte importante del producto final; en casi toda la industria se utiliza también como materia auxiliar indispensable en los procesos térmicos

de calentamiento y enfriamiento y como vehículo de desechos sólidos y líquidos. En la minería, por su parte, este recurso se usa abundantemente en la explotación, extracción y beneficio del mineral.

El volumen de agua que utilizó la industria durante 1995 se estimó del orden de 8007 millones de M3 anuales, ubicandose ligeramente abajo de la extracción por uso urbano que de acuerdo al Programa Hidráulico asciende a 8,500 millones de M3. (ver cuadro 1).

**CUADRO 2.1**  
**EXTRACCIÓN Y CONSUMO DE AGUA**  
**PARA USO INDUSTRIAL**  
**(millones de metros cúbicos)**

AÑO	EXTRACCIÓN	CONSUMO	CONSUMO/EXTRACCIÓN. (%)
1945	283	30	10.6
1950	660	78	11.8
1955	896	114	12.7
1960	1 093	129	11.8
1965	1 991	235	11.8
1970	2 648	295	11.1
1975	4 500	971	21.6
1980	5 802	2 279	39.3
1985	6 440	2 730	42.4
1990	7 260	2 942	40.5
1995	8 008	3 155	39.4

FUENTE: Estimación propia en base a datos de La Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1994.

En el comportamiento de largo plazo de la extracción de agua para uso industrial se refleja un patrón de tendencia similar al de la economía nacional. En efecto, en el período 1945-1965, que coincide con el período de crecimiento acelerado, el incremento promedio anual de la extracción de agua para uso industrial fue de 13.3% en el período 1965-1980, que corresponde con el período caracterizado por la estrategia de freno-arranque de la economía y el inicio de la crisis inflacionaria, esta tasa fue de 8.0% y en el período 1980-1988, de franca crisis de la economía mexicana, el crecimiento medio de esta variable fue de 7.9%.

A pesar del virtual estancamiento del sector industrial en el período 1980-1990, durante el cual su crecimiento fue de sólo 5% acumulado, la extracción de agua para uso industrial se incrementó de 5 802 millones de M<sup>3</sup> a 7 260, lo que representa un incremento de 11% entre dichos años y de 1990 a 1995 el crecimiento económico fue un tanto más significativo y el incremento observado en la extracción del agua fue del 19%.

## ELEVADO CONSUMO Y BAJO NIVEL DE REUSO

El consumo industrial pasó de 30 millones de M3 en 1945 a 6 440 millones en 1985. En 1980, el consumo industrial representó el 39% de los 5,802 millones de M3 extraídos en ese año por dicho uso; en cambio en 1995 el volumen de agua consumido por la industria se calcula en 3155 millones de M3, que representa el 60% de los 8 005 millones extraídos para esta actividad (cuadro 2.1). El consumo de agua por el sector industrial es enorme en términos relativos y refleja el insuficiente esfuerzo que han realizado las empresas para implantar tecnologías que permitan el reuso del recurso.

Atendiendo a la distribución del agua en el uso industrial, se estima que el 55% es para enfriamiento, el 35% para procesos, el 5% se utiliza en calderas y el 5% en servicios. De lo anterior puede concluirse que por lo menos el 60% podría cubrirse con agua de reuso<sup>1</sup>. Sin embargo, se calcula que de los 254 M3/seg con que se abastece a este sector, únicamente se reusa un 10%. De las plantas de tratamiento que

han podido ser identificadas en el sector industrial, el 32.8 % no opera, el 50.8 % funciona inadecuadamente y sólo el 16.4 % observa una eficiencia de operación de por lo menos 80 % (ver cuadro 2.2).

Esta situación se explica por un conjunto de factores entre los que destacan la política tarifaria y la deficiencia en el marco regulatorio vigente aplicable al agua residual.

---

<sup>1</sup> Foro de Consulta Popular Sobre el Agua. CNA 1994.

## CUADRO 2.2. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REGIÓN HIDROLÓGICA	ESTADO	PLANTAS INDUSTRIALES							Cuenca Receptora
		Número de Plantas	Capacidad Instalada (lps)	DBO Removida (ton/año)	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario	Eficiencia de Diseño (%)	Eficiencia de Operación (%)	
37	AGS	-	-	-	-	-	-	-	R. Tijuana
4	BCN	-	-	-	-	-	-	-	Ar. S. Jac
6	BCS	-	-	-	-	-	-	-	R. Champotón
31	CAMP	-	-	-	-	-	-	-	R. Salado
35	COAH	5	5	9446	0	4	70	35	R. Armeria
17	COL	2	-	-	-	-	-	-	R. Grijalva
39	CHIS	1	7	1111	1	0	80	70	R. Conchos
34,24	CHIH	1	282	4977	0	1	70	70	R. Pánuco
26	DF	13	93	5550	3	4	70	30	R. DGO
36	DGO	-	-	-	-	-	-	-	R. Lerma
12	GTO	6	447	6882	2	3	70	50	R. Papagayo
19	GRO	-	-	-	-	-	-	-	R. Panuco
26	HGO	2	600	10589	0	1	70	70	R. Ler-Chap
12	JAL	17	416	5371	6	5	70	30	R. Lerma
26	MEN	29	955	12515	0	7	80	80	R. Lerma
18	MICH	2	-	-	-	-	-	-	R. Amacuzac
18	MOR	1	200	2771	-	-	-	-	R. Armeria
15	NAY	-	-	-	-	-	-	-	R. S. Juan
33	N.L	12	83	3501	0	5	-	-	R. Verde
22	OAX	3	-	-	1	2	70	0	R. Atoyac
20	PUE	5	35	365	-	-	-	-	R. Lerma
26	QRO	3	37	540	-	-	-	-	-
13	QR	-	-	-	-	-	-	-	-
37	SLP	6	376	-	-	-	-	-	R. Panuco
10	SIN	5	-	-	-	-	-	-	R. Fuerte
9	SON	2	-	-	-	-	-	-	R. Sonora
30	TAB	4	29	375	-	-	-	-	R. Grij-Coat
24	TAMP	10	722	7499	-	-	-	-	R. Cohahuaya
26	TLAX	19	751	1433	-	-	70	60	R. Zahuapan
25,27,28,29	VER	26	903	3961	-	-	70	60	G de Mex.
32	YUC	-	-	-	-	-	-	-	-
37	ZAC	-	-	-	-	-	-	-	R. Españita
	TOTAL	177	12 201	76886	13	33			

FUENTE: SEDUE, Inventario de la Infraestructura del Tratamiento de Aguas Residuales, 1989. Existen 5 plantas y tratamiento, cuatro de ellas sin operar, la eficiencia anotada corresponde al sistema lagunar de La Paz, B. C. Sur.

La falta de congruencia en la tarifas que paga la industria para abastecerse de agua, con relación al costo real (considerando infraestructura, disponibilidad y calidad), resulta en la falta de interés por parte de los beneficiarios para elevar la eficiencia de su uso o para



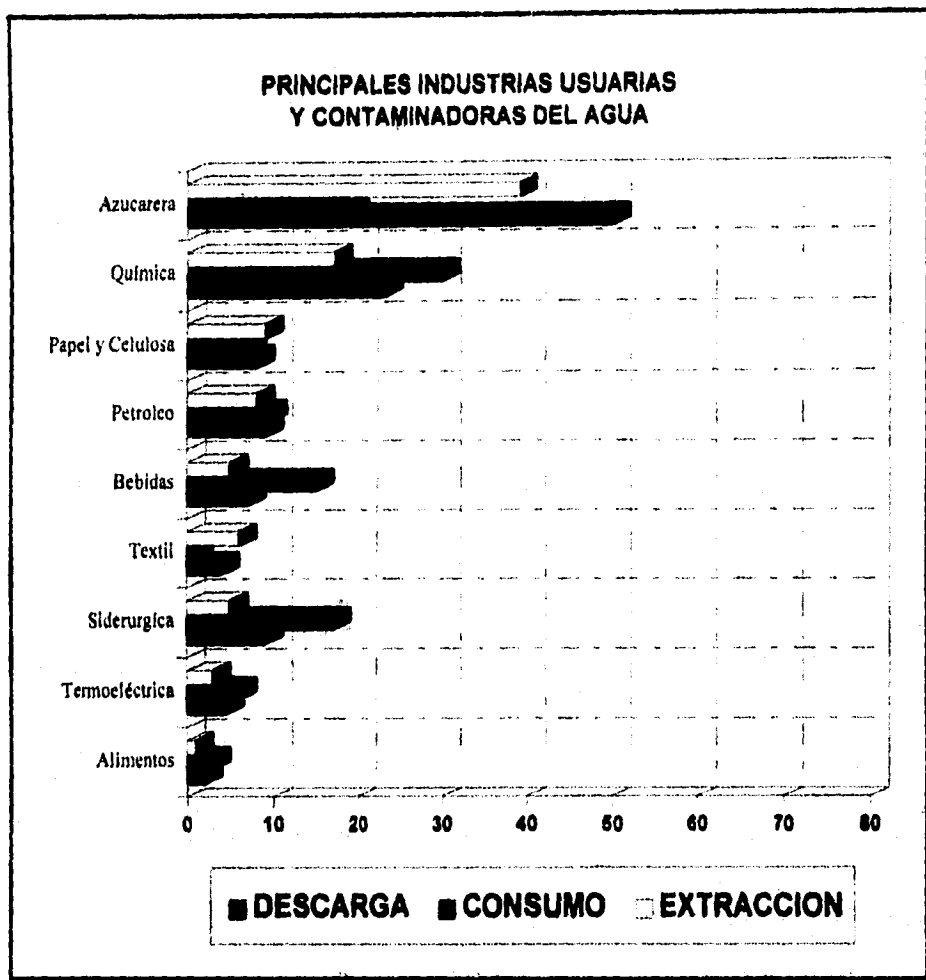
desarrollar procesos de recirculación, ya que es más barato obtener agua de pozos que tratarla para reciclaje, por lo que se debe poner especial atención en estos factores al definir la futura política del agua hacia este sector.

## **CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS (PÉRDIDA DE OFERTA Y CALIDAD)**

El sector industrial genera aguas residuales de muy variados tipos y características, en su mayoría altamente contaminantes. Se estima que actualmente en todo el país este sector genera 82 M<sup>3</sup>/seg., lo que representa el 31% del volumen global de aguas residuales. Los giros industriales con mayores volúmenes de descarga de aguas residuales son: la industria azucarera, que contribuye con el 41% del total de las descargas del sector industrial; la industria química con el 22%; las industrias de celulosa y papel, bebidas, textil, siderúrgica y de alimentos con un 27% y las demás industrias aportan el 10 % restante. De otro lado, solamente 6 grupos industriales: azúcar, química, papelera, bebidas, y alimenticia de un total de 60, generan el 85% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

## Desequilibrio Ecológico

La descarga de todas las cuencas de realiza en la zona costera, arrastrando toda la descarga hacia el océano abierto. Las aguas de costa que van hasta el borde de la plataforma continental, constituyen solamente el 10% del aérea oceánica total, pero aunadas a las de las cuencas proveen el 99% de las pesquerías del mundo. De ahí la gran preocupación por la contaminación que en ellas se desarrolla debido a que son las áreas más intensamente utilizadas por el hombre. Los desechos pueden tener un impacto biológico en dos formas; 1) añadiendo material biológico, principalmente microorganismos o, 2) modificando el medio, seleccionando algunas especies y eliminando a otras.



Subcoordinación Económica y Financiera. IMTA 1995.

## CONCENTRACIÓN REGIONAL Y SECTORIAL DE LA DEMANDA

Existen ocho ramas que concentran aproximadamente el 80% del consumo de este sector; estas son: azúcar; química, papel y celulosa, bebidas, alimentos, textiles, química, petróleo y siderúrgica. El uso del agua en las ramas de azúcar y de productos químicos concentran la

mayor parte de la extracción, consumo y descarga, cuyos porcentajes son 54%, 49% y 63%, respectivamente; de ello se deriva que estas dos industrias deberían constituir puntos claves en la política de racionalización de la extracción, eficiencia del uso y control de la descarga (véanse cuadros 2.2, 2.3 y 2.4).

**CUADRO 2.3**  
**PRINCIPALES INDUSTRIAS USUARIAS**  
**Y CONTAMINADORAS DE AGUA.**  
**(Toneladas Anuales)**

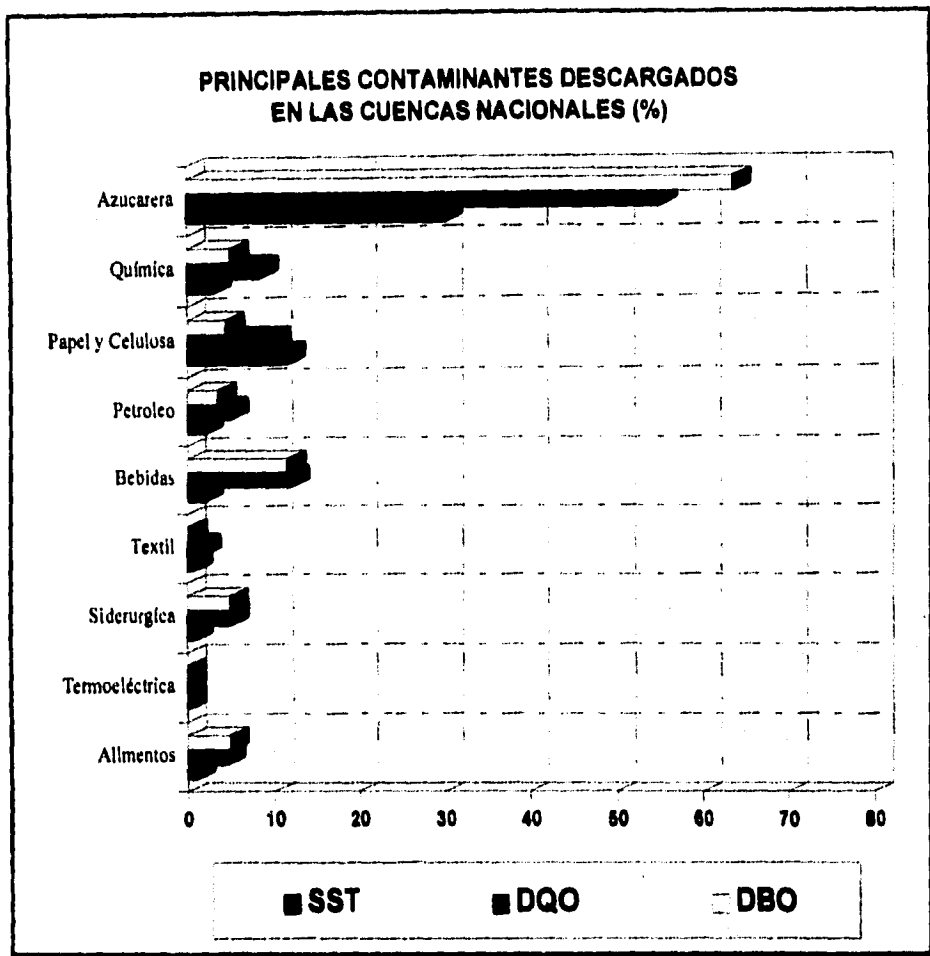
INDUSTRIA	EXT M <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	CONS M <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	DESC M <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup>	DBO T/A	DQO T/A	SST T/A	GYA T/A
AZUCARERA	2505.2	475.0	2 030.2	1 184 164.9	1 973 573.9	857 579.0	151 027.8
QUÍMICA	1463.1	823.5	682.9	105 152.9	248 280.8	80 703.0	1 103.4
PAPEL Y CELULOSA	507.2	150.8	352.6	87 701.0	169 530.8	170 929.7	188.4
PETROLERA	494	260.5	329.6	62 512.7	193 096.5	36 848.4	1 936 494.1
BEBIDAS	508.3	355.5	153	232 035.0	458 408.0	48 015.0	548.2
TEXTIL	221	3.9	217.2	6 939.7	28 399.6	1 379 268.4	163.0
SIDERÚRGICA	672.7	486.9	214.6	94 786.6	196 631.9	21 569.6	199.4
TERMOELÉCTRICA	259.8	148.5	111.1	----	----	----	----
ALIMENTOS	140.6	82.8	58.2	95 518.2	157 179.1	53 605.8	3 478.4
TOTAL	6771.9	2786.9	4 149.4	1868 811.1	3 425 100.6	2 648 518.9	2 093 203.7

FUENTE: Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera, SARH, Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

**CUADRO 2.4**  
**PRINCIPALES INDUSTRIAS USUARIAS**  
**Y CONTAMINADORAS DE AGUA.**  
**(distribución porcentual)**

INDUSTRIA	EXT	CONS	DESC	DBO	DQO	SST	GYA
AZUCARERA	36.99	17.04	48.93	63.36	57.62	32.38	7.22
QUÍMICA	21.61	29.55	16.46	5.63	7.25	3.05	0.05
PAPEL Y CELULOSA	7.49	5.41	8.50	4.69	4.95	6.45	0.01
PETROLERA	7.29	9.35	7.94	3.35	5.64	1.39	92.51
BEBIDAS	7.51	12.76	3.69	12.42	13.38	1.81	0.03
TEXTIL	3.26	0.14	5.23	0.37	0.83	52.08	0.01
SIDERÚRGICA	9.93	17.45	5.17	5.07	5.74	0.81	0.01
TERMOELÉCTRICA	3.84	5.33	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00
ALIMENTOS	2.08	2.97	1.40	5.11	4.59	2.02	0.17
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

FUENTE: Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera, SARH, Comisión del Plan Nacional Hidráulico.



Subcoordinación de Tecnología económica y Financiera. IMTA 1995.

La demanda de agua de la industria, considerada como extracción para su uso, es altamente concentrada y a nivel de cada región refleja importantes diferencias en relación con su peso relativo en la demanda total regional. El proceso de concentración geográfica de la industria es consustancial al proceso de urbanización y concentración de la

población y se influyen mutuamente, situación que genera una severa competencia por el uso del agua y elevadísimos costos para suministrar los volúmenes demandados. Adicionalmente, el carácter dinámico de este proceso impone en el mediano plazo situaciones verdaderamente críticas para satisfacer las demandas.

Conviene señalar que las industrias que demandan mayores volúmenes se autoabastecen principalmente con pozos. Excluyendo a la industria azucarera, se estima que el 77% del agua de uso industrial proviene de pozos concesionados y el resto de servicios públicos de agua potable 2.

La concentración de la industria ha influido significativamente en la sobreexplotación de los acuíferos. Desafortunadamente para el recurso agua, el desarrollo industrial es paralelo al desarrollo urbano, y viceversa, con lo que el abastecimiento de agua para ambos sectores es el mismo tanto en el tiempo como en el espacio. Consecuentemente, ambos sectores son por regla general competidores por el uso de la



misma agua y, en muchos de los casos, por la misma calidad con el consiguiente abatimiento de la cantidad y calidad disponible para ambos.

Con el fin de conocer el interés nominal que tiene el agua en el marco legal nacional, así como las características técnicas interrelacionadas con otras legislaciones, es necesario estudiar detalladamente las leyes pertinentes con el fin de conocer, innovar y legislar este marco, tratando de llegar a una mayor eficiencia en el uso del agua (como cuerpo receptor), buscando se disminuya la contaminación actual generada por el sector.

---

<sup>2</sup> Foro de consulta popular sobre el agua. CNA 1994.

# Capitulo III

### **III.- ANÁLISIS NORMATIVO**

En su concepción general el presente análisis pretende presentar un marco legal orientado a la protección y administración del recurso.

#### **III.I.-EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LEYES DE AGUAS**

Se puede apreciar que las Leyes e instituciones han evolucionado conforme a las necesidades impuestas por la sociedad mexicana. Así, cuando se requirió apoyar la producción agrícola, se expide en 1926 la Ley Sobre la Irrigación con Aguas Federales y se Instituye la Comisión Nacional de Irrigación.

A partir de la extensión de las demandas de los distintos usos del agua así como de la presencia de conflictos entre los usuarios por la obtención del líquido, fue necesario expedir en 1934 la Ley de Aguas de Propiedad Nacional, que introdujo normas de control, ordenamiento y sanción, para ordenar los usos e incluso establecer distintas formas de asociaciones de usuarios.

Cuando la extracción de aguas subterránea sin control empezaba a ocasionar problemas fuertes de sobreexplotación y clandestinaje, se tuvo que declarar de interés público su extracción y su utilización, y contar con la necesaria fundamentación legal para el establecimiento de vedas y reservas de agua del subsuelo, mediante la Ley Reglamentaria del párrafo 5o Constitucional en materia de agua del subsuelo y su reglamento de 1958.

En el momento en que el país trata de adquirir su modelo de desarrollo industrial, se hizo necesario que el gobierno federal interviniera en la planeación, construcción y operación de obras de agua potable a las poblaciones, decretandose así la Ley Federal de Ingeniería Sanitaria de 1948.

Para 1971 se expide La Ley Federal de Aguas, que es el momento cuando se empiezan a presentar conflictos por la intervención de diversas instancias gubernamentales en el uso y aprovechamiento del agua, y se hace necesario establecer normas con igual rigor, que

regularan la extracción de aguas subterráneas que redefinan la forma, trámite, control y vigilancia de las concesiones otorgadas a los usuarios públicos y privados.

Posteriormente la situación de la contaminación del agua se tornaba crítica en las cuencas nacionales, expidiéndose entonces en 1973 el reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua y en 1991 entra en vigor los derechos por descarga de agua residual contaminada.

Para el apoyo financiero fueron creadas las acciones de manejo del agua, y haciendo partícipes de manera más intensa a los usuarios, introduciéndose un capítulo de agua en la Ley Federal de Derechos de 1982, y en 1986 entra en vigor la nueva Ley de Contribución de Mejoras por las Obras Públicas de infraestructura Hidráulica, reformada para 1991.

Tras la necesidad de introducir un sistema de planeación sistemática en el uso o aprovechamiento del agua, la construcción de obras y la orientación regional de usos y usuarios en un horizonte de

mediano y largo plazo se elabora en 1975, y se actualiza en 1981, el Plan Nacional Hidráulico, y se introducen en la Ley Federal de Derechos de 1986, cuotas diferenciales a la zona de disponibilidad del agua.

Al inicio de la presente década las obras hidráulicas seguían en marcha pero se requería un nuevo marco de política, nuevas leyes e instituciones que permitieran a la sociedad hacer frente a nuevos retos en su tarea de hacer del agua un factor de progreso y motor del desarrollo sustentable del país. De hecho, la legislación estaba siendo rebasada en la práctica; por un lado, al avanzar la instrumentación de la nueva política del agua y la reestructuración del marco institucional para la administración del recurso, y por otro lado, al concretarse distintas políticas asociadas a la redefinición del papel del Estado en torno a su aprovechamiento y administración.

Apoyándose en la Comisión Nacional del Agua que fue creada en 1989 como su brazo ejecutor, la instrumentación de la nueva política del agua se sustentó en siete líneas de estrategia:

- Promover, con criterios de descentralización, la creación de organizaciones financieramente sanas y administrativamente autónomas.

- Fortalecer el sistema financiero del agua, con el objeto de garantizar la sustentabilidad del desarrollo hidráulico, así como la adecuada administración del recurso y la preservación de su calidad.

- Consolidar el tratamiento integral de la planeación y administración de las aguas superficiales y subterráneas, en cantidad y calidad, en todos los usos y en su manejo unitario por cuencas hidrológicas.

- Incorporar, en la planeación, desarrollo y manejo de los recursos hidráulicos, criterios que permitan armonizar los objetivos nacionales de eficiencia económica, desarrollo social y sustentabilidad ambiental.

- Desarrollar la capacidad tecnológica que las circunstancias y realidades del país demandan; para avanzar firmemente en los objetivos del desarrollo hidráulico nacional del uso eficiente del agua y de la preservación y mejoramiento de su calidad.

- Fortalecer la capacidad institucional del sector agua, incluida la modernización de su marco jurídico y de sus instituciones y la actualización de sus políticas hidráulicas específicas. El mejoramiento de sus sistemas de información y de sus procedimientos en el desarrollo de una mejor capacidad técnica y profesional de las personas y las organizaciones que participan en el sector.

- Dar realidad a la nueva cultura del agua, favoreciendo la participación informada de la sociedad en la planeación, aprovechamiento y administración de los recursos hidráulicos del país.



Conforme a sus objetivos, la Ley de Aguas Nacionales recoge la experiencia de la tradición hidráulica que ha distinguido al país y se ajusta a la situación actual. Recoge también las recomendaciones derivadas de la experiencia internacional y se incarta en el conjunto de legislaciones que se han adecuado, para responder plenamente para responder a las necesidades de desarrollo y administración integral del recurso cuyas principales acciones características son:

- Reitera el principio constitucional por el cual la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a la leyes mexicanas, sólo puede realizarse mediante título de concesión otorgado por el ejecutivo a través de la Comisión Nacional del Agua.

- Considera explícitamente el objetivo de regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su calidad, para lograr el desarrollo integral sustentable de los recursos hidráulicos del país.

- Da un tratamiento integral a la administración del recurso, en cantidad y calidad, considerando las aguas superficiales y las subterráneas como un recurso unitario.
  
- Establece claramente el marco institucional para la administración del recurso hidráulico, esclareciendo el papel rector del estado y la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno.
  
- Propicia una mayor participación de los usuarios en el aprovechamiento y administración del recurso.
  
- Incorpora la planeación hidráulica, como un punto básico para la planeación del recurso por cuenca hidrológica.
  
- Establece los principios de una administración objetiva para regular los derechos y obligaciones de los usuarios del recurso y los complementa con disposiciones específica para los usos más

importantes: el uso agrícola; los servicios públicos de agua potable y alcantarillado y saneamiento; la generación de energía hidroeléctrica y otros usos productivos.

- Establece disposiciones específicas para la regulación de las cuencas y acuíferos que presentan cierto problema de escasez, sobreexplotación o contaminación a través del establecimiento de zonas reglamentadas o zonas de veda o de reserva.

- Otorga un mayor énfasis a los aspectos de control de contaminación del agua para lo cual establece las bases para la instrumentación de un sistema de permisos de descarga de aguas residuales, con objeto de asegurar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia ecológica, así como las demás condiciones que impongan los objetivos de calidad del agua que se establezcan.

- Incorporan mecanismos de mercado y confirman la obligación de pagar los derechos por el uso del agua y por el alejamiento de

las aguas residuales, para lograr el uso eficiente del agua y la conservación de su calidad.

- Amplia los mecanismos de participación de la iniciativa privada en el financiamiento de desarrollo hidráulico.
- Establece un marco de transición para que los usuarios existentes puedan ajustar sus descargas a las normas oficiales mexicanas y condiciones particulares de descarga.

Su aplicación inmediata se apoya además en las disposiciones que contienen su reglamento, mismo que toma en cuenta las condiciones existentes en la explotación, uso y aprovechamiento del agua, para adaptarlas gradualmente a los nuevos instrumentos regulatorios, y a los objetivos de la política hidráulica nacional. De esta manera dentro de las perspectiva más global con la que fue diseñada la nueva ley, el reglamento puede ajustarse sucesivamente para facilitar su estricto cumplimiento.

De acuerdo con los objetivos establecidos, La Ley de Aguas Nacionales se estructura en diez títulos.

Así mismo, para facilitar su aplicación el reglamento de la ley organiza los diez títulos cuyo contenido complementa a los de la propia ley.

El título séptimo está dedicado a la prevención y control de la contaminación de las aguas, uno de los aspectos fundamentales que dio lugar a la transformación del marco jurídico. En este título se conforma la administración de la calidad del agua a través de su instrumento fundamental, que es el permiso de descarga de aguas residuales y las normas oficiales mexicanas.

### **III.II.- VINCULACIÓN CON LAS LEYES RELEVANTES.**

#### **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.**

Es la norma máxima del derecho mexicano y de ella se deriva la Ley de Aguas Nacionales. Aunque los artículos 4, 25, 27, 73 y 115 están relacionados con la regulación de las conductas que alteran el medio

ambiente, el artículo 27 en sus párrafos 5o y 6o es de donde se establece La Ley de Aguas catalogando de nacionales a la mayoría de las aguas que escurren, corren o infiltran por el territorio nacional, y al obligarse que el uso o aprovechamiento del agua sólo podía hacerse mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal. Se esta fundamentando la ley, que ya delega estas funciones a la Comisión Nacional del Agua (CNA). En la misma carta magna se fundamenta la obligación a contribuir a los gastos públicos y se atribuye al Congreso de la Unión la facultad para expedir leyes sobre la materia y para establecer contribuciones sobre el aprovechamiento del agua.

### **LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.**

Esta Ley se relaciona básicamente con la Ley de Aguas Nacionales, en cuanto a que fundamenta la obligación de cumplir con las normas oficiales mexicanas y permisos de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales y locales. Adicionalmente regula y obliga a la manifestación de impacto ambiental en construcción de obras, que puedan constituir un riesgo a la contaminación de los

recursos naturales. Igualmente, se establecen facultades en materia de prevención y control de contaminación del agua a las distintas dependencias y entidades involucradas.

## **LEY DE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN.**

Esta Ley establece los procedimientos a los que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales para expedir normas en materia hidráulica y relacionarlas con la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en cuencas y acuíferos. Igualmente se determinan los procedimientos de verificación y vigilancia de normas.

Respecto a la normativa local, cada una de las entidades federativas tiene sus respectivas leyes de agua potable y alcantarillado, así como las correspondientes en materia de saneamiento y aspectos ambientales.

Entre los tratados y convenciones relacionados con las aguas nacionales, que se aplican como si fueran Ley que destacan: La convención de 1906 y el tratado sobre aguas nacionales celebrado en

1944 entre Los Estados Unidos Mexicanos y Los Estados Unidos de América. El Tratado de Libre Comercio entre México, Los Estados Unidos y Canadá, en su versión original, no incluye regulación específica alguna sobre las aguas; sin embargo, se infiere el efecto que permitirá en su futura regulación, por lo que se refiere a la preservación y control de la calidad de las aguas.

También con el otro tratado de Libre Comercio se fundamentó en 1993 acuerdos sobre el establecimiento de la Comisión Ecológica Fronteriza y el Banco de Desarrollo de América del Norte; organismos binacionales que contemplan el financiamiento de la infraestructura ecológica de la frontera; preferentemente en proyectos de contaminación del agua y de tratamiento de agua residual.

### **LEY FEDERAL DE DERECHOS.**

La Ley de Aguas Nacionales y su reglamento se complementan con las disposiciones de la Ley Federal de Derechos, que establecen el Derecho Federal por el uso y aprovechamiento de bienes del dominio



Público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, con lo cual se pretende evitar, a través del mecanismo fiscal la contaminación de dichos bienes, al estimular a los usuarios a descargar aguas de buena calidad. De esta manera se establece el compromiso de hacer realidad la conservación del agua y de garantizar la salud y el desarrollo sustentable de la sociedad.

La recaudación del derecho por uso de bienes de dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales tienen como objetivo prevenir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua del país y se paga en función del grado de contaminación que contienen las descargas.

La imposición de gravámenes a las descargas de aguas residuales existe en varios países, causandose este derecho para cualquier nivel de contaminación. En el caso de México, La Ley Federal de Derechos establece que solo pagará quien vierta aguas residuales con concentraciones que superen las normas permitidas en la norma ecológica aplicable y permisos de descarga. Conviene subrayar que el

pago del derecho no exime a los responsables de las descargas de la obligación de cumplir con la normatividad ecológica; esto es el pago del derecho no constituye un permiso para contaminar.

En todo caso, se pretende que la recaudación que se obtenga por la aplicación del derecho de descarga se destine al financiamiento de los programas que la CNA instrumento para la prevención y control de la contaminación del recurso. Por lo tanto, conviene reiterar que el propósito de este instrumento fiscal no es recaudar, sino inducir a los emisores de las descargas contaminantes a que realicen las inversiones necesarias para crear la infraestructura de tratamiento adecuado que les permita devolver a los cauces agua con la calidad que establece la normatividad ecológica vigente. En este sentido, se tiene que el derecho por descargas de aguas residuales un instrumento que permite ejercer una presión económica sobre aquellos agentes que con sus descargas contaminan los cuerpos de agua de la nación.

## LEY GENERAL DE SALUD

En el Capítulo IV de esta Ley se determina que las autoridades sanitarias establecen normas, toman las medidas y realizan las actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños al ambiente. Se reconoce que la formulación y conducción de la política de saneamiento ambiental corresponde a la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana. Respecto a la calidad del agua y la prevención de su deterioro, esta Ley prevé como facultad de la Secretaría emitir las normas técnicas en las que deben sujetarse para el tratamiento del agua de uso y consumo humano y para establecer criterios sanitarios para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales con el fin de evitar riesgos y daños a la salud pública. También establece en forma determinante la prohibición de descargar aguas residuales en cualquier cuerpo de agua superficial o subterránea cuyo destino sea el uso o consumo humano. La infracción a esta última disposición sanciona desde multas significativas y hasta clausuras y pena de formal prisión.

## **LEY DE CONTRIBUCIÓN DE MEJORAS POR OBRAS PUBLICAS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA.**

Esta Ley aplica cuotas en relación a la inversión federal realizada en la construcción o rehabilitación de la infraestructura hidráulica. Es aplicable a las obras de riego y a las obras de suministro de agua en bloque a centros de población industriales y recreativos.

En su inicial publicación (31 de diciembre de 1985) establece la forma y el mecanismo para recuperar parte de las inversiones federales en obras hidráulicas, mediante contribuciones de los usuarios cuyo monto es proporcional al beneficio que reciben de ellas.

### III.III CONCLUSIONES.

La legislación mexicana referente a la preservación del medio ambiente esta considerada como una de las más completas y avanzadas en todo el mundo. Desafortunadamente no es la más adecuada actualmente debido a que la aplicabilidad de estas legislaciones es la de protección al medio ambiente y no la de preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Sería imposible influir en un equilibrio natural mediante la regulación jurídica, en lugar de proteger al ambiente de actividades contaminadoras a gran escala. Existe por ejemplo (por carecer de criterios económicos), cierto desinterés referente a los cargos fiscales por descargas industriales, por lo que el costo de la contaminación del agua no es visto desde un punto de vista social; este desinterés se refleja también en el escaso financiamiento hacia obras que resulten imprescindibles para el control de dicha contaminación. Actualmente, la problemática ecológica llega al punto de provocar presiones sociales sobre el Estado generandose diversas políticas ambientales sobre cada entidad federativa.

Bajo las perspectivas económicas actuales el tema ambiental se convierte en prioritario, no sólo por ser base del desarrollo, sino porque se impone como condicionante para la actual liberación del comercio, ya que a nivel global, existe una exigencia para que la industria y los que explotan los recursos naturales carguen con los costos de reparación del deterioro ambiental que ocasionan con sus actividades.

Dentro de nuestras relaciones comerciales internacionales, esto último se expresa en dos sentidos:

- 1) Los representantes de los grupos sociales en los órganos legislativos de los países socios exigen un avance en la protección ambiental para aquellos países con los que tienen relaciones comerciales.
- 2) La proyección ambiental en nuestras relaciones comerciales es el de los propios productores, a quienes les imponen costosas obligaciones para proteger el ambiente en sus países de origen y que obviamente impactan el precio final de sus productos.

Consecuentemente los mencionados sostendrán que no es conveniente para ellos competir con productores que no tienen que sufragar los gastos de una exigente legislación ambiental.

La actual liberalización del comercio tendría varios efectos sobre la conservación o el deterioro de los recursos naturales y sobre las políticas ambientales del gobierno y de las industrias, pues junto con las condiciones tecnológicas serán determinantes para el futuro desarrollo económico del país.

# Capitulo IV



#### **IV.PROBLEMÁTICA NACIONAL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR LA INDUSTRIA.**

Después de analizar el esqueleto legal que rige directa e indirectamente las actividades industriales, proseguimos a estudiar la situación sobre la cual surgirán criterios económicos y sociales adecuados a la realidad nacional, para el establecimiento de tarifas dentro de la legislación.

##### **IV.I ESTIMACIÓN SOBRE EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA POR TIPO DE INDUSTRIA**

En nuestro país existen estudios que cuantifican a nivel nacional el uso y la contaminación del agua y señalan que las industrias de mayor importancia en cuestión de contaminación son: la siderurgia, la azucarera, petrolera, papel y celulosa, química alimenticia, de bebidas y textil. Dichas industrias aportan casi el 90% del total de la contaminación de todas las industrias en todo el país.

## USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El crecimiento del sector industrial ha sido muy inestable e incluso estancado en los últimos 30 años. Como usuario del agua este sector ha incrementado su extracción; así, desde 660 millones de M3 que la industria nacional extraía en 1950, este volumen aumentó a 8 008.4 millones de M3 en

**CUADRO 4.1**  
**EXTRACCIÓN NACIONAL DE AGUA 1950-2000**  
**(MILLONES DE M3 AL AÑO)**

EXTRACCION					
AÑO	Riego	Generación Eléctrica	Agua Potable	Industria	TOTAL
1950	29 500.0	7 700.0	500.0	660.0	38 360.0
1955	33 100.0	21 260.0	940.0	1 428.0	56 728.0
1960	36 700.0	34 820.0	1 380.0	2 196.0	75 096.0
1965	40 300.0	48 380.0	1 820.0	2 964.0	93 464.0
1970	43 900.0	61 940.0	2 260.0	3 732.0	111 832.0
1975	47 500.0	75 500.0	2 700.0	4 500.0	130 200.0
1980	46 720.2	61 089.4	3 472.2	5 053.0	116 334.8
1985	45 940.4	46 678.8	4 244.4	5 607.0	102 470.6
1990	45 160.6	32 268.2	5 016.6	6 160.0	88 605.4
1995	44 380.8	17 857.6	5 788.8	8 008.4	76 035.6
2000	43 601.0	3 447.0	6 561.0	9 276.0	62 885.0

FUENTES 1) SARH, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, Documento No. 21, Perfil del Uso del Agua en las Plantas de Nueve Industrias, México. 1979  
2) SARH, Comisión del Plan Nacional Hidráulico; Plan Nacional Hidráulico 1981. México 1981.

1995. Dicho volumen extraído representa a nivel nacional el 10.5% del total destinado a todos los usos, porcentaje similar al 7.5% del sector urbano.

Desafortunadamente para el recurso agua, el desarrollo industrial es paralelo al desarrollo urbano y viceversa, con lo que el abastecimiento de agua ocupa la misma problemática para ambos sectores.

### **ESTIMACIÓN DEL USO DEL AGUA POR TIPO DE INDUSTRIA.**

Estudios anteriores han logrado determinar un perfil del uso y contaminación del agua. Estos mismos han puesto de manifiesto cuáles y cuántas son las actividades industriales que representa la mayor importancia para la planeación adecuada del recurso agua. Sin embargo, esta misma planeación requiere del conocimiento de información que traspase los resultados obtenidos en los estudios referidos.

En este sentido, no es posible citar por ejemplo, el punto donde las plantas usan y contaminan el agua dentro de un municipio, y menos aún la participación de cada una de ellas.

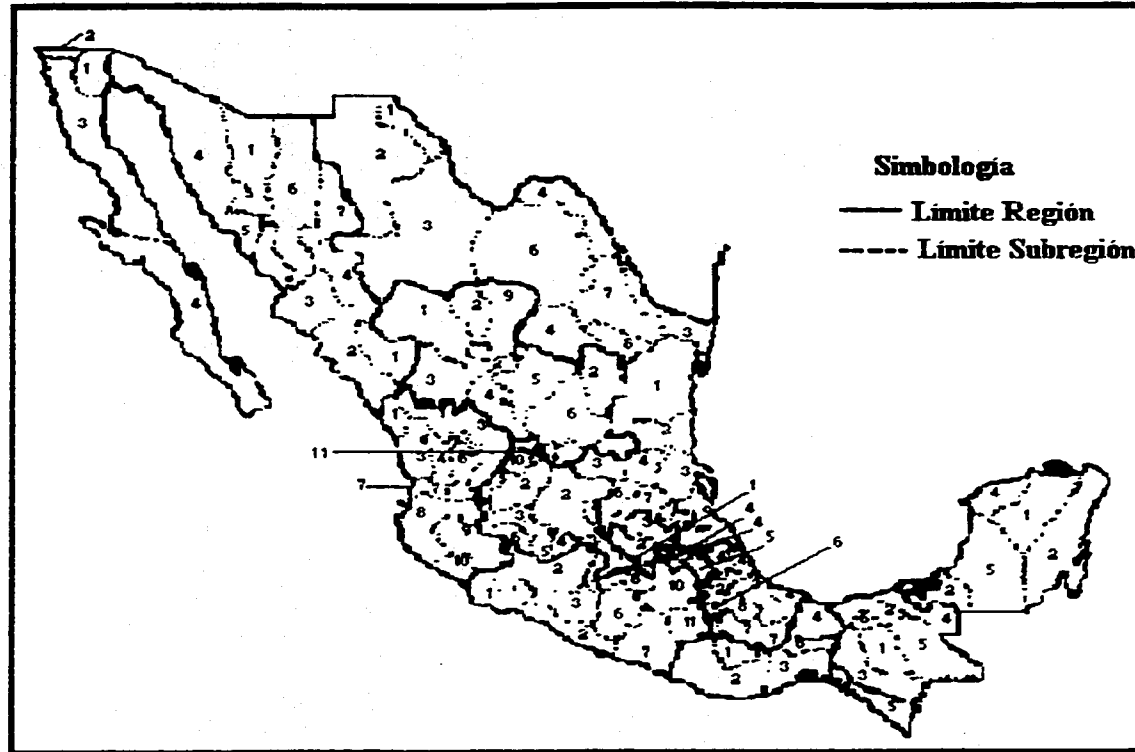
Una solución a esta interrogante abre el camino para conocer el grado de competencia que la industria representa a nivel local para el uso urbano y permite conocer la participación de la industria en la contaminación provocada en las corrientes receptoras de los desechos industriales. Esta solución permite establecer políticas y recomendaciones que tiendan a modificar las prácticas actuales del uso y contaminación del agua en el sector industrial.

Los resultados mencionados anteriormente sobre uso y contaminación del agua se refieren a la industria clasificada por actividad según la agrupación del Catálogo Mexicano de actividades económicas. Dicho catálogo considera sesenta actividades, para la industria de la transformación; de ellas las ocho mencionadas anteriormente son de primordial importancia para este estudio. Por su extracción efectuada, se les adicionó posteriormente la generación de energía termoeléctrica. El estudio a nivel nacional de las sesenta actividades no toma en cuenta los lugares en que dichas actividades se desarrollan, ya que sólo analiza las identificadas en los 2 575

municipios del país que fueron censados con esta finalidad por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1990).

Con el objeto de estudiar el sector industrial desglosándolo por lugares de uso de agua a nivel local, en este documento se revisan las industrias que componen las actividades económicas más importantes, incluyendo la termoeléctrica. Es decir, se revisa el uso del agua en las plantas industriales de las actividades siguientes: azucarera, siderúrgica, papel y celulosa, petróleo, química, alimenticia, bebidas, textil y eléctrica en lo referente a plantas térmicas.

Para esto se utilizó la división geográfica correspondiente al Plan Nacional Hidráulico de 1988, el cual divide a la República Mexicana en 14 regiones hidrológicas con sus respectivas subregiones (ver cuadro 3.2-3), tal como se muestra en la ilustración 1 (Regionalización y Subregionalización)



**ILUSTRACIÓN 1.**  
**Regionalización-Subregionalización (Ilustración 1)**

## REGIONALIZACIÓN Y SUBREGIONALIZACIÓN HIDRÁULICA (CPNH 1988)

CUADRO 3.2

Región I Baja California	Región II Noreste	Región III Pacífico Centro	Región IV Balsas	Región V Pacífico Sur Istmo	Región VI Bravo	Región VII Golfo Norte
1 Mexicali 2 Tijuana 3 Ensenada 4 B. C. Sur	1 DGO Oeste 2 Sin. Centro 3 Sin. Nie. 4 Alto Fuerte 5 Son. Sur 6 Yaqui Medio 7 Alto Yaqui 8 Alto Sonora 9 Son. Norte	1 Sin. Sur 2 DGO Sur 3 Santiago 4 Alto Nay. 5 Zac. Oeste 6 Tequila 7 Nay. Sur 8 Costa Jal. 9 Alto Armería 10 Colima	2 Costa Grande 3 Mich. Sierra 4 Edo. Mex. Balsas 5 Bajo Balsas 6 Medio Balsas 8 Morelos 9 Tlax. Balsas 10 Pue. Balsas 11 Oax. Balsas	1 Oax. Centro 2 Oax. Sierra 3 Oax. Istmo 4 Ver. Istmo 5 Soconusco 6 Istmo Centro	1 Juarez 2 Sierra 3 Conchos 4 Bravo 5 Bajo Bravo 6 Centro 7 N.L. Norte 8 N.L. Centro 9 Saltillo	1 Tamps. Nie. 2 Tamps. Sur 3 Ver. Norte 4 San Luis Potosí 5 Río Verde 6 Qro. Pánuco 7 Sierra de Hgo. 8 Sierra de Puebla 9 Planicie Ver.

CUADRO 3.3

Región VIII Papaloapan	Región IX Grijalva-Usumacinta	Región X Península de Yucatán	Región XI Cuencas Corrales	Región XII Lerma	Región XIII Valle de México	Región XIV Cuencas Centro
1 Industrial Costa 2 Industrial Alta 3 Planicie Costera 4 Tuxtla 5 Cañada 6 Mixteca 7 Sierra Mixte-Juárez 8 Tuxtepec	1 Chis. Centro 2 Chontalpa Tab. 3 Meseta Chiapaneca 4 De los Ríos 5 Lacandona 6 Chontalpa	1 Carmen 2 Quintana Roo 3 Valladolid 4 Mérida 5 Campeche	1 Nazas 2 Lagunas de Hidalgo 3 Durango 4 Zacatecas 5 Salado Zacatecas 6 Salado S.L.P. 7 Potosina 8 N.L. Sur 9 Laguna Coah	1 Edo. de Mex. 2 Edo. de Gto. 3 Maravatío 4 Morelia 5 La Piedad 6 Zamora 7 La Barca 8 Altos de Jalisco 9 Guadalajara 10 Aguascalientes 11 Zacatecas Sur 12 Querétaro	1 D.F. 2 Edo. Méx. Pánuco 3 Hgo-Valle 4 Tlax-Valle 5 Pue-Valle	a) Michoacán Costa. b) Costa Chica-Alto Balsas.

## INDUSTRIA AZUCARERA

Esta Industria no tiene la regularidad a lo largo del año que representan otras industrias, en lo que a uso de agua se refiere, ya que sólo opera en períodos que van de noviembre de un año a julio del siguiente (período de zafra), con el consiguiente incremento en el uso del agua en ese lapso.

La localización geográfica de los ingenios que operan en el país se muestra en la Ilustración 2 el cual muestra un total de 61 plantas instaladas en todo el país. En el cuadro I se resumen las características y los resultados obtenidos para las plantas que operaron en la zafra 1993-94. Es importante hacer notar que las plantas azucareras están situadas en zonas de amplia disponibilidad de agua.



**ILUSTRACIÓN 2.**

Ubicación Geográfica de las Plantas Refinadoras de Azúcar. CPNH 1995.



**CUADRO I**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA.**

REGIÓN	SUBREGIÓN	Total de Plantas Instaladas	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO T/A	SST T/A	DDO T/A	G Y A KG/AÑO
II Noroeste	2	2	106.2	20.4	85.8	50 061.8	36 255.0	83 434.8	6 384 854.2
	3	1	160.3	34.5	125.8	73 374.9	53 138.5	122 289.4	9 358 204.1
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>266.5</b>	<b>54.9</b>	<b>211.6</b>	<b>123 436.7</b>	<b>89 393.5</b>	<b>205 724.2</b>	<b>16 743 058.3</b>
III Pacífico Centro	3	3	91.2	18.3	72.9	42 520.1	30 793.3	70 865.6	5 422 997.4
	8	4	112.7	30.7	82.0	47 827.8	34 637.2	79 711.7	6 099 942.2
	9	5	48.6	16.5	32.1	18 722.9	13 559.2	31 204.2	2 387 904.2
	10	1	25.5	8.6	16.9	9 857.2	7 138.6	16 428.4	1 257 183.2
	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>278.0</b>	<b>74.1</b>	<b>203.9</b>	<b>118 928.0</b>	<b>86 128.3</b>	<b>198 209.9</b>	<b>15 168 027.0</b>
IV Balsas	3	4	101.9	18.3	83.6	48 761.1	35 313.0	81 267.0	6 218 965.5
	6	1	2.5	0.5	2.0	1 166.5	844.8	1 944.2	148 779.1
	8	3	166.3	29.6	136.7	79 732.5	57 742.7	132 885.2	10 169 050.1
	10	1	58.1	9.1	49.0	28 580.1	20 697.8	47 632.6	3 645 087.4
	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>328.8</b>	<b>57.5</b>	<b>271.3</b>	<b>158 240.2</b>	<b>114 598.3</b>	<b>263 729.0</b>	<b>20 181 882.1</b>
V Istmo de Tehuantepec	3	1	8.0	1.9	6.1	3 557.9	2 576.7	5 929.8	453 776.2
	1	1							
VII Golfo Norte	2	1	201.9	31.0	170.9	99 680.2	72 189.0	166 130.8	12 713 172.3
	3	1	53.4	10.4	43.0	25 080.5	18 163.4	41 800.0	3 198 750.2
	4	1	78.9	14.4	64.5	37 620.7	27 245.1	62 700.1	4 798 125.3
	5	1	10.0	2.6	7.4	4 316.2	3 125.8	7 193.5	550 482.6
	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>90.2</b>	<b>13.0</b>	<b>77.2</b>	<b>45 028.2</b>	<b>32 609.7</b>	<b>75 045.6</b>	<b>5 742 872.5</b>
VIII Papaloapan	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>442.4</b>	<b>73.3</b>	<b>369.1</b>	<b>215 283.7</b>	<b>155 909.7</b>	<b>358 799.8</b>	<b>27 457 179.1</b>
	1	5	147.0	31.0	116.0	67 658.9	48 999.0	112 762.9	8 629 186.6
	2	7	349.1	61.1	288.0	167 980.7	121 652.6	279 963.0	21 424 187.4
	3	2	263.0	36.7	226.3	131 993.2	95 590.2	219 984.8	16 834 352.8
	4	5	188.4	31.9	156.5	91 281.2	66 106.4	152 132.7	11 641 962.9
	5	1	26.1	4.6	21.5	12 540.2	9 081.7	20 900.0	1 599 375.1
	8	3	115.2	24.8	90.4	52 727.3	38 185.4	87 877.3	6 724 814.4
	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>1 088.8</b>	<b>190.1</b>	<b>898.7</b>	<b>524 181.5</b>	<b>379 615.3</b>	<b>873 620.7</b>	<b>66 853 879.2</b>
IX Grijalva-Usumacinta	1	1	20.5	3.8	16.7	9 740.5	7 054.2	16 234.0	1 242 305.3
	2	3	50.1	13.3	36.8	21 464.2	15 544.5	35 773.1	2 737 535.1
	4	1	10.0	3.1	6.9	4 024.5	2 914.6	6 707.4	513 287.8
	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>80.6</b>	<b>20.2</b>	<b>60.4</b>	<b>35 229.2</b>	<b>25 513.3</b>	<b>58 714.5</b>	<b>4 493 128.2</b>
XI Península de Yucatán	5	1	20.1	4.9	15.2	8 865.6	6 420.6	14 775.8	1 130 721.0
	1	1							
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>26</b>	<b>63</b>	<b>2 505.2</b>	<b>475.0</b>	<b>2 030.2</b>	<b>1 184 165.0</b>	<b>857 579.0</b>	<b>1 973 573.99</b>	<b>151 027 874.9</b>

FUENTE : " Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA Jirtepec Mor., 1995.

Las diferencias como usuarios y contaminadores del líquido que existen entre las plantas, son debidas principalmente a su ubicación y tamaño, lo cual hace que los volúmenes extraídos por cada una de ellas varíen desde menos de un millón de M<sup>3</sup>, hasta 149 millones máximo.

El resumen nacional indica que en la zafra 1993-94 se molieron 32.4 millones de toneladas de caña con lo que se determina que esta industria extrajo en conjunto 2 505.2 millones de M<sup>3</sup>, con un consumo de 475 millones de M<sup>3</sup>, y una contaminación estimada en 1 184 165 toneladas de DBO, 1 973 574 de DQO, 857 579 toneladas de sólidos suspendidos totales y 151,027,875 kilogramos de Grasas y Aceites los que en términos relativos de DBO urbano equivalen a la contaminación generada por 12.6 millones de habitantes.

Reagrupando los resultados particulares de cada planta, en las regiones contempladas por el CPNH, se obtiene que en las regiones: Balsas IV, Papaloapan VIII y Pacífico Centro III se localizan el 72% de las instalaciones (45 plantas) con la consiguiente concentración del uso y la contaminación del agua.

En el cuadro I sobresale este hecho, dado que en las regiones antes mencionadas se observa que del total del agua extraída en la industria azucarera el 68% corresponde a estas tres regiones las cuales generaron el 70% del total de la contaminación generada por esta industrial.

## INDUSTRIA QUÍMICA

Para la elaboración del resumen de la Industria Química se analizaron cuatro rubros los cuales se refieren a: la industria química básica la cual produce ácidos y bases o sales químicas; petroquímica, que produce benceno, tolueno, metanol etanol, etc.; agroquímica encargada de producir fertilizantes y; química farmacéutica, que produce medicinas propias de la industria farmacéutica.

En el cuadro II se muestra que la industria química se ubica en once de las catorce regiones establecidas por la CPNH, con una concentración del 14.76% del total de las plantas Instaladas (21 plantas) en las

---

<sup>1</sup> Proporción estimada en base al estudio " Perfil del uso del agua en las plantas de nueve industrias". SARH 1976.

regiones Istmo V; Lerma XII, con un 16.67% (24 plantas); y Valle de México XIII, con 36.67% (57 plantas) del total de las plantas instaladas, por lo que puede decirse que en estas tres regiones se extrae el 80 % del total del agua para la industria química.

En lo referente a las descargas, podemos observar que la industria química descargo un total de 105 152.7 toneladas de DBO, 80 703.1 toneladas de SST, 248 280.8 toneladas de DQO y un total de 1,103,480 kgs. en grasas y aceites.

**CUADRO II**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA.**

REGIÓN	SUBREGIÓN	Total de Plantas Instaladas	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO T/A	SST T/A	DDO T/A	G Y A KG/AÑO
I Baja California	2	1	1.0	0.4	0.6	89.6	68.7	211.5	939.9
	4	1	0.8	0.3	0.6	87.2	66.9	205.9	914.9
	2	2	1.8	0.7	1.2	176.8	135.6	417.4	1 854.8
IV Balsas XIV C. Centro	8	1	1.5	1.4	0.2	23.8	18.3	56.3	250.2
	9	1	0.5	0.3	0.3	40.1	30.8	94.7	420.7
	10	12	24.5	11.3	13.2	2 032.2	1 559.7	4 798.3	21 325.8
	3	14	28.5	13.0	13.7	2 006.1	1 608.8	4 949.3	21 996.7
V Istmo de Tehuantepec	2	1	3.7	1.6	2.0	311.2	238.8	734.7	3 265.5
	4	20	897.7	495.1	402.6	61 993.1	47 578.8	146 374.7	650 560.3
	2	21	901.4	496.7	404.6	62 304.3	47 817.6	147 109.4	653 825.8
VI Bravo	3	3	38.8	12.0	26.9	4 139.8	3 177.2	9 774.6	43 443.0
	5	6	4.4	1.9	2.4	374.8	287.7	885.0	3 933.3
	6	2	8.4	2.9	5.5	850.7	652.9	2 008.5	8 926.9
	7	15	24.2	15.3	8.9	1 371.4	1 052.5	3 238.0	14 391.4
	8	10	17.6	17.2	0.4	62.6	48.0	147.8	656.9
	9	1	3.1	2.9	0.2	38.3	29.4	90.4	401.9
	6	37	95.5	52.2	44.3	6 837.6	5 247.7	16 144.3	71 753.4
VII Golfo Norte	2	3	40.7	19.9	20.8	3 194.9	2 452.0	7 543.7	33 527.7
VIII Papaloapan	1	1	9.7	43.4	8.3	1 277.9	980.8	3 017.4	13 410.9
IX Grijalva-Usumacinta	1	1	73.0	32.7	40.3	6 207.0	4 763.8	14 655.6	65 136.4
XI Cuencas Cerradas	2	2	34.6	17.0	17.5	2 697.5	2 070.3	6 369.1	28 307.3
	7	3	13.9	5.2	8.7	1 338.6	1 027.3	3 160.6	14 047.3
	2	10	171.9	118.2	95.6	14 715.9	11 294.2	34 746.4	154 429.6
XII Lerma	1	8	27.8	12.2	15.5	2 390.3	1 834.5	5 643.8	25 084.0
	2	7	82.6	30.8	51.8	7 974.9	6 120.6	18 829.9	83 689.3
	4	1	0.2	0.0	0.1	17.2	13.2	40.6	180.5
	5	2	5.5	4.3	1.2	191.7	147.1	452.5	2 011.2
	7	2	16.1	7.3	8.8	1 362.6	1 045.8	3 217.3	14 299.1
	9	4	53.4	30.8	22.7	3 489.3	2 677.9	8 238.6	36 616.5
XIII Valle de México	6	24	185.6	85.4	100.1	15 426.0	11 839.1	36 422.7	161 880.6
	1	11	2.3	0.8	1.5	226.2	173.6	534.2	2 374.1
	2	46	78.4	56.5	21.9	3 370.0	2 586.4	7 957.1	35 365.4
TOTAL NACIONAL	2	57	80.4	57.3	23.4	3 596.2	2 760.0	8 491.3	37 739.5
	26	166	1 463.1	823.5	682.9	105 162.9	80 703.0	248 280.8	1 103 480.4

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA Jiutepec Mor., 1995.

## INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA

El análisis del uso del agua en la industria del papel, se efectuó agrupando plantas conjuntos de plantas en función de los bienes que producen. De esta manera se formaron tres grupos: el primero, compuesto por plantas productoras de celulosa; el segundo, por plantas productoras de papel y el tercero por plantas de papel y celulosa.

El 60.7% de esta industria produce exclusivamente papel, 23.1% producen papel y celulosa y el 16.2% restante esta destinado a la producción de celulosa.

Las plantas de papel no cambian en su tipo de tecnología, porque obtienen el papel a partir de la celulosa que compran externamente. En cambio, la producción de celulosa varía en cuanto al método de su obtención y en cuanto a las fibras naturales que se emplean como materia prima.

Las plantas integradas (que producen celulosa y papel), son por lo general, una suma de procesos de las anteriores.

El uso del agua, en las plantas de celulosa y papel (integradas), tienen el promedio más alto de extracción con 260 M<sup>3</sup> por tonelada de producto; le siguen las de celulosa, con 238 M<sup>3</sup> de agua por tonelada de papel y, finalmente, las de papel con 85 M<sup>3</sup> por tonelada.

**CUADRO III**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA.**

REGIÓN	SUBREGIÓN	Total de Plantas Instaladas	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO T/A	SST T/A	DOO T/A	GYA
III Pacífico Centro	8	1	64.9	13.8	51.1	12 711.8	24 775.4	24 572.6	27 313.7
	9	1	0.9	0.2	0.7	183.6	357.9	355.0	394.6
	2	2	65.8	14.0	51.6	12 895.4	25 133.3	24 927.6	27 708.3
IV Balsas y XIV C. Centro	7	1	23.9	5.1	18.8	4 671.2	9 104.3	9 029.8	10 037.0
	8	1	2.3	0.6	1.7	418.9	816.4	809.7	900.0
	10	1	4.9	0.9	4.0	1 000.7	1 950.3	1 934.4	2 150.1
	3	3	31.1	6.6	24.5	6 090.8	11 871.0	11 773.9	13 087.1
VI Bravo	2	1	76.2	12.4	63.7	15 849.7	30 891.2	30 638.3	34 056.0
	3	1	3.2	0.7	2.5	631.4	1 230.5	1 220.5	1 356.6
	8	1	17.9	7.6	10.3	2 565.0	4 999.1	4 958.2	5 511.3
	3	3	97.3	20.7	76.5	19 046.1	37 120.8	36 817.0	40 923.9
VIII Papaloapan	2	1	36.7	12.6	24.2	6 006.6	11 706.9	11 611.1	12 906.3
	3	1	3.6	0.8	2.8	699.4	1 363.2	1 352.1	1 502.9
	8	1	24.5	5.9	18.6	4 628.0	9 019.9	8 946.1	9 944.1
	3	3	64.8	19.3	45.6	11 334.0	22 090.0	21 909.3	24 353.3
XII Lerma	2	1	2.4	0.3	2.1	511.7	997.3	989.1	1 099.4
	9	1	1.4	0.3	1.1	264.1	514.7	510.5	567.5
	2	2	3.8	0.6	3.2	775.8	1 512.0	1 499.6	1 666.9
XIII Valle de México	1	8	49.3	21.2	28.1	6 985.1	13 614.0	13 502.5	15 008.8
	2	15	190.5	68.3	122.2	30 396.4	59 242.8	58 757.9	65 312.3
	5	1	0.8	0.1	0.7	177.4	345.8	343.0	381.3
	3	24	240.6	89.6	151.0	37 558.9	73 202.6	72 603.4	80 702.4
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	<b>507.2</b>	<b>150.8</b>	<b>352.6</b>	<b>87 701.0</b>	<b>170 929.7</b>	<b>169 530.8</b>	<b>188 441.9</b>

FUENTE : " Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.



Resumiendo los resultados se puede decir que en conjunto: la industria nacional de papel extrajo en 1995, 507.2 millones de M3 de agua, consumió 150.8 millones, y generó contaminantes por la cantidad de 87 701 toneladas de DBO y 170 929.7 toneladas de sólidos suspendidos totales, 169 530.8 toneladas de DQO y 188 441.9 kgs. de GyA al año.

### **INDUSTRIA DE REFINACIÓN DEL PETRÓLEO**

La industria de refinadora de petróleo se compone de seis plantas distribuidas en cinco regiones. En este caso al evaluar el uso y la contaminación del agua fue posible disponer de información sobre el uso de agua proporcionada por PEMEX empresa propietaria de todas las plantas.

Esta industria extrajo en 1994, 494 millones de M3 y consumió 260.5 millones de M3 lo que hace que ocupe el cuarto lugar en importancia por este aspecto. En contaminación, descarga globalmente 62 512.7 toneladas de DBO, 36 848.4 toneladas de SST, 193 096.5

toneladas de DQO y más de 1.9 millones de toneladas de Grasas y Aceites estimado para 1995.

En el cuadro IV se muestra la información correspondiente a los resultados por las plantas. El cuadro referido muestra que solamente en una región existen dos plantas, mientras que las restantes se sitúan en diversas regiones

**.CUADRO IV  
RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE REFINACIÓN DE PETRÓLEO.**

REGIÓN	SUBREGIÓN	Total de Plantas	Extracción Anual	Consumo	Descarga	DBO *	SST *	DDO	G Y A
		Instaladas	10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	T/A	T/A	T/A	T/A
V Istmo de Tehuantepec	4	9	285.3	54.4	230.9	43 803.3	25 820.0	135 304.6	1 356 920 846.4
	1	9							
VI Bravo	5	12	7.6	3.5	4.1	771.8	455.0	2 384.2	23 909 826.7
	1	12							
VII Golfo Norte	2	6	32.9	57.1	25.8	4 893.8	2 884.7	15 116.5	151 597 700.2
	9	8	97.2	52.4	44.8	8 491.4	5 005.3	26 229.4	263 044 693.5
	2	14	130.1	109.5	70.6	13 385.2	7 890.0	15 142.9	414 642 393.7
XII Lerma	2	11	55.4	66.6	12.0	2 276.2	1 341.7	7 030.9	70 510 558.2
	1	11							
XIII Valle de México	1	9	15.6	26.5	12.0	2 276.2	1 341.7	7 030.9	70 510 558.2
	1	9							
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>6</b>	<b>55</b>	<b>494.0</b>	<b>260.5</b>	<b>329.6</b>	<b>62 512.7</b>	<b>36 848.4</b>	<b>193 096.5</b>	<b>1 936 494 183.4</b>

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

El reducido número de plantas refinadoras permite destacar la importancia que tiene la disponibilidad de agua para este sector, ya que, tan solo seis plantas absorben casi 500 millones de M3.

## INDUSTRIA DE BEBIDAS

En el primer análisis <sup>2</sup> esta industria se agrupó en cuatro grupos importantes: licores, vinos, cerveza y refrescos. Respetando la metodología seguida en dicho estudio y recaudando nueva información se distribuyó el total físico nacional de acuerdo con la estructura porcentual regional del valor censal. Para el efecto, se supone que el valor unitario de los productos es homogéneo en todo el país y a su vez, el uso y contaminación del agua es proporcional a la distribución porcentual.

Por lo expuesto se deduce que los mejores resultados se obtuvieron del análisis de la industria del refresco, la cual extrae el 46.5% del total de este rubro industrial a nivel nacional.

---

<sup>2</sup> "Perfil del uso de Aguas en las Plantas de Nueve Industrias". SARH. Comisión para el Plan Nacional Hidráulico. 1979.

Al igual que la industria refresquera, una característica común de toda la industria de bebidas es que se puede instalar en cualquier parte del país independientemente del recurso agua.

El resumen nacional, cuadro V, muestra que la industria de bebidas se haya instalada en todas las regiones del país y que su operación requiere extraer 508.3 millones de M<sup>3</sup>, de los que consume 355.5, es decir, un 70% de la extracción.

Esta industria genera desechos orgánicos por el equivalente a una población de 11.75 millones de personas; es decir, 280 050 ton. de DBO además y arroja; 458 408 millones de toneladas de DQO, más una descarga de 48 015 toneladas de SST y 548 230 kgs de GYA.

Los grupos que componen la industria de bebidas tienen una participación similar en el uso y la contaminación en el agua; de esta manera la industria de vinos y licores participa con el 27% del total, la industria de cerveza con el 37% y la industria de refrescos con el 36%.

## INDUSTRIA TEXTIL.

De todas las industrias revisadas, la textil mostró falta de información en lo que a instalaciones se refiere. Por lo mismo, hubo que revisar el uso y contaminación del agua únicamente a nivel regional por falta de información. Entonces se distribuyó el valor físico de producción nacional conforme a la misma proporción que guarda el valor económico censal (1994) en las regiones, método ya seguido en el análisis del grupo de bebidas. De esta forma, los índices promedio de la industria textil se consideraron iguales para todas las regiones como se indican en el cuadro VI. En este se observa que en 1994 la industria textil extrajo 221 millones de M<sup>3</sup> de agua, con un consumo de 3.9 millones de M<sup>3</sup>; que generan 6 934.7 toneladas de DBO, 28 399.6 toneladas de DQO, 1 379 268.5 toneladas de SST y 163 006.4 toneladas de GYA.

**CUADRO V**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS**

REGIÓN	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO T/A	SST T/A	DOO T/A	GYA
I Baja California	11.0	8.8	2.2	3 357.7	694.8	6 633.5	7 933.3
II Noroeste	19.4	13.5	5.9	8 941.4	1 850.2	17 664.6	21 125.8
III Pacífico Centro	9.1	5.9	3.2	4 915.8	1 017.2	9 711.7	11 614.6
IV Balsas y							
XIV C. Centro	35.3	26.4	8.8	13 419.8	2 777.0	26 512.2	31 707.1
V Istmo de Tehuantepec	8.8	7.1	1.8	2 686.2	555.9	5 306.8	6 346.6
VI Bravo	67.9	48.8	19.2	29 065.6	6 014.5	57 421.9	68 673.4
VII Golfo Norte	15.3	12.3	3.0	4 477.7	926.6	8 846.1	10 579.5
VIII Papaloapan	96.1	59.3	36.8	55 852.1	11 557.5	110 341.4	131 962.1
IX Grijalva-Usumacinta	6.5	5.3	1.2	1 791.5	370.7	3 539.3	4 232.8
X Península de Yucatán	9.1	7.1	2.1	3 132.4	648.2	6 188.4	7 400.9
XI C. Cerradas del Norte	19.0	14.1	4.9	7 380.4	1 527.2	14 580.6	17 437.6
XII Lerma	81.4	58.2	23.3	35 324.5	7 309.7	69 787.0	83 461.3
XIII Valle de México	129.4	88.7	40.6	61 689.9	12 765.5	121 874.5	145 754.9
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>508.3</b>	<b>355.5</b>	<b>153.0</b>	<b>232 035.0</b>	<b>48 015.0</b>	<b>458 408.0</b>	<b>548 229.9</b>

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

**CUADRO VI**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

REGIÓN	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO T/A	SST T/A	DOO T/A	GYA
I Baja California	2.2	0.0	2.2	69.5	14 191.3	284.4	1 632.2
II Noroeste	19.9	0.5	19.4	621.2	126 867.3	2 542.2	14 591.6
IV Balsas y							
XIV C. Centro	48.6	1.1	47.5	1 518.9	310 189.1	6 215.6	35 676.2
V Istmo de Tehuantepec	2.2	0.0	2.2	69.5	14 191.3	284.4	1 632.2
VI Bravo	6.6	0.2	6.5	206.9	4 263.2	846.9	4 860.9
VII Golfo Norte	2.2	0.0	2.2	69.5	14 191.3	284.4	1 632.2
VIII Papaloapan	11.1	0.2	10.8	345.5	70 568.2	1 414.1	8 116.4
XI Cerradas del Nte.	6.6	0.2	6.5	206.9	4 263.2	846.9	4 860.9
XII Lerma	19.9	0.3	19.6	626.9	128 032.8	2 565.5	14 725.6
XIII Valle de México	101.7	1.4	100.3	3 204.9	654 510.7	13 115.2	75 278.2
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>221.0</b>	<b>3.9</b>	<b>217.2</b>	<b>6 939.7</b>	<b>1 379 288.4</b>	<b>28 399.6</b>	<b>163 006.4</b>

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

El análisis inicial de la industria textil no permite detectar, dentro de las regiones, en las plantas y lugares, el uso del agua y su contaminación, solo permite evaluar de una manera gruesa cuáles son los volúmenes de agua que esta industria requiere.

## **INDUSTRIA SIDERÚRGICA.**

Se considera compuesta por 3 grupos de plantas formados en función del grado de integración de su producción. El primero en importancia es el compuesto por 10% total de las plantas instaladas consideradas como integradas<sup>3</sup>, que aportan el 90% del acero producido en México. El segundo grupo está compuesto por dos quintas partes del total de la plantas instaladas considerándose como semi-integradas<sup>4</sup>, que en conjunto producen el restante 10% del acero mexicano, y el último grupo lo componen poco más de mitad (51%) del total de las plantas instaladas y se catalogan como laminadoras<sup>5</sup> las cuales solo producen derivados del acero.

---

<sup>3</sup>Plantas que producen acero a partir del mineral del hierro

<sup>4</sup>Plantas que producen acero partiendo de hierro primario

<sup>5</sup>Plantas que no producen acero, sino que transforman chatarra y productos útiles de acero



Por su capacidad de producción, el primer grupo es el más importante ya que extrajo 477.55 millones de m<sup>3</sup> (77.32% del total en esta industria), 372.92 millones y generó una contaminación de más de 217.289 Toneladas anuales en DBO y DQO más 15 982 Toneladas anuales en SST (más del 80% del total de la contaminación en este rubro). Este grupo siderúrgico se encuentra en dos regiones del país: La región VI, donde se encuentran 3 plantas instaladas y la región VIII, con una planta instalada.

El grupo semi-integradas lo forman el 7 plantas instaladas con capacidad de producción total del 10% del total del grupo. Este grupo extrajo en conjunto 98.67 millones de m<sup>3</sup> de agua y consumió 36.7 millones de m<sup>3</sup>, además generó DBO y DQO por un total de 40.488 toneladas anuales y 1 889 toneladas anuales de SST, (1994).

### CUADRO VII.I

	INTEGRADAS	SEMI-INTEGRADAS	LAMINADORAS
PRODUCCIÓN TOTAL (%)	90 %	10%	Derivados del total producido.
EXTRACCIÓN	477.55 M m <sup>3</sup>	98.67 M m <sup>3</sup>	41.38 M m <sup>3</sup>
CONSUMO	372.92 M m <sup>3</sup>	36.70 M m <sup>3</sup>	35.08 M m <sup>3</sup>
DESCARGA	104.63 M m <sup>3</sup>	61.97 M m <sup>3</sup>	6.03 M m <sup>3</sup>
DBO y DQO	217 289 T/A	40 488 T/A	899.03 T/A
SST	15 982 T/A	1 889 T/A	1 798.66 T/A
PLANTAS :	4	7	25

FUENTE : " Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

En lo que a la industria laminadora se refiere, podemos observar que esta -pese a su mayor número de plantas instaladas-, sólo extrajo el 6.7% del total (41.38 Mm<sup>3</sup>), con un consumo de 35.08 Mm<sup>3</sup> y una descarga de DBO y DQO de 899.03 toneladas anuales y 1 798 toneladas anuales de SST. Este grupo tiene tendencia a ubicarse cerca del Distrito Federal.

**CUADRO VII.1**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE SIDERURGICA.**

REGIÓN	SUBREGIÓN	Total de Plantas Instaladas	Extracción Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	DBO * T/A	SST * T/A	DDO T/A	G Y A
II Noroeste	2	1	3.8	6.2	2.4	1 082.19	246.3	2 245.0	2 276.6
	9	1	6.0	6.2	0.1	45.09	10.3	93.5	94.9
	2	2	9.8	12.4	2.5	1 127.28	256.6	2 338.5	2 371.5
IV Balsas y									
XIV Cuencas del Centro	10	1	86.1	60.3	25.8	11 645.85	2 650.1	24 159.0	24 499.4
VI Bravo	1	1							
	3	1	19.6	4.8	14.8	6 670.66	1 518.0	13 838.1	14 033.0
	6	2	140.0	148.4	8.4	3 787.68	861.9	7 857.4	7 968.1
	8	5	146.6	143.1	3.5	1 597.96	363.6	3 314.9	3 361.6
	3	8	306.2	296.3	26.7	12 056.30	2 743.5	25 010.4	25 362.7
VIII Papaloapan	1	1	133.7	36.5	97.1	43 789.54	9 964.7	90 840.1	92 120.0
	2	1	10.5	4.0	6.5	2 926.06	665.8	6 070.0	6 155.6
	3	2	144.2	40.5	103.6	46 715.6	10 630.5	96 910.1	98 275.6
	4	1	6.3	3.1	3.3	1 466.54	333.7	3 042.3	3 085.1
X Península de Yucatán	1	1							
	7	2	10.5	3.1	7.4	3 323.15	756.2	6 893.8	6 990.9
XII Lerma	1	1	3.5	3.1	0.4	181.19	41.2	375.9	381.2
	9	1	26.6	7.9	18.7	8 422.82	1 916.7	17 472.9	17 719.1
	2	2	30.1	11.0	19.1	8 604.01	1 957.9	17 848.8	18 100.3
XIII Valle de México	1	8	24.4	18.1	7.6	2 856.65	650.1	5 926.0	6 009.5
	2	7	52.8	37.5	17.6	6 615.40	1 505.5	13 723.3	13 916.7
	3	2	2.3	4.1	1.0	375.87	85.5	779.7	790.7
	3	17	79.5	59.7	26.2	9 847.92	2 241.1	20 429.0	20 716.9
	<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>672.7</b>	<b>486.4</b>	<b>214.6</b>	<b>94 786.65</b>	<b>21 569.6</b>	<b>196 631.9</b>

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

En resumen, a nivel nacional la industria siderúrgica extrajo 672.7 millones de m<sup>3</sup> de agua y consumió 486.4 millones, como lo indica la suma del cuadro VII.II. Los resultados agregados de DBO indican que se generaron sólo 94,786.65 toneladas anuales de DBO, 196 631.9 toneladas anuales de DQO, 21,569.6 toneladas anuales de SST y 199,402.4 Kilogramos de SST según datos de 1994.

En el cuadro VII.II se notan también las integraciones regionales de uso y contaminación del agua. Estos resultados muestran que en las regiones Bravo VI, Papaloapan VIII y Valle de México XIII se encuentran 28 plantas de 36 que componen la industria, por lo que en estas regiones se usa el 82% del agua utilizada en siderúrgica y se descarga el 91% de SST. Es importante hacer notar que la región Bravo VI se encuentra instalada la mayor capacidad de la industria siderúrgica integrada, el 82%; en cambio, aunque en el Valle de México no se encuentra ninguna planta integrada esta región tiene importancia por las 17 plantas semi-integradas y laminadoras que se ubican en el Distrito Federal y sus alrededores.

## **INDUSTRIA TERMOELÉCTRICA**

El consumo de energía eléctrica ha sido acompañado con tasas que han ido disminuyendo con el tiempo. Para ilustrar esto, se tiene que en los tres decenios que comprende el período 1962-1992, las tasas de crecimiento medias anuales observadas fueron de 11.7, 8.9 y 4.9 %, cronológicamente. El crecimiento de consumo de energía es el resultado de una combinación de factores entre los que destacan los siguientes:

- Crecimiento de la economía.
- Crecimiento de la población.
- Estructura tarifaria.
- Equipamiento eléctrico.
- Grado de electrificación.
- Programas de ahorro de energía.

El consumo de energía eléctrica en 1992 alcanzó los 100 000 GWh, y se atendió con una generación bruta de 121 700 GWh lograda con 558 unidades generadoras que en total tienen una capacidad de 27 600 MW, distribuidos por tipo de generación.

Las distribuciones espaciales de la energía eléctrica y de la capacidad de generación no coinciden necesariamente, pero la demanda se satisface debido a que se cuenta con un sistema interconectado de redes de transmisión y centrales generadoras.

La participación de las centrales termoeléctricas en la generación bruta necesaria para la satisfacción de la demanda de energía eléctrica siempre ha mostrado una tendencia creciente, aún cuando presenta variaciones aleatorias de un año a otro, provocadas por la generación hidroeléctrica, la que a su vez depende de condiciones hidrológicas prevaletientes.



**ILUSTRACIÓN 3.**  
**Ubicación Geográfica de la Industria**  
**Termoeléctrica. IMTA 1995.**

Las centrales termoeléctricas comprenden varios tipos de centrales: termoeléctricas (a base de combustóleo), ciclo combinado, turbogás, combustión interna, geotermoeléctricas, carboeléctricas y nucleoeeléctricas. Todas ellas excepto las de combustión interna y turbogás, utilizan agua para enfriamiento, y en este estudio se les denomina: "centrales termoeléctricas de vapor".

En la ilustración 3, podemos notar que la Industria Termoeléctrica tiene una situación geográfica similar a la de la Industria de bebidas, es decir, sin importar una zona de disponibilidad del recurso, esta se sitúa atendiendo otro tipo de necesidades.

Los resultados sobre volúmenes de extracción están expresados en la tabla VIII.

**CUADRO VIII**  
**RESUMEN REGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUA EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA**  
**(TERMOELÉCTRICA).**

REGIÓN	SUBREGIÓN	No. de Plantas	Extrac. anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Consumo Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Descarga Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	
I Baja California		2	1	0.7	0.6	--
II Noroeste		2	1	0.7	0.6	--
		3	1	0.4	0.3	--
		9	1	0.4	0.3	--
			3	2.2	1.8	--
IV Balsas		2	1	1.9	0.6	1.4
		10	1	7.5	4.6	2.8
			2	9.4	5.2	4.2
VI Bravo		1	1	2.6	1.9	0.5
		2	1	4.9	2.6	2.3
		3	1	7.1	5.5	0.9
		4	1	4.9	1.9	3.3
		5	1	9.2	2.9	7.9
		8	2	36.3	18.6	18.6
			7	65.0	33.4	33.5
VII Golfo Norte		2	1	0.4	0.3	--
		9	1	11.2	5.5	6.1
			2	11.6	5.8	6.1
VIII Papaloapan		1	1	0.4	0.3	--
IX Grijalva -Usumacinta		2	1	--	--	--
X Península de Yucatán		4	2	44.5	30.0	12.6
XI Cuencas Cerradas del Norte		3	1	1.9	1.0	0.9
		4	1	1.5	0.7	0.9
		7	1	4.5	1.9	2.8
		9	2	17.5	12.0	4.6
			5	25.4	15.6	9.2
XII Lerma		2	2	55.0	36.2	16.7
		9	1	3.7	1.9	1.8
			3	58.7	38.1	18.5
XIII Valle de México	2	1	42.6	18.3	27.0	
<b>TOTAL NACIONAL</b>			<b>28</b>	<b>259.8</b>	<b>148.5</b>	<b>111.1</b>

FUENTE : " Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.



## INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

En este tipo de industria la importancia del agua radica esencialmente en la calidad de la misma, que en casi todos los casos es agua potable.

El análisis de la industria alimenticia incluye tres grupos: a) Lecherías; b) Conservación y envase de frutas y legumbres, y, c) Preparación y conservación de carnes. CUADRO IX.I

	LECHE	FRUTAS Y LEGUMBRES	CARNES
<b>LOCALIZACIÓN</b>	(46.32%) Edo. de México. (53.68%) Resto del país	Regiones: XIII, XII y II (80%); Resto del país (20%)	Regiones: XIII(31%), XI(29%), VI(12%); Resto del país (28%)
<b>EXTRACCIÓN</b>	114.25 M m <sup>3</sup>	20.88 M m <sup>3</sup>	5.27 M m <sup>3</sup>
<b>CONSUMO</b>	60.54 M m <sup>3</sup>	17.30 M m <sup>3</sup>	4.96 M m <sup>3</sup>
<b>DESCARGA</b>	53.70 M m <sup>3</sup>	3.59 M m <sup>3</sup>	0.31 M m <sup>3</sup>
<b>DBO y DQO</b>	225 052.1 T/A	9 056 T/A	15 588.25 T/A
<b>SST</b>	44 850.1 T/A	4 497 T/A	4 258.57 T/A

FUENTE : " Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

A nivel nacional la industria alimenticia extrae anualmente 140.6 millones de M<sup>3</sup> de los que consume 82.8 millones de M<sup>3</sup>, generando 95 518 Toneladas de DBO, que equivalen a la

contaminación producida por 4.82 millones de habitantes, 157 179.1 Toneladas de DQO, 95 518.2 Toneladas de SST y 3,347,486.4 Kilogramos de Grasas y Aceites. En el cuadro IX.II se muestra el desglose regional de estos resultados. En las cifras totales, la industria lechera tiene particular influencia, ya que aporta casi el 80% de cada total. En las regiones VI, XI, XII y XII se acumula el 85% del uso y la contaminación del agua total en la industria alimenticia.

**CUADRO IX.II**  
**RESUMEN SUBREGIONAL DE USO Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.**

REGIÓN	Extracción Anual	Consumo	Descarga	DBO *	SST	DOO	G Y A
	10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	Anual 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>	T/A	T/A	T/A	
I Baja California	4.6	2.1	2.5	4 174.5	2 342.8	6 869.3	152 022.5
II Noroeste	8.4	4.6	3.7	6 121.8	3 435.6	10 073.7	222 938.0
III Pacífico Centro	0.1	0.1	0.0	9.4	5.3	15.4	340.7
IV Balsas y							
XIV C. Centro	3.8	2.6	1.1	1 833.5	1 029.0	3 017.1	66 769.8
V Istmo de Tehuantepec	0.2	0.1	0.1	191.2	107.3	314.6	6 962.2
VI Bravo	18.2	8.6	9.6	15 674.7	8 796.8	25 793.3	570 824.4
VII Golfo Norte	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VIII Papaloapan	2.0	1.8	0.2	259.4	145.6	426.9	9 447.7
IX Grijalva-Usumacinta	2.0	2.3	0.3	492.1	276.2	809.8	17 920.7
X Península	0.2	0.1	0.1	137.2	77.0	225.8	4 997.4
XI Península de Yucatán	14.0	5.7	8.2	13 503.4	7 578.2	22 220.4	491 754.3
XII Lerma	27.0	17.8	9.3	15 225.9	8 544.9	25 054.8	554 481.4
XIII Valle de México	50.3	27.2	23.1	37 895.1	21 267.1	62 358.0	1380 027.3
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>140.6</b>	<b>82.8</b>	<b>58.2</b>	<b>95 518.2</b>	<b>53 803.8</b>	<b>157 179.1</b>	<b>3 478 486.4</b>

FUENTE : \* Estimación propia, con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua". IMTA 1995.

## **RESUMEN DEL PANORAMA DE USO Y CONTAMINACIÓN EN LAS INDUSTRIAS REVISADAS**

En el cuadro 10 se han listado las industrias de acuerdo a la importancia de la extracción que realizan. Así, en resumen tenemos que la mayor extracción se realiza en la región II (Noroeste) con un total de 1 824 Millones de M<sup>3</sup>, y en la regiones VIII y V con un total de 1 416.7 y 1,205.9 millones de M<sup>3</sup> respectivamente.

Por otro lado la región de donde se extrajo más agua fue la II Noroeste, con 1824 millones de M<sup>3</sup> y donde menos se extrajo fue en la región X Península de Yucatán, con 15.6 millones de M<sup>3</sup>.

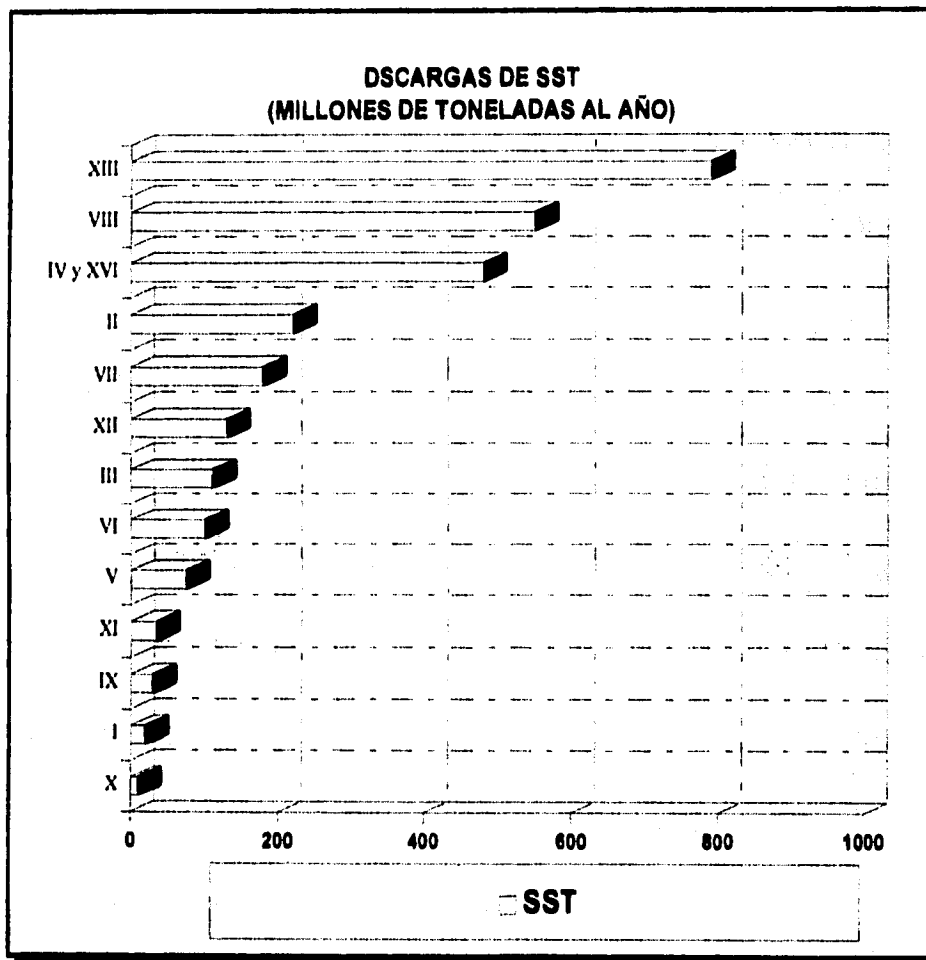
En el cuadro 10 se nota la importancia que para el agua representa la industria azucarera situada en la región I y VIII, la industria química en la región V y la del Petróleo en la misma región V. También es interesante notar que en las regiones XII y XIII se hayan instaladas todo tipo de industrias con excepción de la azucarera, en las regiones IX y X las industrias instaladas representan escasa diversificación.

El panorama de contaminación orgánica expresada en DBO-DQO, SST y GYA, se presentan resumidos en los cuadros 11, 12 y 13 respectivamente. Sobresale de inmediato la falta de números en algunas regiones y en toda la industria siderúrgica y eléctrica. Esto no implica la inexistencia de contaminantes, sino que el parámetro revisado (DBQ-DQO) la descarga es insignificante a estos niveles de agregación.

Las mayores concentraciones de DBO y DQO combinados se encuentran en la zona VIII (Papaloapan) con un total de 1,736,319.9 de las cuales 1 184 165 toneladas corresponde a la industria azucarera, seguida de la industria de bebidas con 232,035 y en sexto lugar se encuentra la industria refinadora del petróleo, con la menor aportación. En las demás regiones se observa una distribución más o menos pareja de concentraciones, las cuales oscilan entre 14 192.6 (región X) y 643,743.2 (región VII).

En lo concerniente a los SST tenemos que los mayores índices los tiene la región XIII (Valle de México) con un total de 766,497.7

millones de toneladas al año, lo cual resulta lógico por la acumulación de la industria; le siguen las regiones VIII (Papaloapan) y XIV más IV (Centro y Balsas) con un total de 495 587.9 y 444 723.3 millones de toneladas al año respectivamente.



Resumen propio en base a datos de la STCF. IMTA 995.

Por último, al analizar la tabla 4.4 vemos que existe una total desproporción en las concentraciones de GYA, ya que solamente en la región V (Istmo de Teuantepec) existen un total de 1 356 921 968.8

millones de toneladas de grasas y aceites descargados. Después de éste la oscilación entre la mayor y la menor es de 414 669 442.7 y 15.3 millones de toneladas anuales. Esta contaminación se debe principalmente a la industria de refinación de petróleo instalado en dicha región.

De los resultados logrados en los estudios que tienden a caracterizar al sector industrial como usuario, sobresale el haber determinado cuales son las actividades industriales relevantes en el uso y la contaminación del agua por el sector. En este sentido se concluyo que en México 8 de 60 actividades industriales, extraen el 87% y consumen el 89% de todo el uso industrial; y en el caso de la contaminación éstas mismas ocho actividades generan el 97% de los contaminantes descargados por todo el sector.

CUADRO 10

EXTRACCIÓN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES													
	I	II	III	IV y XIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
AZÚCAR	-	1 766.5	278.0	328.8	8.0	-	434.4	1 088.8	80.6	-	20.1	-	-
QUÍMICA	1.8	-	-	26.5	901.4	96.5	40.7	9.7	73.0	-	48.5	185.6	80.7
PAPEL Y CELULOSA	-	-	65.8	31.1	-	97.3	-	64.8	-	-	-	3.8	240.6
PETROLERA	-	-	-	-	285.3	7.6	130.1	-	-	-	-	55.4	15.6
BEBIDAS	11.0	19.4	9.1	35.3	8.8	67.9	15.3	96.1	6.5	9.1	19.0	81.4	129.4
TEXTIL	2.2	19.9	-	48.6	2.2	6.6	2.2	11.1	-	-	6.6	19.9	101.7
SIDERÚRGICA	-	9.8	-	172.2	-	306.2	-	144.2	-	6.3	10.5	30.1	24.4
ALIMENTOS	4.6	8.4	0.1	3.8	0.2	18.2	9.8	2.0	2.0	0.2	14.0	27.0	50.3
<b>TOTAL</b>	<b>19.6</b>	<b>1 824.0</b>	<b>353.0</b>	<b>646.3</b>	<b>1 285.9</b>	<b>680.3</b>	<b>632.5</b>	<b>1 416.7</b>	<b>162.1</b>	<b>15.6</b>	<b>118.7</b>	<b>483.2</b>	<b>642.7</b>

CUADRO 11

DESCARGA COMBINADA DE DBO Y DQO (MILLONES DE TONELADAS AL AÑO)													
	I	II	III	IV y XIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
AZÚCAR	-	329 160.9	317 137.9	421 969.2	9 487.7	-	564 595.8	1 386 516.2	93 943.7	-	23 641.4	-	-
QUÍMICA	594.2	-	-	7 045.4	209 413.7	22 981.9	10 738.6	4 295.3	20 862.6	-	13 565.8	51 848.7	12 087.5
PAPEL Y CELULOSA	-	-	37 823.0	17 864.7	-	55 863.1	-	33 243.3	-	-	-	2 275.4	110 162.3
PETROLERA	-	-	-	-	179 107.9	3 156.0	54 731.1	-	-	-	-	9 307.1	9 307.1
BEBIDAS	9 991.2	26 606.0	14 627.5	39 932.0	7 993.0	86 487.5	13 323.8	166 193.5	5 330.8	9 320.8	21 961.0	105 111.5	183 564.4
TEXTIL	353.9	3 163.4	-	7 734.5	353.9	1 053.8	353.9	1 759.6	-	-	1 053.8	3 195.4	16 320.1
SIDERÚRGICA	-	3 465.8	-	35 804.9	-	37 066.8	-	143 625.7	-	4 508.8	10 217.0	26 452.8	8782.7
ALIMENTOS	1 1043.8	16 195.5	24.8	4 850.6	505.8	41 468.0	-	686.3	1 301.9	363.0	35 723.8	40 280.7	100 253.1
<b>TOTAL</b>	<b>21 983.1</b>	<b>378 591.6</b>	<b>389 643.2</b>	<b>535 281.3</b>	<b>486 862.0</b>	<b>248 877.1</b>	<b>643 743.2</b>	<b>1 736 319.9</b>	<b>121 439.0</b>	<b>14 192.6</b>	<b>186 162.8</b>	<b>238 471.6</b>	<b>448 477.2</b>



CUADRO 12

DESCARGA DE SST (MILLONES DE TONELADAS AL AÑO)													
	I	II	III	IV y XIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
AZÚCAR	-	89 393.5	86 128.3	114 598.3	2 576.7	-	153 333.0	379 615.3	25 513.3	-	6 420.6	-	-
QUÍMICA	135.6	-	-	1 608.8	47817.6	5 247.7	2 452.0	980.8	4 763.8	-	3 097.6	11 839.1	2 760.0
PAPEL Y CELULOSA	-	-	25 133.3	11 871.0	-	37 120.8	-	22 090.0	-	-	-	1 512.0	73 202.6
PETROLERA	-	-	-	-	25 820.0	455.0	7 890.0	-	-	-	-	1 341.7	1 341.7
BEBIDAS	694.8	1 850.2	1 017.2	2 777.0	555.9	6 014.5	926.6	11 557.5	370.7	648.2	1 527.2	7 309.7	12 765.5
TEXTIL	14 191.3	126 867.3	-	310 189.1	14 191.3	42 263.2	14 191.3	70 568.2	-	-	42 263.2	128 032.8	654 510.7
SIDERÚRGICA	-	256.6	-	2 650.1	-	2 743.5	-	10 630.5	-	333.7	756.2	1 957.9	650.1
ALIMENTOS	2 342.8	3 435.6	5.3	1 029.0	107.3	8 796.8	-	145.6	276.2	77.0	7 578.2	8 544.9	21 267.1
<b>TOTAL</b>	<b>17 364.5</b>	<b>221 083.2</b>	<b>112 284.1</b>	<b>444 723.3</b>	<b>91 068.8</b>	<b>142 641.5</b>	<b>178 792.9</b>	<b>495 587.9</b>	<b>30 924.8</b>	<b>1 058.9</b>	<b>61 643.8</b>	<b>160 538.1</b>	<b>766 497.7</b>

CUADRO 13

DESCARGA DE GRASAS Y ACEITES (MILLONES DE TONELADAS AL AÑO)													
	I	II	III	IV y XIV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
AZÚCAR	-	15 743.1	15 168.0	20 181.9	453.8	-	27 003.4	66 853.9	4 493.1	-	1 130.7	-	-
QUÍMICA	1.9	-	-	22.0	653.8	71.8	33.5	13.4	65.1	-	42.3	161.9	37.8
PAPEL Y CELULOSA	-	-	27.7	21.2	-	40.9	-	24.3	-	-	-	1.7	80.6
PETROLERA	-	-	-	-	1 356 920 846.4	23 909 826.7	414 642 393.7	-	-	-	-	70 510 558.2	70 510 558.2
BEBIDAS	7.9	21.1	11.6	31.7	6.3	68.7	10.5	132.0	4.2	7.4	17.4	83.4	145.7
TEXTIL	1.6	14.6	-	35.7	1.6	4.8	1.6	8.1	-	-	4.8	14.7	75.3
SIDERÚRGICA	-	2.4	-	24.5	-	25.4	-	98.2	-	3.0	7.0	18.1	6.0
ALIMENTOS	152.0	222.9	0.3	66.7	6.9	570.8	-	9.4	17.9	4.9	491.7	554.5	1 380.0
<b>TOTAL</b>	<b>163.4</b>	<b>16 004.0</b>	<b>15 207.6</b>	<b>20 383.7</b>	<b>1 356 921 968.8</b>	<b>23 910 689.1</b>	<b>414 669 642.7</b>	<b>67 139.3</b>	<b>4 588.3</b>	<b>15.3</b>	<b>1 693.9</b>	<b>70 511 392.4</b>	<b>70 512 283.6</b>

Destaca por su importancia la actividad encaminada a la producción de azúcar, que es la primera en uso de agua y la segunda en contaminación, importancia similar a la que tienen la producción de químicos que son segunda en uso y tercera en contaminación. Caso especial de la producción de bebidas que en contaminación es la primera y en uso es la sexta indicativo del alto grado de contaminantes que genera. Las actividades restantes: petróleo, siderúrgica, papel y celulosa, alimentos y textiles, se reparten la importancia de los 5 lugares siguientes, y conviene recalcar que existen aún 52 actividades que representan el 13% del uso del agua y el 3% de la contaminación.

# Capitulo V

## **V.- EVALUACIÓN ECONÓMICO FINANCIERA PARA LA INSTALACIÓN DE PLANTAS TRATADORAS DE EFLUENTES INDUSTRIALES.**

El objetivo de este capítulo es el de proporcionar las alternativas adecuadas para el cálculo de cuotas, por lo cual se divide en 3 secciones; 1) en la primera se efectúa una comparación de sistemas de cobro nacionales e internacionales; 2) en la segunda se especifican los tipos de tratamiento para el adecuado diseño del caso nacional; 3) en la última se determinan los costos de inversión, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

## **VI. COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE COBRO NACIONALES E INTERNACIONALES.**

### **Experiencias Extranjeras**

Considerando lo relativamente nuevo que es el cobro de derechos de descarga de agua residual (octubre de 1992) en el país, podría decirse que en términos generales es avanzado y considera algunos elementos que han funcionando en las legislaciones de otros

países, sin embargo, todavía se puede mejorar y adecuar para que efectivamente sea un instrumento de política útil para la inhibición de descargas de contaminantes de los cuerpos receptores nacionales, dejando de ser una fuente de recaudación de ingresos.

Existen en general dos clases de métodos de cobro típicos, que podríamos resumir en directos y económicos. Los primeros son típicos del país, y están en relación al uso de estándares para el cobro de las cuotas. Los segundos corresponden al establecimiento de incentivos dirigidos a la tendencia racional de minimizar costos, por parte de la actividad potencialmente contaminadora. Los primeros casos no se dan en varios países desarrollados que utilizan los métodos económicos por la tendencia natural y la conciencia ecológica que normalmente tienen, en cuanto a que la contaminación de las fuentes aumenta sus costos y atenta contra su propia experiencia.

Con el fin de proporcionar una comparación de criterios o bases para el cálculo de cuotas, se realizó una recopilación de casos y experiencias llevadas a cabo en otros países donde el valor del agua

deja de ser nominal y adquiere valor económico; a continuación se presenta una descripción resumida de estos casos.

1.- Houston, Texas. La GCWDA (Gulf Coast Waste Disposal Authority), organismo público descentralizado y autónomo fue creado para combatir los problemas de contaminación del agua en la región altamente industrializada de Houston Galveston Bay.

La GCWDA está encargada de manejar las aguas residuales y los residuos sólidos de algunas industrias y municipios que han optado por este sistema regional. La principal ventaja que presenta la GCWDA es el ahorro que cada usuario tiene por economía de escala, ya que el tratar aguas residuales provenientes de diferentes industrias y municipios en una planta regional, fue en este caso más económico que tratar descargas en varias pequeñas instalaciones.

La GWDA maneja cinco sistemas regionales de tratamiento de aguas residuales (uno municipal y los demás industriales) más un sistema de disposición de residuos sólidos.

Los plazos de financiamiento para dichos sistemas se fijaron en un orden de 25 años.

Los cargos anuales a los usuarios de la planta de tratamiento de todos los sistemas (Bayport, Washburn, 40 Acre y American Texas Company) se calculan aplicando la siguiente tarifa<sup>1</sup>:

- a.- \$ 0.11 (US)/m<sup>3</sup> de descarga al año, más
- b.- \$ 0.23 (US)/Kg de Sólidos Disueltos Totales (TDS) descargados al año, o
- c.- \$ 0.24 (US)/Kg de Demanda Total de Oxígeno (TOD) en la descarga anual, dependiendo de cual de los dos parámetros, TDS o TOD, sea mayor. Esto quiere decir que los cargos están en función tanto de la cantidad de gasto tratado, como del total de contaminantes encontrados en la descarga. Además existe un cargo para las industrias que no cumplen con las normas establecidas por el gobierno, y que requieren utilizar el sistema de colección de la GCWDA se les aplica un cargo de \$0.02 (US)/M<sup>3</sup> de descarga al año.

---

<sup>1</sup> US Dlls. 1980.

La diferencia en los cargos por conducción para aguas limpias se debe a que se utilizan dos sistemas de colección, uno para las aguas limpias y otro para las aguas que requieren tratamiento en la planta.

2.- Louisiana, EUA. El cálculo de cuotas de descarga en el Estado de Louisiana se encuentra basado en la suma de puntos multiplicados por un factor de ajuste, este es revisado periódicamente en función de incrementos en el costo de bienes y servicios.

El cálculo del puntaje se encuentra dividido en 4 partes, la primera se encuentra referida al volumen de la descarga y de acuerdo al nivel cualitativo de contaminación que recibe una constante de cobro. El segundo punto esta dado en función del contaminante específico, los parámetros que están incluidos son DBO o DQO escogiéndose el que resulte más alto, SST y Nitrógeno Amoniacal (localmente común), Todos en Kg/día, cada uno se multiplica por su constante de cobro. El tercer punto esta determinado por la carga térmica y resulta de multiplicar el gasto promedio por la diferencia entre la temperatura media de verano y 21 0 C . El último se obtiene



dependiendo del riesgo a la salud pública en función de la complejidad de la descarga establecida por la "Standard Industrial Classification"; la complejidad esta asociada de acuerdo al tipo de giro y a la caracterización del efluente de la industria.

3.- Francia. Aquí se establecen cargos con carácter de incentivos, se convienen programas de reducción de contaminantes con los responsables, en contratos sobre promesa de invertir en el saneamiento de las cuencas. El manejo del agua, el cobro y el destino de los ingresos generados está descentralizado operativa y financieramente en las agencias de cuenca, se promueve continuamente la participación y el desarrollo tecnológico de procesos tecnológicos más limpios. Esta organización funciona porque existe una división que señala específicamente las responsabilidades.

4.- Canadá. El manejo del recurso es descentralizado por provincias y los cargos que se aplican corresponden a criterios basados en el monitoreo por cuencas y considerando criterios preventivos más que correctivos. Se fija entonces, una política tarifaria autónoma de

acuerdo al grado de calidad que los usos alternos demanden en la cuenca.

5.- Holanda. En este país se opera un sistema tarifario con la cuotas más altas que se establecen en Europa, el precio es determinado igualmente por autoridades regionales y agencias de cuenca, quienes determinan cargos y límites respecto a responsables clasificados en pequeños, a quienes se les establecen pagos fijos, medianos a los que se les cobran tarifas específicas y a empresas grandes los cuales pagan en función de cada contaminante, con base en el monitoreo y costos de tratamiento. El éxito de este cargo depende mucho de que exista un conocimiento adecuado de los cuerpos de agua y de fuentes contaminantes.

6.- Alemania. En Alemania los cargos por descarga de agua residual se diferencian por la fuente de que potencialmente se contamine y el tipo de contaminante arrojado, los cargos se establecen de tal forma que inducen a reducir el volumen descargado en relación con los estándares. Los estándares se establecen en forma individual para el

uso industrial y se tienen plazos de cinco años para bajarlas a niveles totalmente inócuos, considerando las capacidades tecnológicas del responsable, para mitigar efectos económicos que eventualmente fueren a una inversión inmediata y de grandes proporciones en la tecnología o en los sistemas y equipos de tratamiento.

7.- Kashima, Japón. El tratamiento de aguas es similar al de Houston USA, la planta central de tratamiento de aguas residuales localizada en Fukashiba fue construida y es operada por una agencia del departamento de Ingeniería Civil del Gobierno Local de Ibaraki. La planta aplica el proceso de Lodos Activados para tratar el efluente del complejo industrial petrolero y petroquímico de Kashima.

El complejo industrial cuenta con dos sistemas para descargar el agua de las plantas químicas actuales; las aguas de enfriamiento y aquellas de proceso que no son contaminadas por contacto directo con los productos elaborados, las descargas pueden efectuarse directamente al canal de navegación del puerto industrial.

Cualquier otro efluente puede ser descargado en un sistema de colectores que conduce a la planta de tratamiento. Cada planta química debe de descargar sus aguas residuales de acuerdo con los límites de cantidad y calidad que hayan sido especificados por la agencia responsable de la planta de tratamiento. Las sustancias que pueden perturbar la función del proceso de lodos activados, con metales pesados y tóxicos, se prohíben en principio de ser descargados.

Los máximos permisibles de calidad en el efluente son establecidos por el Gobierno Local de Ibaraki.

La ecuación que sirve para el cálculo de cuotas, es la siguiente:

$$F = (DBO + DQO) / 2 + SS + (6 * G y A)$$

Al obtener F se puede conocer gráficamente el costo de tratamiento (C) en yens (M3) y el calculo de la cuota de cada usuario resulta de multiplicar C por el gasto en metros cúbicos por mes o cada año de su aportación.

## Experiencias Nacionales

Se tomaron en cuenta dos distritos de control de la contaminación de agua en operación en el país; la Empresa para el Control de Contaminación del Agua del Corredor Industrial Lerma-Toluca (EPCCA) en el Estado de México, y la empresa para el control de la contaminación del Agua de la Ciudad Industrial Del Valle de Cuernavaca (ECCACIV), en el Estado de Morelos.

### 1.- EPCCA, Toluca, Edo. de México

Mediante su esquema de designación de cuotas, EPCCA busca que al final el ejercicio anual de los egresos correspondientes sean iguales o ligeramente inferiores a sus ingresos, a través de la aplicación del siguiente modelo tarifario para cada usuario:

$$C = A (PV) + B (PDBO) + C (PSST) + D (PG \text{ y } A)$$

donde:

PV, PDBO, PSST, PG y A = fracción de la descarga anual del parámetro del usuario con respecto al total del parámetro respectivo.

A, B, C, D = Costo anual imputable a V, DBO, SST y G y A, respectivamente (N\$/año), calculado de coeficientes de prorrateo del costo total anual.

## 2.- ECCACIV, Cuernavaca Morelos.

El modelo matemático desarrollado tiene la finalidad de distribuir entre los usuarios del Distrito de control de calidad del agua de CIVAC y zonas aledañas el pago de:

- a.- Amortización de la inversión para la construcción de la Planta de Tratamiento
- b.- Amortización de la inversión para la construcción de los colectores
- c.- Costo de operación, mantenimiento y administración del Sistema.

Para llevar a cabo las distribuciones equitativas anteriores se tomaron como base los parámetros siguientes:

- Volumen de agua descargada (V)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Sólidos Sedimentables (SS)
- Grasas y Aceites (G y A)

Para la remoción de estos parámetros se utiliza un cierto porcentaje de las instalaciones, lo cual representa un costo en la utilización del sistema. La formula para el cálculo de cuotas se divide en dos partes, la primera se obtiene de porcentajes de utilización de la planta, uso de colectores y pago de operación y mantenimiento, los cuales resultan de una ecuación muy similar a la presentada por EPCCA, sin embargo los parámetros de DBO y SST se sustituyen por DQO y SS respectivamente. La segunda parte de la fórmula corresponde a gastos en la administración, los cuales se reparten en igual forma entre todas las industrias que se encuentran instaladas en la zona de CIVAC.

## **V.II SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS (EN UNA MUESTRA DE 8 RAMAS INDUSTRIALES).**

Para tratar aguas residuales se requiere construir y operar plantas de tratamiento. Dentro de este conjunto depurador existe una diversidad de sistemas con diversa tecnología la cual, al esquematizarla a grosso modo se identifica como sistemas de tratamiento primario, secundario y terciario <sup>2</sup>.

Estos sistemas están basados en conjuntos de operaciones y procesos unitarios llamados trenes de tratamiento, que se recomiendan en función de: las características de la descarga, el grado de calidad del efluente que queremos lograr y, los aspectos técnicos de la ingeniería económicamente disponible para el procedimiento de depuración.

No es objeto de este estudio describir con todo el rigor técnico, los trenes de tratamiento indicados para cada característica típica de la descarga de las 8 ramas industriales analizadas, pero si pretendemos establecer que cada tipo de descarga debe ser tratada en función de sus características de calidad, tratando de que los las emisiones de

---

<sup>2</sup> Anexo A.



contaminantes en los efluentes resulten inocuas, para que no dañen los cuerpos receptores finales.

### **Procesos de tratamiento.**

El proyecto "Estudio de Cuotas por Derechos de Descargas de Aguas Residuales" efectuado por la Comisión Nacional del Agua en 1990, sirvió como base para la determinación de los primeros derechos por descarga de agua residual; en dicho estudio se consideraron alrededor de 200 de variantes de operaciones y procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales y lodos las cuales - en nuestro actual estudio -, pudieron ser reducidas a sólo 17 asociando aquellos que presentaron técnicas y costos similares resultando las siguientes categorías con procesos integrados:

- 1.- Aguas residuales: 1
- 2.- Lodos primarios: 4
- 3.- Lodos secundarios: 4
- 4.- Mezcla de lodos primarios con secundarios: 7
- 5.- Transporte y disposición de lodos: 1

Los 17 procesos se muestran en el siguiente cuadro:

**CUADRO 5.1  
PROCESOS DE TRATAMIENTOS**

Clave	Concepto
1.- PRETRA	Pretratamiento
2.- SEDPRI	Sedimentación primaria
3.- LAGAER	Lagunas aereadas
4.- LA-MC	Lodos activados, mezcla completa
5.- ZANJAS	Zanjas de oxidación
6.- FILPER	Filtros percoladores
7.- BIODIS	Biodiscos Rotatorios
8.- CLORAC	Cloración
9.- LSGTQR	Lechos de secado, expesados por gravedad, lodos químicos
10.-LAGRTQ	Lagunas de lodos, expesados por gravedad, lodos químicos
11.-LSZANJ	Lechos de secado, lodos espesados de zanjas de oxidación
12.-DAE MC	Digestión aeróbica, mezcla completa
13.-DAE AE	Digestión aeróbica, aereación extendida
14.-DAE FP	Digestión aeróbica, filtros percoladores
15.-GRAAER	Espesamiento por gravedad, lodos digeridos aeróbica
16.-LAGUNA	Lagunas de lodos, lodos secundarios digeridos más lodos primarios crudos
17.-TYD	Transporte y disposición, lodos secundarios digeridos más lodos primarios crudos

**OP. CIT. PP 76.**

En el anexo B se describe cada proceso.

Este análisis determino que considerando las características generales de las descargas de aguas residuales que se generan en nuestro país, provenientes del uso industrial resulta apropiado tomar

como referencia plantas de tratamiento cuya descarga modal sea de 50 y 100 litros por segundo.

Considerando el estudio mencionado y con objeto de establecer las bases para las reformas propuestas por el presente trabajo en los diversos cuadros del Anexo C (proceso de tratamiento), dentro de la primer columna se muestran los procesos de tratamiento que se recomiendan para cada rama específica en plantas con capacidad de tratamiento de 100 lts/segundo.

Las ramas correspondientes son: azucarera, refinación de petróleo, química, alimentos, celulosa y papel, siderúrgica, textil y bebidas.

Costos de los procesos de tratamiento.

Ampliando la metodología del estudio de 19903, actualizando los costos de tratamiento para las descargas de aguas residuales

---

3 Op.Cit. PP 1.

provenientes de las diversas industrias, y considerando las descargas típicas de cada rama industrial (concentraciones de contaminantes promedio); se pretende, - además de proporcionar las bases para establecer cuotas diferenciales por contaminante -, buscar una asignación efectiva de los costos de descontaminación por cada uno de los elementos en el tren de tratamiento, de acuerdo a la responsabilidad de cada rama industrial, ampliándose los parámetros actualmente sujetos a gravamen.

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario actualizar a precios de 1995, la relación de costos de construcción, operación y mantenimiento de los diversos parámetros y sus factores de costos distribuidos entre los contaminantes.

Con el único objeto de saber donde recae la mayor inversión dentro de un tren de tratamiento, es indispensable conocer y estimar la proporción con que participan cada elemento del sistema de tratamiento, tanto en los aspectos de inversión inicial como de

operación y mantenimiento. Así mismo, es necesario establecer los criterios de asignación de porcentajes de los costos anteriores.

Basados en la lista de procesos y operaciones unitarias (cuadro 4.1), y conforme a los costos señalados en el estudio citado a cada una de ellas se les dio dos índices de costos, una para construcción (2a columna) y otro para operación y mantenimiento (3a columna) referidos al tratamiento de sedimentación primaria como se muestran en los cuadros del Anexo C; por ejemplo; el 80% del índice 1.00 que abarca la construcción de un sedimentador primario SEDPRIM, esta destinado a tratar el gasto; mientras que el 20% de su construcción esta destinado a remover los sólidos suspendidos totales SST. En otro caso; un pretratamiento denominado PRETRA tiene un costo de 1.28 unidades de SEDPRIM (128%) un tratamiento CLORAC (cloración) cuesta 0.43 unidades (43%) de lo que cuesta el SEDPRIM y así respectivamente.

En este mismo anexo, se encuentra la distribución de los criterios técnicos de asignación de los parámetros seleccionados, Gasto (Q),

Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno y Grasas y Aceites (GYA) (columnas de la 6 a la 15).

Resulta obvio entonces que la suma horizontal de los porcentajes de asignación en los costos de construcción y en los costos de operación y mantenimiento de los factores definidos para cada proceso suma 100%.

Los factores técnicos fueron establecidos a través de una tabla de costos por tratamientos que esta en función de las bases de diseño y eficiencia de remoción de los contaminantes para cada proceso<sup>4</sup>.

**Bases Financieras del diseño.**

Las bases de diseño y el costo del sedimentador primario, considerando inversión, período de amortización, tasas de interés (muy bondadosas) y operación y mantenimiento son las siguientes.

---

<sup>4</sup> "Análisis de Factibilidad Técnica, Económica y Operacional de Aplicación de Normas para el uso de Aguas Residuales Tratadas en el Distrito Federal". Departamento del Distrito Federal. Secretaría General de Obras. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Dirección Técnica.

**CUADRO 5.2**  
**Costos del sedimentador primario**

<b>Inversión</b>	<b>= \$2 113 728.60</b>
<b>Período de amortización</b>	<b>= 20 años</b>
<b>Tasa de interés</b>	<b>= 10 %</b>
<b>Amortización de la inversión</b>	<b>= \$ 247 646.48</b>
<b>Operación y mantenimiento</b>	<b>= \$ 345 200.00</b>

Igualmente y en función de los porcentajes se asignan los costos a cada contaminante (en millones de pesos 1985), para que de la columna 16 a la 25 se sumen los costos anuales para la construcción y los costos de operación y mantenimiento para cada parámetro y para cada proceso.

De la columna 26 a la 30 se encuentran los costos anuales, de cada uno de los sistemas de remoción (en millones de pesos).

Finalmente en la última columna se estiman los costos unitarios correspondiente a un metro cúbico tratado (Q) y al costo de remoción por kilogramo de contaminante. Para la elaboración de estas últimas

cinco columnas se dividió la inversión total anual, entre el promedio de las concentraciones de contaminantes en cada una de las descargas, la relación de estas de concentraciones se encuentran en la parte posterior de cada uno de los cuadros del Anexo C y en resumen son los siguientes:

**CUADRO 5.3  
CONCENTRACIONES PROMEDIO**

INDUSTRIA	DBO	DQO	SST	G Y A
	Miligramos por litro			
AZUCARERA	1 113	2 925	806	142
REFINACIÓN DE PETRÓLEO	281	868	166	9
QUÍMICA	185	437	142	2
ALIMENTOS	1 657	2 727	930	60
CELULOSA Y PAPEL	579	1 120	1 129	1
SIDERÚRGICA	508	1 053	116	1
TEXTIL	91	374	64	1
BEBIDAS	1 535	3 032	318	4

FUENTE: Resultado del análisis hecho en el capítulo III con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua. IMTA 1995.

Una vez realizados estos cálculos se puede agrupar las operaciones y procesos correspondientes en cada alternativa; así se tiene en el cuadro C-1 (Planta refinadora de azúcar con un gasto de 100 l/seg), en el cual después de sumar los costos de las operaciones



participantes se obtiene un costo total anual de \$ 20.606 millones, lo cual da un costo global de \$6.5341 por M3., resumiendo los siguientes costos:

**CUADRO 4.6  
TABLA DE COSTOS**

<b>INDUSTRIA</b>	<b>COSTO TOTAL</b> Millones de \$ para 100 l/seg	<b>COSTO GLOBAL</b> \$/M <sup>3</sup> para 100 l/seg
AZÚCAR	20.6060	6.5341
PETRÓLEO	3.1680	1.0050
QUÍMICA	14.1130	4.4753
ALIMENTOS	13.6280	4.3216
CELULOSA Y PAPEL	14.3930	4.5642
SIDERÚRGICA	5.0752	1.6093
TEXTIL	5.6721	1.7986
BEBIDAS	5.1802	1.6426

FUENTE: Resultado del análisis hecho en el capítulo III con base a información de la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua. IMTA 1995.

Es importante recalcar que en tanto los gastos de diseño sean mayores las tarifas unitarias de cobro irán disminuyendo en tanto se tenga las mismas concentraciones de contaminantes en la entrada.

El diseño de esta tarifa pretende tomar como criterio principal al costo por remoción de contaminante; esto quiere decir, que a determinada cantidad de contaminante en una descarga industrial, le

será correspondida una tarifa. Dicha tarifa dependerá de los costos incurridos por sanear dicha cantidad de descarga, en cualquier nivel de contaminación, pero con miras a ampliar este estudio para identificar otros contaminantes gravables, definiéndose como prohibidos y por lo tanto no sujetos actualmente de gravamen.

Se puede aprovechar la ley vigente para 1996, para tomar en cuenta el tipo de cuerpo receptor de la descarga, como un acercamiento para tomar como criterio de cobro adicionalmente el punto de descarga, pero es necesario tener cuidado con este criterio, para evitar castigar, con cuotas altas a industrias de bajas emisiones de contaminantes en zonas de alto riesgo, lo que implícitamente se corrige en parte considerando cuotas diferenciales por rama, pero no del todo ya que dentro de las mismas ramas hay descargas de concentraciones de cantidad y cualidad distintas.

# Capitulo VI

## **VI.-CONTRIBUCIONES POR RESPONSABILIDADES ADQUIRIDAS EN LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.**

Después de haber adquirido criterios económicos mediante la evaluación económica financiera, el último paso es establecer los criterios teóricos para la aplicación práctica de la propuesta dentro de un marco normativo-fiscal, y así reajustar nuestra Ley Federal de Derechos de Descarga.

### **VI.I ESQUEMA TEÓRICO**

El esquema teórico esta dado bajo el principio denominado: "Contaminador pagador". El cual fue establecido en el Primer Simposio Internacional de Derecho Ambiental<sup>1</sup>. Este Principio es recomendado a la vez para llevarse a cabo dentro de América Latina por la Comisión

---

<sup>1</sup> Buenos Aires y Montevideo Argentina, del 24 al 28 de Octubre de 1981.

Interamericana de Derecho y Administración del Ambiente y tiene las siguientes premisas:

- 1) Se deben emprender acciones gubernamentales, - incluyendo estudios preliminares socioeconómicos, tecnológicos y jurídicos, regionales y subregionales de cooperación económica para instalar dicho principio en las diversas legislaciones nacionales.
- 2) El principio no debe ser aplicado apriorísticamente, es decir, no se deben tomar en cuenta solamente estándares generalizados de inmisión de contaminantes en sus descargas, sino que también deberán tomarse en cuenta las respectivas condiciones de los efluentes, dentro de las zonas en estudio en un lapso de tiempo determinado. A su vez, dichas condiciones deberán ser compatibles con la calidad de vida (salud de la población, conservación de los recursos naturales, etc.), tendiendo a aminorar los costos en acciones correctoras del deterioro ambiental.
- 3) Este principio no debe alterar los precios de las mercaderías propias de una zona en estudio, cuyo desenvolvimiento

comercial sea afectado, de tal forma que se genere competencia internacional inequitativa.

4) La aplicación no deberá ser impuesta sino incitada por medio de concertaciones con organismos del sector público y privado, tomando siempre en cuenta a los núcleos poblacionales e industriales en la conveniencia de seguir un proceso gradual que no cause trastornos económicos violentos.

5) Esta aplicación deberá también incluir el pago por restauración del medio ambiente, a un medio ambiente mejor o similar al que existía en un inicio para asegurar la calidad de vida.

6) Se debe incluir la participación de los ciudadanos y las asociaciones ambientales en la aplicación de dicho principio por medio de Legislaciones Nacionales.

## **VI.II MARCO NORMATIVO-FISCAL GENERAL**

Aplicando el principio "Contaminador Pagador" y tomando en cuenta los resultados en la evaluación económica financiera para sanear las cuencas de La República Mexicana, tenemos una serie de tarifas propuestas para calcular el derecho por descarga.

Dichas tarifas están basadas en los costos por tratamientos de cuatro diferentes contaminantes en 8 industrias.

En el Artículo 278 de La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua dentro de su capítulo XIV, se pueden observar las diversas tarifas propuestas. Tenemos que el costo para remover de 1.2 Kgs. de DBO en un M3 es de \$ 1.9030 pesos. Dicho costo resulta de multiplicar el costo real de remoción de 1 Kilogramo (1.58582) por la cantidad total a removerse (1.2). El resultado debería ser incluido en el primer renglón del rango "+ de 0.9 (5/5 partes el costo real de depuración)" dentro del apartado del Azúcar; pero como se tiene un colchón del 20% más sobre el costo de remoción, la cantidad \$ 1.9030 se coloca hasta el

segundo renglón (4/5 partes del costo real de depuración) mientras que  $1.9030+0.3006$ , se coloca en primera instancia. A partir del tercer renglón se aplica el carácter incentivo de la tarifa, con esto se entiende que por tratar la descarga y hacer que los contaminantes en la inmisión bajen hasta un rango de "0.599 a 0.3 Kg/m<sup>3</sup> (3/5 del CRDD)" la tarifa disminuirá a mitad de precio ( $\$1.9030 * 0.5$ ). Si dicho rango de inmisión se reduce hasta "0.299 a 0.12 Kg/m<sup>3</sup> (2/5)" el responsable solo pagará el 10%. Cuando el rango se halla llegado hasta "0.119 a 0 (1/5 del CRDD)<sup>3</sup>" no se cobrará por descarga.

La misma metodología se sigue en cada uno de los contaminantes de cada una de las industrias, es decir existen 160 tarifas propuestas respetando los diversos rangos.

Anteriormente se aplicaban tarifas similares dentro de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua<sup>4</sup> pero para 1996 el criterio de aplicabilidad que estaba formado por: Zona de Disponibilidad y

---

<sup>3</sup> Inmisión por bajo de las Normas Oficiales Mexicanas de Descarga.

<sup>4</sup> Capítulo XIV. Derecho por uso o aprovechamiento de bienes del Dominio Público de la Nación como cuerpos Receptores de las Descargas de Aguas Residuales. CNA 1993.



Cantidad de Contaminante (DBO, DQO y SST solamente) por 1 Kg en 1M3, desaparece parcialmente del panorama legal para 1996. Restando solo los criterios de tipo de cuerpo receptor y cantidad de contaminante (DBO y SST). Además existe una total desproporción entre las concentraciones fijadas dentro de la Ley Federal y las concentraciones reales<sup>5</sup>. Esto quiere decir que en materia de preservación y mejoramiento del medio ambiente la nueva legislación retrocede, pasando por alto los objetivos "saneadores" que se tomaban en cuenta en los últimos 3 planes hidráulicos (1976-88).

Los cambios a efectuarse dentro de la legislación actual serían básicamente sobre los siguientes artículos:

**ARTICULO 278.-** Por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales se pagará el derecho conforme a los tipos de industria

---

<sup>5</sup> Mientras que la Ley Federal de Derechos empieza a castigar con una concentración máxima de 150 miligramos por litro, la realidad nacional - según nuestro análisis -, se ubica en proporciones mucho mayores. Por ejemplo: la concentración promedio de la industria de alimentos es de 1 657, 2727, 930 y 60 de DBO, DQO, SST y GYA respectivamente; mientras que para la industria azucarera es de 1 113, 2 925, 806 y 142 de DBO, DQO, SST y GYA respectivamente.

Dentro de los rangos señalados en la ley actual, tenemos entonces que La Ley Federal de Derechos solo funcionaría para industrias cuyas Inmisiones se encuentran en una concentración por debajo de 150 mg/l, aplicando así tarifas sin criterios económicos. El pago del derecho es entonces erróneo, ya que según estadísticas de la Subcoordinación Tecnológica y Financiera del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, la desproporción entre lo que se paga y lo que debería de pagarse es inmensa.

así como a los diversos rangos de concentraciones de tipo de contaminante, una vez hecha la medición de los contaminantes del agua en los términos del artículo 281 de esta Ley, aplicando por cada kilogramo de contaminante presente en la descarga que se efectúa, las siguientes cuotas a la base que se indica:

#### AZUCAR

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 119	0,0000	menos de 289	0,0000	menos de 79	0,0000	menos de 14.19	0,0000
de 120 a 299	0,3284	290 a 724.9	0,2484	80 a 214.9	0,0558	14.2 a 34.9	0,0097
de 300 a 599	0,9515	725 a 1 449	1,0349	201.5 a 402.9	0,2327	35.5 a 70.9	0,0406
de 600 a 899	1,9030	1 450 a 2 174.9	2,0697	403 a 604.49	0,4654	71 a 106.49	0,0811
más de 900	2,2836	más de 1 450	2,4836	más de 604.5	0,5584	más de 106.5	0,0973

#### BEBIDAS

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 153.49	0,0000	menos de 299	0,0000	menos de 31.79	0,0000	menos de 0.899	0,0000
153.50 a 383.749	0,0043	30 a 757.9	0,0023	31.8 a 794.9	0,0443	0.9 a 2.249	0,0012
383.75 a 767.499	0,0187	758 a 1 515.9	0,0097	79.5 a 158.9	0,1844	2.25 a 4.49	0,0048
767.50 a 151.249	0,0373	1 516 a 2 273.9	0,0194	159 a 238.49	0,3688	4.5 a 6.749	0,0096
más de 1 151.25	0,0448	más de 2 274	0,0233	más de 238.5	0,4426	más de 6.75	0,0115

#### PETROLERA

kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
más de 27.999	0,0000	menos de 867.9	0,0000	menos de 16.59	0,0000	menos de 0.39	0,0000
28.00 a 702.49	0,0171	86.8 a 218.9	0,0057	16.6 a 41.49	0,0305	0.4 a 0.9	0,0012
70.25 a 140.499	0,0712	217 a 433.9	0,0240	41.5 a 82.9	0,1272	1 a 1.9	0,0049
140.5 a 210.749	0,1424	434 a 650.9	0,0479	83 a 124.49	0,2543	2 a 2.9	0,0098
más de 210.75	0,1709	más de 651	0,0575	más de 1 245	0,3052	más de 3	0,0118

#### TEXTILES

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 90.999	0,0000	menos de 37.399	0,0000	menos de 6.39	0,0000	menos de 0.099	0,0000
91 a 22.749	0,0830	37.4 a 93.49	0,0063	6.4 a 15.9	0,0529	0.1 a 0.249	0,0005
454.999 a 22.75	0,3460	93.5 a 433.9	0,0263	16 a 31.9	0,2203	0.25 a 0.49	0,0022
455 a 68.249	0,6920	187 a 280.49	0,0526	32 a 47.99	0,4406	0.5 a 0.249	0,0043
más de 68.25	0,8304	más de 280.5	0,0631	más de 48	0,5287	más de 0.75	0,0052

ALIMENTOS

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 159	0,0000	menos de 269	0,0000	menos de 92.9	0,0000	menos de 5.9	0,0000
160 a 414.249	0,0976	270 a 681.749	0,0660	93 a 232.49	0,0778	6 a 14.9	0,0005
414.25 a 828.49	0,4068	681.75 a 1 363.49	0,2749	232.5 a 464.9	0,3243	15 a 29	0,0021
828.5 a 1 242.749	0,8136	1 363.5 a 2 045.249	0,5497	465 a 692.49	0,6486	30 a 44.9	0,0041
más de 1 242.75	0,9763	más de 2 045.25	0,6597	más de 692.5	0,7783	más de 45	0,0049

PAPEL Y CELOLOSA

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 115.79	0,0000	menos de 111.9	0,0000	menos de 129	0,0000	menos de 0.2	0,0000
115.8 a 231.59	0,1100	112 a 279	0,0939	130 a 282.224	0,1789	0.2 a 0.39	0,0007
231.6 a 347.39	0,4585	280 a 1 279	0,3995	282.225 a 564.49	0,7456	0.4 a 0.59	0,0029
347.4 a 463.19	0,9170	560 a 839	0,7990	564.5 a 846.749	1,4911	0.6 a 0.8	0,0057
más de 463.2	1,1004	más de 840	0,9588	más de 846.75	1,7893	más de 0.8	0,0068

SIDERURGICA

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 101.59	0,0000	menos de 104.9	0,0000	menos de 11.59	0,0000	menos de 0.09	0,0000
101.6 a 203.29	0,0062	105 a 232.49	0,0018	11.6 a 289	0,0442	1 a 0.249	0,0007
203.2 a 304.79	0,0258	263.25 a 526.499	0,0074	290 a 57.9	0,1842	2.5 a 0.49	0,0029
304.8 a 406.39	0,0516	526.5 a 789.749	0,0147	58 a 86.9	0,3684	0.5 a 0.749	0,0057
más de 406.4	0,0619	más de 789.75	0,0176	más de 87	0,4421	más de 0.75	0,0068

QUIMICA

kg de DBO/m <sup>3</sup>	\$	kg de DQO/m <sup>3</sup>	\$	kg de SST/m <sup>3</sup>	\$	kg de GYA/m <sup>3</sup>	\$
menos de 18.49	0,0000	menos de 43.69	0,0000	menos de 14.19	0,0000	menos de 0.019	0,0000
18.5 a 46.249	0,0375	43.7 a 109.249	0,0935	14.2 a 35.49	0,5944	0.02 a 0.49	0,0003
46.25 a 126.9	0,1562	109.25 a 218.49	0,3897	35.5 a 70.9	2,4765	0.05 a 0.09	0,0015
92.5 a 138.749	0,3123	218.5 a 327.749	0,7794	71 a 106.49	4,9530	0.1 a 1.499	0,0029
más de 138.75	0,3748	más de 327.75	0,9353	más de 106.5	5,9436	más de 1.5	0,0035

281.- Los contribuyentes del Derecho Federal a que se refiere el presente capítulo, determinarán con las autoridades correspondientes

el monto que deberán cubrir al aplicar las cuotas, a que se refieren los artículos anteriores conforme a lo siguiente:

I.- Queda igual.

II.- Queda igual.

III.- Queda igual.

IV.- Para aplicar la tarifa a que se refiere el artículo 278 de esta Ley por kilogramo de contaminante deberán:

a) Aplicar métodos de análisis autorizados en normas oficiales, que se efectuarán mediante el examen de muestras compuestas que resulten de la mezcla de seis muestras instantáneas tomadas en períodos continuos de veinticuatro horas, con una periodicidad de 3 a 4 horas y con una frecuencia mensual, para determinar los valores por medio de concentración de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales y Grasas y Aceites de sus descargas.

b) Determinar tanto la concentración promedio mensual de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de

**Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales en la descarga medida en miligramos por litro, así como la concentración promedio de Grasas y Aceites en la descarga medido igualmente en miligramos por litro.**

**c) Queda igual. (Derogado).**

**d) Queda Igual. (Derogado).**

**e) Determinar el número de contaminantes que tiene la descarga mensual de aguas residuales, de los contaminantes señalados en el inciso a), para lo cual las concentraciones obtenidas en el inciso b) que antecede se multiplicará por el factor de 0.001 kilogramos sobre metro cúbico y los resultados se multiplicarán por el volumen mensual descargado.**

**f) El contaminante al que se refieren los artículos 278 y 279 de esta Ley, determinado en el inciso anterior estará dado por el que resulte mayor entre las siguientes dos cantidades:**

**1. El peso en kilogramo de la demanda química de oxígeno que tenga la descarga;**

**2. El peso en kilogramo de demanda bioquímica de oxígeno que tenga la descarga.**

**3. El peso en kilogramo de los sólidos suspendidos totales que tenga la descarga;**

**4. El peso en kilogramo de las grasas y aceites totales que tenga la descarga.**

**g) En los casos en que el agua pluvial incrementa la descarga del agua residual, el contribuyente podrá deducir del volumen total descargado, el que provenga de escurrimientos pluviales. En este caso, las concentraciones promedio de demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales y grasas y aceites que se utilicen para la determinación del importe del derecho, en términos de lo dispuesto por el inciso**

b), fracción IV, de este artículo se deberán multiplicar por el factor que resulte de dividir el volumen total del agua descargada entre el volumen de agua que provenga de los distintos usos de las actividades productivas del contribuyente.

En mi opinión el criterio del "tipo de cuerpo receptor A, B y C" instalado en La Ley Federal de Derechos de 1996, es aplicable siempre y cuando el contaminante descargado sea fácilmente diluido por las características físicas de los cuerpos receptores (lo cual al parecer es el criterio). Más sin embargo sigue siendo imprescindible señalar la aplicación de dicha cuota mediante la zona de disponibilidad (Ley de 1993), las zonas de alta y baja contaminación<sup>6</sup> y las zonas de más rápida dilución - o bien por su interés ecológico - (Ley de 1996).

---

<sup>6</sup> Esto puede resultar engañoso ya que una zona puede gozar de bajas concentraciones de sus contaminantes si: 1) sus características físicas le permiten diluir más rápido la descarga; 2) si las descargas en dicha zona son menores.

## **VI.III PUNTOS DE PROPUESTA**

### **Establecimiento del derecho.**

Los responsables industriales de las descargas se verán en la necesidad económica de instalar sus propios sistemas de tratamiento y cumplir con la normatividad vigente para evitar pagar cuotas por el derecho de descarga. En caso de que los responsables de las descargas opten por el pago de cuotas como derecho de descarga, la recaudación así obtenida deberá ser suficiente para llevar a cabo la construcción y operación de las plantas y dispositivos necesarios para controlar la contaminación que éstas descargas pueden causar; por lo tanto, el monto de la deuda deberá considerar todos los costos involucrados en el control de la contaminación, incluyendo los costos de la inversión inicial, como los gastos de financiamiento, operación y mantenimiento de los dispositivos instalados.

La cuota deberá ser tan alta que sirva como incentivo efectivo para que los responsables por las descargas de aguas residuales opten



por poner su propia planta de tratamiento, pero con la condicionante de que pueda ser pagada por cualquier usuario sin afectar severamente su economía.

La cuota por derecho de descarga de aguas residuales será instrumento legal que se complemente con los certificados de calidad de agua, para incentivar a los responsables de las descargas de aguas residuales a que reusen o regresen el líquido a los cuerpos de agua, en condiciones óptimas de calidad.

Además se castigará con tarifas cada vez mayores para el agua de primer uso, tratando de recircular el agua de proceso y tener una descarga mínima a los cuerpos de agua.

La aportación económica requerida de cada usuario será proporcional a su aportación de aguas residuales y a la masa de contaminantes que arrojen sus descargas. Además la cuota de derecho por descarga podrá ser actualizada o modificada de acuerdo a las condiciones económicas o técnicas de operación del sistema, como

puede ser debido al aumento de tarifas eléctricas, de salario mínimo, o por modificaciones sustanciales en las características de las aguas residuales o en las normas de calidad que las autoridades competentes fijen para la descarga.

El costo del volumen descargado estará dado por los rangos sugeridos en el estudio, es decir; por cada cantidad especificada que se exceda en condiciones particulares de descarga.

Para el cálculo de cuotas se deberán contemplar los parámetros de calidad de agua más importantes y de fácil medición; sin embargo deberá ser lo más sencillo posible para facilitar su manejo por parte de los usuarios, de tal forma que sea autodeclarable.

#### **Aplicabilidad del derecho.**

El derecho será aplicable a toda institución física o moral, como son la industrias, que realicen descargas continuas intermitentes o

fortuitas de aguas residuales a los cuerpos receptores y que no cumplan con la legislación existente.

El pago de los derechos no trata de eximir a los responsables del cumplimiento de la legislación vigente sobre el control de contaminación correspondiente a las Normas Técnicas Ecológicas expedidas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y las condiciones particulares de descarga fijadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAP).

# **Bibliografía**

## BIBLIOGRAFÍA DE TESIS :

- 1.- Bolaños Federico . "El Impacto Biológico: Problema Ambiental Contemporáneo". Coordinación de Estudios de Postgrado, Instituto de Biología UNAM. 1990.
- 2.- Donath de La Peña Eduardo, Ortiz Rendón Gustavo Proyecto: "Bases para la aplicación y establecimiento de las cuotas y tarifas Federales del Agua". IMTA 1994.
- 3.- Ortiz Rendón Gustavo . Proyecto: "Estudio sobre Cuotas por derechos de descarga de aguas residuales". CNA, Subdirección General de Planeación y Finanzas. 1982.
- 4.- Téllez Kuenzler Luis . "1a Reunión Internacional Sobre Economía del Medio Ambiente". Subsecretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- 5.- Proyecto: "Estudio Sobre Cuotas por Derechos de descarga de Aguas Residuales". CNA Subdirección General de Planeación y Finanzas. 1988.
- 6.- Proyecto: "Estudio de Cuotas por Derechos de Descargas de Aguas Residuales" Diseños Hidráulicos y Tecnología Ambiental. S.A. México D.F., 31 de Octubre de 1990.
- 7.- "El Principio Contaminador Pagador". Comisión Interamericana Para el Derecho y La Administración del Medio Ambiente. Ed. Fraternal. Buenos Aires Argentina, Octubre de 1981.

## BIBLIOGRAFÍA DE TESIS :

- 8.- "Análisis de Factibilidad Técnica, Económica y Operacional de ampliación de normas para el reuso de aguas residuales tratadas en el Distrito Federal". DDF Secretaría General de Obras. Diciembre 1987.
- 9.- "Perfil del uso de Aguas en las Plantas de Nueve Industrias". SARH. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. SARH 1979.
- 10.- "Primer Borrador del Plan Nacional Hidráulico 1988-94" CPNH 1988.
- 11.- "Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos", relacionado con el Medio Ambiente y La salud. 1994.
- 12.- "Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente". 1994.
- 13.- "Ley Federal de Derechos en materia de agua". CNA. 1994.
- 14.- "Ley General de Salud". 1994.
- 15.- "Ley de Obras Públicas. 1994.
- 16.- "Ley Orgánica de la Administración Pública Federal". 1994.
- 17.- "Alimenticia". Conjunto de lecturas para el análisis técnico-ambiental de 17 Industrias. CNA, Subsecretaría de Planeación. Marzo 1976.

## BIBLIOGRAFÍA DE TESIS :

- 18.- "Azúcar". Conjunto de lecturas para el análisis técnico-ambiental de 17 Industrias. CNA, Subsecretaría de Planeación. Marzo 1976.
- 19.- "Celulosa y Papel". Conjunto de lecturas para el análisis técnico-ambiental de 17 Industrias. CNA, Subsecretaría de Planeación. Marzo 1976.
- 20.- "Hierro y Acero" Conjunto de lecturas para el análisis técnico-ambiental de 17 Industrias. Subsecretaría de Planeación. CNA, Marzo 1976.
- 21.- "Petrolera". Conjunto de lecturas para el análisis técnico-ambiental de 17 Industrias. Subsecretaría de Planeación. CNA, Marzo 1976.

# Anexos



# **Anexo A**

## **DEFINICIONES**

Para facilitar la comprensión de algunos términos y conceptos que se utilizan comúnmente en el sector y que son importantes para el desarrollo de este trabajo, se consideró necesario presentar las siguientes definiciones.

### **AGUAS CONTINENTALES**

Son aquellas aguas dulces que se encuentran en la superficie terrestre, en el subsuelo y en depósitos y corrientes de la parte continental del territorio nacional.

### **AGUAS ESTUARINAS**

Se encuentran en el tramo del ensanchamiento del río en su desembocadura al mar, bajo la influencia de la marea y que esta limitado en longitud hasta la zona donde la concentración de cloruros disminuye hasta un valor de 250 mg/lit. en época de estiaje.

## **AGUAS MARINAS**

Son las comprendidas en las zona marinas mexicanas, en los términos del artículo 3o de la Ley Federal del Mar.

## **AGUAS MARÍTIMAS INTERIORES**

Son aquellas que se localizan entre la costa del estado ribereño y el inicio de su mar territorial, respecto de las cuales ejerce su soberanía.

## **AGUAS RESIDUALES**

Es el líquido de composición variada proveniente de los usos domésticos, de servicios, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios o de cualquier índole que por este motivo hallan sufrido degradación de su calidad original.

## **AGUAS RESIDUALES AGROPECUARIAS**

Aquellas que provienen de actividades agrícolas o pecuarias.

## **AGUAS RESIDUALES O COMERCIO**

Son generadas por actividades comerciales.

### **AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

Se generan con motivo de la satisfacción de las necesidades de los residentes de una casa habitación.

### **AGUAS RESIDUALES DE FRACCIONAMIENTOS**

Proviene de dos o más casas habitación y descargan a sistemas de drenaje y alcantarillado no administrados por el municipio.

### **AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Son resultado de los procesos de extracción, transformación o generación de otros bienes y/o de sus actividades complementarias.

### **AGUAS RESIDUALES DE SERVICIOS**

Son aquellas que provienen de actividades públicas o privadas encaminadas a la prestación de un servicio.

### **AGUAS RESIDUALES URBANAS O MUNICIPALES**

Resultan de la combinación de aguas residuales domésticas, comerciales y de servicios públicos y privados así como industriales,

en el caso de que los procesos que la generan se localicen en centros de población y se vierten en el sistema de drenaje y alcantarillado de los mismos.

## **AMBIENTE**

Es el conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

## **APROVECHAMIENTO RACIONAL**

La utilización de los elementos naturales, en forma que resulte eficiente, socialmente útil y que procure su preservación y la del medio ambiente.

## **CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES**

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y sus valores que como máximo serán admitidos en una descarga de aguas residuales en función del sitio final de descarga.

## **CONSEJO DE CUENCA**

En concertación con los gobiernos estatales y usuarios, en términos de ley, los consejos de cuenca son el conjunto de individuos formados por la Comisión Nacional del Agua para la supervisión del desarrollo integral y sustentable, de los recursos hidráulicos en las distintas cuencas, especialmente en aquellas donde los niveles de extracción y la contaminación generada provoca conflictos entre usos y usuarios.

## **CONTAMINACIÓN**

La presencia en el ambiente de uno o más contaminante, o de cualquier combinación de aquellos que causen desequilibrio ecológico.

## **CONTAMINACIÓN MARINA**

Es la introducción directa o indirecta de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios) la cual acaba por dañar los recursos vivos, y termina por poner en peligro la salud humana, altera las actividades marinas - entre ellas la pesca -, reduciendo el valor recreativo y la calidad del agua del mar. Por otra parte la contaminación del mar tiene su origen en diversas fuentes tales como vertimientos y

descargas através de la atmósfera, los ríos, los estuarios, las cloacas y las tuberías.

### **CONTAMINANTE**

Toda la materia o energía en cualquiera de sus estados físicos o formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento natural, altere o modifique su composición o condición natural.

### **CUERPO RECEPTOR**

Los lagos, las lagunas, estuarios, acuíferos, marismas, redes colectoras (con excepción el sistema de drenaje y alcantarillado urbano o municipal) ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua así como el suelo y el subsuelo que reciben descargas de aguas residuales.

### **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

Es la medida de control de la calidad del agua, que corresponde a la cantidad de oxígeno, necesaria para oxidar la materia presente en el

agua por medio de un oxidante fuerte en medio ácido, que conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, antes de la descarga a un cuerpo receptor, debe ajustarse a los máximos permisibles contenidos en las normas técnicas ecológicas y condiciones particulares de descargas fijadas por la autoridad competente, y que se miden conforme a las normas oficiales expedidas de la misma<sup>1</sup>.

### **DESARROLLO INTEGRAL SUSTENTABLE**

Se refiere a la estrategia que lleve a una administración y financiamiento integral del recurso agua para que los miembros de la sociedad valoren los servicios en la proporción en que resulten beneficiados resultando un abastecimientos autónomo y autofinanciables, sin afectar el desarrollo de otros sectores.

### **ECOSISTEMA**

Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

---

<sup>1</sup> Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Capítulo XIV, artículo 277.



## **ECOSISTEMA ACUÁTICO**

Es el ecosistema que se localiza en el agua marina solúbre o dulce.

## **EQUILIBRIO ECOLÓGICO**

Es la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente en que se hace posible la existencia, transformación o desarrollo del hombre y demás seres vivos.

## **FUENTE MÓVIL**

Son todo tipo de embarcaciones que operan en las aguas marinas, incluidos los aliscafos, aerodeslizadores, sumergibles, artefactos flotantes y plataformas.

## **INFILTRACIÓN**

Es el proceso natural o inducido, mediante el cual las aguas residuales llegan al subsuelo.

## **MAR TERRITORIAL**

Se define como "La franja del mar, adyacente tanto a las costas nacionales, sean continentales o insulares, como a las aguas marinas interiores donde la nación ejerce su soberanía", por su parte la Ley General de bienes Nacionales acota la superficie de la franja del mar territorial hasta una distancia de 12 millas marinas (22 224 mts.) en la cual el Estado ejerce sus soberanía incluyendo el lecho y el subsuelo de ese mar, así como el espacio aéreo suprayacente.

## **PARÁMETRO AMBIENTAL**

Es la unidad Nacional Básica de todos los entes o individuos que se interaccionan conformando el medio ambiente en un espacio y tiempo determinados.

## **PRINCIPIO CONTAMINADOR PAGADOR**

Las personas naturales o jurídicas, regidas en un marco legal, que son responsables por contaminar, deben pagar los costos de las acciones necesarias para eliminar dicha contaminación o para reducirla a niveles adoptados que aseguren la calidad de vida. Dicho principio se

apoya en: La Teoría de la Compensación: paga quien ocasiona una acción depuradora o saneadora; Teoría del Plusvalor: Paga quien se beneficia por contaminar y en medida de las utilidades que obtiene.

## **PUERTO**

Es un lugar de la costa, rivera de un río, de un lago o de una laguna defendido contra el viento y marejadas, habilitado como tal por decreto del ejecutivo federal, el cual fijará su localización geográfica, su naturaleza y en su caso, el recinto portuario respectivo, además de señalar las obras e instalaciones públicas que deben considerarse como partes integrantes de este o efectuar su funcionamiento,

## **REGISTRO PUBLICO DE DERECHOS DE AGUA**

Es la aprobación de los derechos y obligaciones que adquieren los concesionarios, asignatarios o permisionarios que quedan asentados en títulos que expide la Comisión Nacional del Agua.

De acuerdo a la Ley Federal de Aguas Nacionales en un Registro Público de derechos de agua se plasman dos derechos básicos: el título de concesión o consignación requerido para explotar, usar o

aprovechar las aguas nacionales o sus bienes inherentes, y el permiso de descarga requerido para desalojar las aguas residuales através de un cuerpo receptor de propiedad nacional.

## **RESIDUO**

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

## **RESIDUO PELIGROSO**

Todo aquel residuo en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciones o irritantes, represente un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

## **RESPONSABLE DE LA DESCARGA**

Toda persona física o moral, pública o privada que sea responsable legal de la operación, funcionamiento o administración general de

cualquier actividad por las que se generen una o varias descargas de agua residual.

### **PROGRAMACIÓN HIDRÁULICA**

Conforme a la Ley de Agua Nacionales, la programación hidráulica es un medio para integrar los intereses y puntos de vista de la sociedad al esfuerzo regulador del Estado para garantizar el Desarrollo Sustentable de los recursos hidráulicos del país.

### **SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Es la medida de control de calidad del agua, que corresponde al contenido de partículas orgánicas o inorgánicas suspendidas en el agua que conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, antes de la descarga a un cuerpo receptor, y fijadas por la autoridad competente. Se miden conforme a las normas oficiales expedidas por la misma.

## **TRATAMIENTO**

Es el proceso por el cual se eliminan su mayor parte todos los residuos u organismos tóxicos que pueden ser nocivos para un determinado tipo de actividad.

### **TRATAMIENTO PRIMARIO (TFQ)**

Es el tratamiento físico-químico en el cual se eliminan sólidos por el método de sedimentación y/o floculación. En este tipo de tratamiento también se eliminan organismos patógenos aerobios.

### **TRATAMIENTO SECUNDARIO (TBQ)**

Es el tratamiento biológico, que elimina organismos patógenos anaerobios por medio de la inyección de oxígeno diversos.

### **TRATAMIENTO Terciario (TT)**

Es el método usado para eliminar partículas suspendidas en el medio acuoso a tratar por medio de la filtración.

## **ZONA CONTIGUA**

La Ley Federal del mar la menciona como una zona cotigua al mar territorial mexicano, en donde la Nación tiene competencia para tomar las medidas de fiscalización necesarias con el objeto de "prevenir las infracciones que establece la ley y de las leyes de reglamentos aduaneros, fiscales de inmigración o sanitarios que pudieran cometerse en el territorio e las aguas marinas interiores o en el mar territorial mexicano 2".

## **ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA**

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos señala que: "La Nación ejerce en una zona exclusiva situada fuera del mar territorial y adyacente a este, los derechos de la soberanía y las jurisdicciones que determinan las leyes del congreso. La zona económica exclusiva se extenderá a 200 millas náuticas, medidas a partir de la línea desde la cual se mide el mar territorial<sup>3</sup>". así mismo la Ley Federal concede a la Nación derechos de soberanía para fines de

---

<sup>2</sup> Ley Federal del Mar 1992.

<sup>3</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 1993.

# **Anexo B**



exploración y explotación, conservación y administración de los recursos naturales, tanto vivos como no vivos, ya sean renovables, o no renovables, del lecho y el subsuelo del mar y de las aguas suprayacentes con respecto a otras actividades con miras de a la exploración y explotación de la zona, tal como la producción de energía derivada del agua de las corrientes y los vientos, también jurisdicción para el establecimiento y la utilización de las islas artificiales, instalaciones y estructuras, a la investigación científica marina y a la protección del medio ambiente marino. La misma ley también establece que en la zona económica exclusiva nuestro país respetará las libertades de navegación, de sobrevuelo y de tener cables y tuberías submarinas que corresponden en derecho internacional a Estados extranjeros.

## **CLAVES Y TIPOS DE TRATAMIENTO :**

A continuación se hace la descripción resumida, de cada una de las 17 alternativas de tratamiento seleccionadas.

**1 PRETRA .-** Pretratamiento: en esta operación se remueve basuras de basuras de mayor tamaño, como pueden ser latas, trapos ramas, etcétera, y arenas. Este tratamiento esta integrado por unidades de cribado con rejillas de limpieza mecánica o manual y por desarenadores aereados.

**2 SED PRIM .-** Sedimentación primaria: En ella se eliminan los sólidos suspendidos restantes mediante acción de la gravedad.

**3 LA-MC .-** Lodos activados, mezcla completa: Este proceso tiene como objetivo la remoción de materia orgánica de las aguas, la cual sirve como alimento a los microorganismos en presencia de oxígeno molecular.

**4 ZANJAS .-** Zanjas de Oxidación: Es el más adecuado para plantas grandes (hasta 500 lts/seg). Una ventaja de esta modalidad, es que los lodos producidos por el sistema están altamente estabilizados al haber sido digeridos aeróbicamente en el proceso, por lo que no requieren tratamiento adicional, con excepción del secado, antes de su disposición final.

**5 BIODIS .-** Discos biológicos: Es un sistema rotativo de discos paralelos de material de plástico, los que se encuentran parcialmente sumergidos en los reactores de contacto. La película bacteriana se forma en el medio de plástico, y en forma similar a los filtros percoladores, sólo que en este caso, en vez de que el agua residual sea la que a su paso entre en contacto con el medio fijo, es el medio el que entra en contacto con el agua residual, moviéndose alternativamente entre el agua y el aire, entonces esta es desechada para su recolección en sedimentadores secundarios.

**6 CLORAC .-** Cloración: Esta operación se incluye con el propósito de controlar el contenido de bacterias patógenas en las aguas tratadas.

7 LAGRTQ .- Lagunas de lodos espesados por gravedad: Es usado en la deshidratación de lodos para posteriormente usarse como fertilizante. No utiliza grandes extensiones de terreno y solo funciona para plantas con un desecho de no más de 50 l/seg.

8 LSZANJ .- Lechos de secado, (lechos espesados por zanjas de oxidación): Es óptimo para plantas grandes (hasta 500 l/seg), pero a su vez requieren de grandes extensiones de terreno para su puesta en marcha. Una ventaja de este sistema es que se pueden utilizar los lodos resultantes como fertilizante, debido a que estos están altamente estabilizados, al haber sido digeridos aeróbicamente durante el proceso.

9 LSGRTQ .- Lechos de secado, espesados por gravedad, lagunas químicas: Su función es similar a las lagunas espesadas por gravedad (LAGRTQ), con la posterior neutralización de ácidos fluoruros, fenoles, nitratos y otros agentes que en calidad de fertilizante, el medio ambiente no puede asimilar <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Cuadro IV-19, de "Criterios de calidad del Agua residual para su reuso". Dirección general de Construcción y Operación Hidráulica. DDF, Diciembre 1987.

**10 DAE AE .- Digestión aeróbica, aereación extendida:** Es una variante de los lodos activados, su característica principal es la de la aereación por tiempos más extendidos (24 hrs), y cargas uniformes de DBO y SST en todo el reactor.

**11 DAE MC .- Digestión aeróbica, mezcla completa:** este proceso es un método alternativo para el tratamiento de lodos orgánicos, puede tratar lodos de desecho de tratamiento de lodos activados y lodos primarios. También se basa en microorganismos pero ahora en vez de comer materia orgánica consume su propio protoplasma.

**12 DAE FP .- Digestión aeróbica, Filtros percoladores:** Es un sistema que lleva combinados la digestión aeróbica y la eliminación de biomasa de los filtros percoladores. Es el más adecuado para plantas que arrojan grandes cantidades de DBO y DQO combinadas.

**13 GRAAER .- Espesamiento por gravedad, de lodos digeridos aeróbicamente:** Realiza la misma función que la digestión aeróbica, mezcla compuesta (DAEMC).

**14 FILPER .-** Filtros Percoladores: Es un medio biológico de aguas residuales con la biomasa adherida a un medio fijo; este medio fijo lo constituye un lecho de piedras de 1 a 3 metros de altura, en las que se adhieren y desarrollan los microorganismos que intervienen en el proceso de oxidación de la materia orgánica ante la presencia de aire.

**15 LAGUNA .-** Lagunas de lodos: es un estanque de tierra, en el cual se deposita el lodo crudo o digerido y sirve para estabilizar los sólidos orgánicos por descomposición anaeróbica y aeróbica.

**16 LAGAER .-** Lagunas aereadas: su proceso requiere de amplias áreas de terreno. Consiste en la inyección de aire al agua arrojada al final del proceso.

**17 TYD .-** Finalmente se toma en cuenta el transporte y la disposición de lodos.

# **Anexo C**

CUADRO 1

Datos de diseño	Costos del sedimentador primario	
Q = 3.16 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión	= \$ 2 949 214.07
DBO = 3.51 Mkg/a = 2 226 mg/l	Periodo de amortización	= 20 años
DQO = 4 612.14 Mkg/a = 2 925 mg/l	Tasa de interés	= 10 %
SST = 2 542 Mkg/a = 16 012 mg/l	Amortización de la Inversión	= \$ 345 204.16 / año
GVA = 0.448 Mkg/a = 284 mg/l	Operación y mantenimiento	= \$ 415 240.56 / año

PROCESO DE	Calculo de costos (millones de \$)				Criterios de asignación %												Costos (1 000 000/Año)										Tarifas de cobro																		
	Indic. Costo por año		Construcción		Operac. y manteni.		Construcción		Operación y Mantenimiento								Total					Q	DBO	SST	DQO	G Y A																			
	Const.	OyM	Amort.	OyM	Q	BO	SST	DQO	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg																	
1 PRETRA	1.28	1.26	0.4419	0.5232	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0880	0.0884	0.0880	0.0000	0.4186	0.0080	0.1046	0.0880	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.0332	0.0000	0.0000												
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0880	0.0880	0.0880	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0880	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.0475	0.0000	0.0000												
3 LA-MC	6.39	25.45	2.2059	10.5679	40	35	5	15	40	40	10	10	0	0.8823	0.7720	0.1103	0.3309	0.1103	4.2271	4.2271	1.0548	1.0548	0.0000	5.1095	4.9992	1.1671	1.3877	0.1103	1.6169	1.4243	0.2005	0.5459	0.2462												
4 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0880	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0880	0.9946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	0.1073	0.0000	0.0000												
5 DAE MC	2.21	4.17	0.7629	1.7316	20	30	25	20	30	10	45	10	5	0.1526	0.2289	0.1907	0.1526	0.0381	0.5195	0.1732	0.7792	0.1732	0.0866	0.6720	0.4020	0.9699	0.3257	0.1247	0.2127	0.1145	0.1667	0.1281	0.2784												
6 GRAAER	0.18	0.23	0.0621	0.0955	10	30	30	25	10	30	30	25	5	0.0062	0.0186	0.0186	0.0155	0.0031	0.0096	0.0287	0.0287	0.0239	0.0048	0.0158	0.0473	0.0473	0.0394	0.0079	0.0050	0.0135	0.0081	0.0155	0.0176												
7 LAGUNA	0.22	0.07	0.0759	0.0291	10	40	40	10	10	30	30	25	5	0.0076	0.0304	0.0304	0.0076	0.0000	0.0029	0.0087	0.0087	0.0073	0.0015	0.0105	0.0391	0.0391	0.0149	0.0015	0.0033	0.0111	0.0067	0.0058	0.0032												
8 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0224	0.0118	0.0184	0.0255												
9.5837																						5.5464	3.3858	1.8143	0.2558	3.0328	1.5859	0.5818	0.7137	0.5709															
TOTAL																						20.606	Millones de pesos		Costo Global =		6.5341		\$/M3																

CUADRO 2  
CALCULO DE TARIFAS PARA EL TRATADO DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR LA INDUSTRIA DE REFINACION DEL PETROLEO

Datos de diseño	Costos del sedimentador primario	
Q = 3.56 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión	= \$ 2 949 214.07
DBO = 0.886 Mkg/a = 562 mg/l	Periodo de amortización	= 20 años
DQO = 2.738 Mkg/a = 1 736 mg/l	Tasa de interés	= 10 %
SST = 0.524 Mkg/a = 332 mg/l	Amortización de la Inversión	= \$ 345 204.16 / año
GVA = 0.028 Mkg/a = 18 mg/l	Operación y mantenimiento	= \$ 415 240.56 / año

PROCESO DE	Calculo de costos (millones de \$)				Criterios de asignación %												Costos (1 000 000/Año)										Tarifas de cobro																		
	Indic. Costo por año		Construcción		Operac. y manteni.		Construcción		Operación y Mantenimiento								Total					Q	DBO	SST	DQO	G Y A																			
	Const.	OyM	Amort.	OyM	Q	BO	SST	DQO	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	Q	DBO	SST	DQO	G Y A	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg																	
1 PRETRA	1.28	1.26	0.4419	0.5232	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0880	0.0884	0.0880	0.0000	0.4186	0.0080	0.1046	0.0880	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.3683	0.0000	0.0000												
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0880	0.0880	0.0880	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0880	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.5280	0.0000	0.0000												
3 DAE FP	0.70	1.71	0.2416	0.7101	20	30	15	30	20	30	20	25	5	0.0483	0.0725	0.0362	0.0725	0.0121	0.1420	0.2130	0.1420	0.1775	0.0355	0.1903	0.2855	0.1783	0.2500	0.0476	0.0602	0.3222	0.3402	0.0913	1.6995												
4 GRAAER	0.18	0.23	0.0621	0.0955	10	30	30	25	10	30	30	25	5	0.0062	0.0186	0.0186	0.0155	0.0031	0.0096	0.0287	0.0287	0.0239	0.0048	0.0158	0.0473	0.0473	0.0394	0.0079	0.0050	0.0534	0.0903	0.0144	0.2815												
5 LAGUNA	0.22	0.07	0.0759	0.0291	10	40	40	10	10	30	30	25	5	0.0076	0.0304	0.0304	0.0076	0.0000	0.0029	0.0087	0.0087	0.0073	0.0015	0.0105	0.0391	0.0391	0.0149	0.0015	0.0033	0.0441	0.0746	0.0054	0.0519												
6 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0889	0.1306	0.0170	0.4074												
1.4953																						0.4507	0.8028	0.351	0.0683	0.4732	0.5087	1.532	0.1282	2.4403															
TOTAL																						3.168	Millones de pesos		Costo Global =		1.0046		\$/M3																



CUADRO 3  
CALCULO DE TARIFAS PARA EL TRATADO DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR LA INDUSTRIA QUIMICA

Flujo de diseño	Costos del sedimentador primario	
Q = 3.56 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión	= \$ 2 949 214.07
DBO = 0.583 Mkg/a = 185 mg/l	Periodo de amortización	= 20 años
DQO = 1.359 Mkg/a = 431 mg/l	Tasa de Interés	= 10 %
SST = 0.448 Mkg/a = 142 mg/l	Amortización de la Inversión	= \$ 345 204.16 / año
GYA = 0.006 Mkg/a = 2 mg/l	Operación y mantenimiento	= \$ 415 240.56 / año

PROCESO DE TRATAMIENTO	Cálculo de costos (millones de \$)				Criterios de asignación %												Costos (1 000 000/Año)					Tarifas de cobro																															
	Índices				Construcción			Operac. y mantenim.			Construcción			Operación y Mantenimiento			Total					Q	DBO	SST	DQO	GYA																											
	Const.	OyM	Amort.	OyM	Q	DBO	SST	DQO	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg																									
1 PRETRA	1.28	1.26	0.4419	0.5232	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.4308	0.0000	0.0000																				
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.6175	0.0000	0.0000																				
3 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	1.3936	0.0000	0.0000																				
4 LSGTOR	4.35	18.15	1.5016	7.5366	20	10	60	10	20	10	40	30	0	0.3003	0.1502	0.9010	0.1502	0.0000	1.5073	0.7537	3.0146	2.2610	0.0000	1.8077	0.9038	3.9156	2.4111	0.0000	0.5720	1.5530	8.7402	1.7497	0.0000																				
5 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.1354	0.1528	0.0339	1.9011																				
																							5.5835	0.9826	5.0781	2.4578	0.0114																	1.7669	1.6884	11.335	1.7836	1.9011					
																							TOTAL					14.113	Millones de pesos					Costo Global =					4.4753 \$/M <sup>3</sup>														

CUADRO 4  
CALCULO DE TARIFAS PARA EL TRATADO DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Flujo de diseño	Costos del sedimentador primario	
Q = 3.56 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión	= \$ 2 949 214.07
DBO = 5.225 Mkg/a = 1 675 mg/l	Periodo de amortización	= 20 años
DQO = 8.560 Mkg/a = 2 727 mg/l	Tasa de Interés	= 10 %
SST = 2.933 Mkg/a = 930 mg/l	Amortización de la Inversión	= \$ 345 204.16 / año
GYA = 0.189 Mkg/a = 60 mg/l	Operación y mantenimiento	= \$ 415 240.56 / año

PROCESO DE TRATAMIENTO	Cálculo de costos (millones de \$)				Criterios de asignación %												Costos (1 000 000/Año)					Tarifas de cobro																															
	Índices				Construcción			Operac. y mantenim.			Construcción			Operación y Mantenimiento			Total					Q	DBO	SST	DQO	GYA																											
	Const.	OyM	Amort.	OyM	Q	DBO	SST	DQO	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg																									
1 PRETRA	1.28	1.26	0.4419	0.5232	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.0658	0.0000	0.0000																				
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.0943	0.0000	0.0000																				
3 BIODIS	16.15	6.92	5.5750	2.8735	40	30	10	20	40	30	10	20	0	2.2300	1.6725	5.5575	1.1150	0.0000	1.1494	0.8620	2.2873	0.5747	0.0000	3.3794	2.5346	0.8449	1.6897	0.0000	1.0694	0.4850	0.2880	0.1965	0.0000																				
4 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	0.2128	0.0000	0.0000																				
6 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0151	0.0233	0.0054	0.0607																				
																							7.1658	2.6524	2.0464	1.7512	0.0129																	2.2677	0.5075	0.6975	0.2036	0.0684					
																							TOTAL					13.629	Millones de pesos					Costo Global =					4.3216 \$/M <sup>3</sup>														

CUADRO 5

Bases de diseño		Costos del sedimentador primario	
Q = 3.16 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/s	Inversión	=	\$ 2 113 728.60
DBO = 1.826 Mkg/a = 1.15	Periodo de amortización	=	20 años
DQO = 3.532 Mkg/a = 2.24	Tasa de Interés	=	10 %
SST = 0.56 Mkg/a = 2.258	Amortización de la Inversi	=	\$ 247 646.48
GYA = 0.002 Mkg/a = 2	Operación y mantenimiento	=	\$ 345 200.00

D TRATA-	Cálculo de costos (millones de				Criterios de asignación %				Costos (\$ 1 000 000.00/año)																Tarifas de cobro									
	Índices				Construcción				Operac. y mantenim.				Construcción				Operación y Mantenimiento				Total													
	Const.	Oym	Amort.	Oym	Q	DBO	SST	DQO	GY	Q	BO	ST	QO	A	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg
MIENTO	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1990	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.5274	0.0000	0.0000
1 PRETRA	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1990	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.5274	0.0000	0.0000
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	0	30	0	30	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.1773	0.0000	0.0000
3 FILPER	17.66	7.76	6.0963	3.2223	40	25	5	30	0	30	40	10	20	0	2.4385	1.5241	0.3048	1.8289	0.0000	0.9667	1.2889	0.3222	0.6445	0.0000	3.4052	2.8130	0.6270	2.4733	0.0000	1.0776	1.5456	0.4019	0.7003	0.0000
4 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	0.4002	0.0000	0.0000
8 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	5	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0433	0.0439	0.0132	5.7033
7.1811 2.8918 1.7895 2.52022 0.011																																		
Total = 14.394 Millones de Pesos Costo global = 4.5642 \$/M3																																		

CUADRO 6

Bases de diseño		Costos del sedimentador primario	
Q = 3.16 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/s	Inversión	=	\$ 2 113 728.60
DBO = 1.602 Mkg/a = 1.01	Periodo de amortización	=	20 años
DQO = 3.32 Mkg/a = 2.10	Tasa de Interés	=	10 %
SST = 0.366 Mkg/a = 232	Amortización de la Inversi	=	\$ 247 646.48
GYA = 0.002 Mkg/a = 2	Operación y mantenimiento	=	\$ 345 200.00

D TRATA-	Cálculo de costos (millones de				Criterios de asignación %				Costos (\$ 1 000 000.00/año)																Tarifas de cobro									
	Índices				Construcción				Operac. y mantenim.				Construcción				Operación y Mantenimiento				Total													
	Const.	Oym	Amort.	Oym	Q	DBO	SST	DQO	GY	Q	BO	ST	QO	A	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	Q	DBO	SST	DQO	GYA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg
MIENTO	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1990	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.5274	0.0000	0.0000
1 PRETRA	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1990	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.5274	0.0000	0.0000
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	0	30	0	30	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.1773	0.0000	0.0000
5 LAGUN	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	1.7058	0.0000	0.0000
6 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	5	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0492	0.1870	0.0141	1.9011
3.7759 0.0788 1.1624 0.046677 0.011																																		
TOTAL 5.0752 Millones de pesos Costo global = 1.6093 \$/M3																																		

CUADRO 7

Bases de diseño	Costos del sedimentador primario
Q = 3.16 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión = \$ 2 113 728.00
DBO = 0.286 Mkg/a = 182 mg/l	Periodo de amortización = 20 años
DQO = 1.18 Mkg/a = 748 mg/l	Tasa de interés = 10 %
SST = 0.202 Mkg/a = 128 mg/l	Amortización de la Inversión = \$ 247 646.48
GVA = 0.002 Mkg/a = 2 mg/l	Operación y mantenimiento = \$ 345 200.00

D TRATA-	Cálculo de costos (millones de)				Criterios de asignación %										Costos (\$ 1 000 000 00/año)										Tarifas de cobro																						
	Indicadores		Costo por año		Construcción				Operac. y mantencim.				Construcción		Operación y Mantenimiento				Total		Q		DBO		SST		DQO		GVA																		
MIENTO	Const.	OyM	Amort	OyM	Q	DBO	SST	DQO	GY	Q	BO	ST	QO	A	Q	DBO	SST	DQO	GVA	Q	DBO	SST	DQO	GVA	Q	DBO	SST	DQO	GVA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg													
1 PRETRA	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0884	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.9555	0.0000	0.0000													
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	1.3606	0.0000	0.0000	0.0000												
3 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	3.0977	0.0000	0.0000	0.0000												
4 LSGTOR	0.31	1.18	0.1070	0.4900	20	30	30	20	0	20	20	40	20	0	0.0214	0.0321	0.0321	0.0214	0.0000	0.0980	0.0980	0.1960	0.0980	0.0000	0.1194	0.1301	0.2281	0.1194	0.0000	0.0378	6.4549	1.1297	0.1012	0.0000													
5 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	5	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.2755	0.3388	0.0396	5.7033													
TOTAL:																												3.8953	0.2089	1.3905	0.166077	0.011	1.2327	0.73	6.8838	0.14074	5.7033354	Millones de pesos					Costo global = 1.7986 \$/M <sup>3</sup>				

CUADRO 8

Bases de diseño	Costos del sedimentador primario
Q = 3.16 Mm <sup>3</sup> /a = 100 l/seg	Inversión = \$ 2 989 214.07
DBO = 4.84 Mkg/a = 3 070 mg/l	Periodo de amortización = 20 años
DQO = 9.54 Mkg/a = 6 064 mg/l	Tasa de interés = 10 %
SST = 1.096 Mkg/a = 636 mg/l	Amortización de la Inversión = \$ 345 204.16 / año
GVA = 0.012 Mkg/a = 8 mg/l	Operación y mantenimiento = \$ 415 240.56 / año

D TRATA-	Cálculo de costos (millones de)				Criterios de asignación %										Costos (\$ 1 000 000 00/año)										Tarifas de cobro																						
	Indicadores		Costo por año		Construcción				Operac. y mantencim.				Construcción		Operación y Mantenimiento				Total		Q		DBO		SST		DQO		GVA																		
MIENTO	Const.	OyM	Amort	OyM	Q	DBO	SST	DQO	GY	Q	BO	ST	QO	A	Q	DBO	SST	DQO	GVA	Q	DBO	SST	DQO	GVA	Q	DBO	SST	DQO	GVA	\$/m <sup>3</sup>	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg													
1 PRETRA	1.28	1.3	0.4419	0.5232	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.3535	0.0000	0.0884	0.0000	0.0000	0.4186	0.0000	0.1046	0.0000	0.0000	0.7721	0.0000	0.1930	0.0000	0.0000	0.2443	0.0000	0.1863	0.0000	0.0000													
2 SEDPRI	1.00	1.00	0.3452	0.4152	80	0	20	0	0	50	0	50	0	0	0.2762	0.0000	0.0690	0.0000	0.0000	0.2076	0.0000	0.2076	0.0000	0.0000	0.4838	0.0000	0.2767	0.0000	0.0000	0.1531	0.0000	0.2670	0.0000	0.0000	0.0000												
4 CLORAC	0.43	7.16	0.1484	2.9731	80	0	20	0	0	80	0	20	0	0	0.1188	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	2.3785	0.0000	0.5946	0.0000	0.0000	2.4972	0.0000	0.6243	0.0000	0.0000	0.7903	0.0000	0.4026	0.0000	0.0000	0.0000												
5 LAGHIN	0.22	0.07	0.0759	0.0291	10	40	40	10	0	10	30	30	25	5	0.0076	0.0304	0.0304	0.0076	0.0000	0.0029	0.0087	0.0087	0.0073	0.0015	0.0105	0.0391	0.0391	0.0149	0.0015	0.0033	0.0081	0.0377	0.0016	0.1211													
6 TYD	0.30	0.30	0.1036	0.1246	10	40	30	15	5	10	30	30	25	5	0.0104	0.0414	0.0311	0.0155	0.0052	0.0125	0.0374	0.0374	0.0311	0.0062	0.0228	0.0788	0.0684	0.0467	0.0114	0.0072	0.0163	0.0661	0.0049	0.9506													
TOTAL:																												3.7864	0.1179	1.2015	0.061538	0.013	1.1982	0.024	1.1598	0.00645	1.0716677	Millones de pesos					Costo global = 1.6426 \$/M <sup>3</sup>				