

302827  
13



**UNIVERSIDAD MOTOLINIA, A.C.**

**ESCUELA DE QUIMICA**

**CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ANALISIS DE CAMPO EN RELACION A LOS NIVELES DE  
CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA  
FARMACEUTICA LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DE  
NAUCALPAN DE JUAREZ, ESTADO DE MEXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A :  
ISABEL GONZALEZ TRUJILLO**

MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**El presente trabajo se realizó en el Departamento de Ciencia y Tecnología, de la Universidad del Valle de México, Campua Lomas Verdes, ubicado en Avenida de las Aves No. 1, Lomas Verdes, Naucalpan de Juárez, Estado de México.**

**Bajo la Dirección de: M. en C. Lissette Obles Ocampo.**

**El proyecto contó con la colaboración de la Subdirección de Ecología, localizada en Calle Morelos No. 61, Col. Bosque de los Remedios, H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez, Estado de México.**

**Gracias a DIOS,  
por permitirme culminar  
esta etapa tan importante  
en mi vida, iluminando el  
camino que he deseado seguir.**

**A la UNIVERSIDAD MOTOLINIA  
a todos mis maestros con respeto y admiración**

**y en especial a:**

**Q.F.B. Graciela Sosa García**

**M. en C. Lissette Obles Ocampo  
Director de TESIS**

**Q.F.B. Angélica López Sotelo**

**M. en C. Ricardo Alejandro Aguilar**

**Mi agradecimiento por ayudarme a terminar  
mi formación moral y cultural.**

**A mis padres:**

**Juan González García e**

**Isabel Trujillo de González**

**como muestra de gratitud por el**

**amor y comprensión que me**

**prodigaron todos estos años**

**e hicieron que alcanzara la meta**

**que anhele para mi vida.**

**A mi hermana Alexandra,**

**Antonio Fragozo Pérez**

**Familia Martínez Alarcón**

**a mis amigos y familiares**

**Sea para todos mi reconocimiento sincero**

**por su ayuda y apoyo durante mis estudios.**

## INDICE

<b>CAPITULO I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.	.....	1
1.2 Objetivos.	.....	4
<b>CAPITULO II</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	
2.1 Fundamento.	.....	5
2.2 Relación de la Industria Farmacéutica y la generación de aguas residuales.	.....	7
2.3 Marco Político.	.....	9
2.3.1 Consideraciones ambientales en el desarrollo económico.	.....	9
2.3.2 Políticas económicas para problemas de contaminación y degradación de recursos naturales.	.....	11
2.4 Marco Conceptual.	.....	12
2.4.1 Agua Natural.	.....	12
2.4.2 Características físico - químicas.	.....	13
2.4.3 Características biológicas.	.....	13
2.4.4 Ciclo hidrológico.	.....	14
2.4.5 Efecto en la salud, de los contaminantes más frecuentes de las aguas residuales.	.....	22
2.4.6 Diversos métodos de tratamiento de aguas residuales.	.....	24
2.5 Marco Jurídico e Institucional.	.....	29
2.5.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA).	.....	29
2.5.2 Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF).	.....	31

2.5.3 Instituto Nacional de Ecología.	.....	32
2.5.4 Políticas ambientales.	.....	34
2.5.5 Plan Nacional de Desarrollo.	.....	37
2.5.8 Programa para la protección al Medio Ambiente (PNPMA).	.....	38
2.5.7 Planeación Ecológica para el Desarrollo.	.....	40
2.5.8 Ordenamiento Ecológico.	.....	41
2.5.9 Avances Tecnológicos.	.....	42

### CAPITULO III

### PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Diagrama General.	.....	43
3.2 Metodología.	.....	44
3.2.1 Pruebas físicas.	.....	44
3.2.2 Pruebas químicas.	.....	45
3.3 Análisis Estadístico.	.....	45
3.4 Análisis Gráfico.	.....	45

### CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados.	.....	46
4.1.2 Análisis estadístico.	.....	51
4.1.3 Análisis gráfico.	.....	51
4.2 Discusión.	.....	62

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES**

<b>Conclusiones.</b>	<b>..... 64</b>
<b>Bibliografía.</b>	<b>..... 66</b>

**APENDICE**

<b>6.1 Norma Oficial Mexicana NOM-073-ECOL-1994.</b>	<b>..... 70</b>
<b>6.2 Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-PA-CCA-031-1993</b>	<b>..... 81</b>

<b>GLOSARIO</b>	<b>..... 91</b>
-----------------	-----------------

## **CAPITULO I**

## INTRODUCCION

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha visto que en unos cuantos años la ecología se ha modificado rápidamente, obteniéndose así datos sobre la posibilidad de un cambio climático global; la ruptura de la capa atmosférica de ozono, la creciente contaminación de los océanos, los acelerados índices de erosión, la escasez de agua potable y la rápida pérdida de la riqueza biológica del planeta.

Nuestra idea de progreso como dominio de la naturaleza, enfrenta hoy uno de los más graves y dramáticos cuestionamientos: la calidad del ambiente para la presente generación, registra ya evidentes distorsiones y desequilibrios; su deterioro es factor que agobia a millones de seres humanos. De ahí la necesidad de contar con un programa constante que valore y reproduzca adecuadamente el capital que la naturaleza nos legó. "Siendo este uno de los avances conceptuales y políticos más importantes de la última década". La economía y los hábitos de producción y consumo tienen que cambiar también, hoy donde el progreso natural no tiene precedentes también se registra el mayor consumo de energía, los recursos naturales son ya prácticamente inexistentes y se utiliza indiscriminadamente sustancias químicas, amenazando con romper definitivamente el Equilibrio Ecológico Global.

La utilización indiscriminada del agua provoca su tendencia a escasear por lo que es importante generar alternativas de solución con el fin de que el agua no se desperdicie. Estas soluciones deben de ser viables de aplicarse en el medio productivo.

El aprovechamiento de las aguas residuales en las industrias debe de ser considerado como una política de ahorro del agua, tomando en cuenta que en la industria el agua es empleada en diversas actividades y adquirirá una diferente calidad dependiendo del tipo y cantidad de sustancias que son incorporadas a la misma. (11)

Dentro del desarrollo socioeconómico del país los recursos hidrológicos juegan un papel primordial; la diversidad fisiográfica y climática del territorio nacional provoca que el agua no se distribuya homogéneamente. La infraestructura hidráulica de la que se dispone permite cubrir gran parte de las demandas de agua para las ciudades, la utilizada en alimentos, en industrias y control de residuos en avenidas, etc. Pero la calidad del ambiente acuático se establece como un conjunto de indicadores que son relativos a la concentración y composición de algunas sustancias orgánicas e inorgánicas encontradas en los cuerpos de agua.

Debido a esto se utiliza el Índice de Calidad del Agua (ICA), con el propósito de seleccionar algunos parámetros que sean capaces de indicar el deterioro de la calidad del agua.

Toda la información y parámetros sobre la calidad del agua está dada directamente por la Red de Monitoreo de la Comisión Nacional del Agua. (CNA). (20, 13)

Existen regiones donde se observa en forma marcada el deterioro de la calidad del agua como en algunas zonas industriales, en otras por el mal uso de vivienda; por eso hay que tomar en cuenta que a largo plazo hay que invertir con el fin de recuperar nuestros ecosistemas ya deteriorados.

Esto se logra haciendo cambios en la legislación hidráulica; modificaciones que impliquen un cobro adecuado del uso del agua a quienes la contaminan; inducir un uso eficiente del agua y el tratamiento de aguas residuales para su uso posterior.

La población del país recibe aproximadamente 170 m<sup>3</sup> cúbicos/seg. de agua potable y genera alrededor de 115 m<sup>3</sup> cúbicos/seg. de aguas residuales, de las cuales solo el 15% recibe algún tipo de tratamiento. Del suministro total cerca del 40% se utiliza en grandes centros conurbados de México: D.F., Guadalajara y Monterrey, los cuales participan en el consumo de agua con 53 m<sup>3</sup> cúbicos/seg., lo que las coloca como las principales productoras de aguas residuales.

El sector industrial genera 82 m<sup>3</sup> cúbicos/seg de aguas residuales a nivel nacional con diversas características y son el resultado de un alto índice de contaminación para los cuerpos

de agua natural por ser descargados sin previo tratamiento. Las principales industrias responsables de la mayor descarga de aguas residuales en el país son:

La Industria química, azucarera, de celulosa, del papel, del petróleo, bebidas, textiles, siderúrgica y de alimentos. Predominando la Industria química, la cual contribuye con un 21% del total producido por el sector industrial.

Con esto, debido a la escasez de agua de primer uso y la dificultad para su obtención, se pretende utilizar en los procesos que sea posible más aguas residuales, principalmente en ciudades con mayor número de población.

Este fenómeno se ha presentado principalmente en Naucalpan de Juárez Estado de México, debido a su rápido crecimiento poblacional y el resultado de una gran concentración de industrias durante los últimos veinte años. El servicio de drenaje y la disposición de aguas residuales es un motivo de preocupación para las autoridades ya que los mismos generan problemas relacionados con la salud ambiental. (16)

## **1.2. OBJETIVOS**

- a) **Evaluar los índices de contaminantes presentes en las aguas residuales de la Industria Farmacéutica.**
- b) **Generar alternativas viables de solución que repercutan en la disminución de las aguas residuales de la Industria Farmacéutica.**

## CAPITULO II

## **ANTECEDENTES**

### **2.1. FUNDAMENTO**

Dentro del desarrollo socioeconómico a nivel industrial en el país, se ha visto que la Ciudad de México cuenta con más de 1100 empresas farmacéuticas; en consecuencia, se implantó una regulación ecológica la cual fue establecida desde 1978. Debido a esto el número de empresas se redujo considerablemente iniciando un Plan Interconstitucional sobre la Industria Farmacéutica.

Esta industria cubre actualmente más del 98% del consumo interno de los medicamentos, los cuales son producidos por un número reducido de empresas; existiendo 50 mayores que representan el 71% del mercado total, de éstas 50 empresas farmacéuticas mayoritarias solo 11 fueron completamente mexicanas.

Las actividades de las industrias farmacéuticas transnacionales establecidas en México están orientadas principalmente al mercado privado, aunque tienen una participación importante en las ventas del sector público.

La industria farmacéutica establecida en el país es dependiente del exterior en lo que respecta a tecnología; razón por la cual las empresas mayoritarias extranjeras tienen una vanguardia en procesos industriales obteniendo su tecnología directamente de las casas matrices. Mientras que las industrias completamente mexicanas tienen problemas para la obtención de una maquinaria adecuada, lo que ha contribuido a la formación de problemas de contaminación a nivel dentro de la industria farmacéutica, causando un mayor impacto ecológico en cuanto a contaminación ambiental y de aguas residuales. (21)

Con todo esto se han establecido lineamientos dentro del Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000 y la actividad de la industria se va encaminando a un nivel ecológico a:

- Establecer una estructura tecnológica sólida propia, que construya la base de un desarrollo industrial independiente, capaz de responder a las necesidades nacionales en cuestión de calidad ambiental y con esto contribuir a fortalecer la independencia económica del país, incrementando la producción nacional de materias primas y principios activos, así como el generar divisas sobre la base de la promoción de las exportaciones y sustitución eficiente de importaciones.

Además es necesario:

- Fomentar la participación de la iniciativa privada en la construcción y operación de los sistemas a través de la concesión de servicios.
- Mejorar los servicios municipales de manejo y disposición de residuos sólidos fortaleciendo o creando los organismos encargados de su operación.
- Propiciar un autofinanciamiento para el servicio, suministro y distribución de drenaje, promover proyectos autofinanciables de saneamiento de cauces urbanos que permitan la recuperación de terrenos para el desarrollo de reordenamientos y mejoramientos urbanos.

Con esto se observa que el agua como recurso hidráulico es de gran importancia y se tienen que elaborar estrategias de planeación para el uso y reuso racional del agua, para poder evaluar el impacto ecológico que ocasiona al existir un crecimiento productivo dentro de la población. Debemos por lo tanto tener un mayor control y mayor conciencia del daño que provoca el descargar residuos contaminantes en el agua, ya que de estos depende la calidad del agua como recurso natural.

Hay que analizar la situación más concienzudamente con el fin de diseñar alternativas de solución que sean viables de aplicar por el sector productivo. (12)

## **2.2. RELACION DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA Y LA GENERACION DE AGUAS RESIDUALES**

Se sabe que la industria farmacéutica emplea materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero también, que sus procesos productivos arrojan al ambiente subproductos indeseables para los cuales, generalmente, no hay precios positivos ni mercados. Entre ellos están los emisores de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos no peligrosos y los peligrosos.

Los residuos peligrosos incluyen sustancias y agentes con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (propiedades CRETIB), y pueden adoptar diferentes estados físicos y contener una diversidad enorme de compuestos químicos que, dependiendo de su grado de concentración y características, adquieren una potencialidad diferente de provocar impactos tanto para la salud humana como el ambiente. Se señala principalmente que gran parte proviene de la industria farmacéutica, farmoquímica, química; de otras fuentes como las actividades agrícolas, generadoras de productos plaguicidas. Todos estos sectores son los que más generan residuos, tanto en el proceso como al final de la producción.

Actualmente en el Estado de México existen plantas de tratamiento de aguas residuales que operan en Naucalpan y en Ciudad Satélite, pero la eliminación de las aguas residuales requiere de acciones en varias direcciones como son:

- a) Regular en las fuentes las descargas de contaminantes tóxicos, que de lo contrario pueden llegar al hombre a través de la cadena alimenticia.
- b) Recurrir a soluciones in-situ apropiadas para evitar la contaminación de cauces y acuíferos.
- c) Extender el reuso en la medida de lo posible, hacia fines que sean compatibles con la calidad del agua que resulte del tratamiento.

**Algunas estimaciones permiten decir que dada la desproporción que guarda el volumen creciente de los residuos, con la capacidad existente de manejo, vigilancia y control se observa una disposición clandestina en tiraderos, drenajes municipales y cuerpos de agua y que solo el 10% del total de estas aguas residuales recibe un manejo adecuado a través de sistemas previamente instalados.**

**Debido a esto la Dirección General de Salud Ambiental, en base con el Plan Nacional de Salud propone ciertas Políticas relacionadas con el agua y el saneamiento básico que van a corregir estas anomalías. Dichas políticas se mencionan en el marco jurídico. (8)**

## **2.3. MARCO POLITICO**

### **2.3.1. CONSIDERACIONES AMBIENTALES EN EL DESARROLLO ECONOMICO**

El desarrollo económico es un objetivo legítimo y deseable de los gobiernos nacionales, ya que es un medio necesario para elevar el nivel de vida de las personas.

En países como México esto cobra importancia ya que existen núcleos de población con carencias materiales. En México se considera que el reto es hacer compatibles las políticas públicas dirigidas a la promoción de un desarrollo económico y a las del control de la contaminación como el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales se ha visto que los problemas ambientales minan el desarrollo económico, en donde la calidad del ambiente, agua pura y aire limpio es parte de la mejora, en bienestar, que el desarrollo busca alcanzar y se piensa que los costos anuales por daño ambiental puede llegar a sumar hasta más del 5% del peso interno bruto (PIB).

El deterioro de la tierra, el agotamiento de los acuíferos y la destrucción de los ecosistemas e cambio de los mayores ingresos, en la actualidad hacen peligrar los ingresos esperados en el futuro. (15, 17)

Existen problemas ambientales asociados justamente con la falta de desarrollo económico y social y se requiere, mediante políticas adecuadas reforzar las relaciones entre el desarrollo y el ambiente. Hay que eliminar distorsiones en la fijación de los costos, en los servicios públicos particularmente los subsidios a energéticos y subsidios del suministro de agua.

Desde el punto de vista económico, la esencia de problemas ambientales es la diferencia entre el valor privado y el valor social de los recursos naturales.

El aire puro y el agua limpia están a disposición de la población sin costo alguno, lo que incentiva a los usuarios a desperdiciar recursos socialmente valiosos. Dentro de los

Instrumentos de intervención gubernamental para mejorar o mitigar las fallas de mercado que afectan al ambiente, tenemos:

- a) Incentivos económicos (impuestos, cobros, etc.)
- b) Regulación directa (normas estándares)
- c) Proyectos públicos (infraestructura vial de generación energética)
- d) Política macroeconómica (programas de estabilización)
- e) La reforma institucional (modificar el marco legal)

Sin embargo desde el punto de vista ambiental algunas políticas públicas provocan distorsiones al mercado en lugar de corregir las existentes como son:

- 1) La corrección de fallas de mercado, es rara vez el objetivo primario de la acción gubernamental puesto que en ocasiones el impulso a la industria ha tenido prioridad. Pero si no se incluyen la totalidad de los costos y beneficios sociales (principalmente los ambientales), algunos programas pueden tener como resultado un mayor deterioro ambiental.
  - 2) Existen políticas que aparentemente no se relacionan con el medio ambiente y el manejo de los recursos que tienen efectos adversos sobre el ambiente.
  - 3) Van a existir diferencias importantes en el acceso de agua potable y a los servicios de drenaje y alcantarillado, que ello implica de acuerdo con el nivel de ingreso y el nivel de producción
- ( 14, 15)

### **2.3.2. POLITICAS ECONOMICAS PARA PROBLEMAS DE CONTAMINACION Y DEGRADACION DE LOS RECURSOS NATURALES**

Una vez que se establecan las causas de degradación ambiental, se requiere de instrumentos apropiados para eliminar o mitigar los problemas de forma más efectiva y menos costosa para la sociedad. Dentro del contexto económico nacional e internacional y dado un marco legal adecuado, los incentivos económicos pueden aumentar la capacidad del gobierno para hacer congruentes las metas de desarrollo y protección del ambiente.

Para lograr un desarrollo sustentable, es necesario estimar de manera más precisa el papel que juega el medio ambiente tanto como fuente capital natural como receptor de desechos generados por las diversas actividades humanas industriales. Debido a esto, se requiere diseñar políticas sin importar un objeto específico debiendo incluir consideraciones ambientales en caso de existir o que se presente un impacto ambiental; puede ser que las causas subyacentes de deterioro ambiental estén relacionadas directamente con otros sectores y la política ambiental no pueda atacar estas causas y si lo hace es a un costo mayor. (16)

## 2.4. MARCO CONCEPTUAL

### 2.4.1. AGUA NATURAL

El agua es un fluido indispensable para cualquier actividad humana y productiva, ya que es el soporte de la mayoría de las reacciones químicas y el medio más necesario para el mundo orgánico de los elementos vitales de nuestra naturaleza.

Se calcula que el volumen total de agua en nuestro planeta es aproximadamente de 1,500 millones de Km<sup>3</sup>. De este gran volumen el 94% es agua salada contenida en las cuencas oceánicas, los mares y algunos lagos, solamente el 6% restante es agua dulce como un todo. Observamos que equivale apenas a 90 millones de Km<sup>3</sup> de los cuales el 4% (37.6 millones de Km<sup>3</sup>) es hielo ubicado en los polos y glaciares.

También se calcula que el otro 28% es inaccesible al encontrarse en los mantos acuíferos demasiado profundos. Esto dificulta su localización y la extracción es prácticamente imposible. Con todo esto se cuenta con un 30% de agua dulce utilizable proveniente de las precipitaciones pluviales. (1, 5)

El agua desde el punto de vista QUÍMICO es el resultado de la combinación de los iones hidrógeno y oxígeno naturales, dándose que es una mezcla recíproca de dos series de isótopos. La molécula que la constituye es el H<sub>2</sub>O. Esta molécula tiene una interfase eléctrica que se manifiesta por sus propiedades físicas y eléctricas y es del tipo de líquidos polares. Es un compuesto esencial que muestra propiedades extremas para un compuesto, con una masa molecular de 18 UMA.

Dentro de su naturaleza polar, la configuración distorsionada de la valencia tetrahédrica del agua permite que posea la misma estructura en cualquier par de orbitales que contenga los protones. Como consecuencia una molécula de agua presenta un lado que es relativamente negativo mientras que el opuesto es relativamente positivo. (2, 5)

#### **2.4.2. CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS**

El agua posee gran estabilidad ya que con la energía de formación de una molécula es de 58,000 cal/mol, la cual se descompone a altas temperaturas ya sea por reacciones reversibles o por reacciones secundarias de una electrólisis o por efecto de ciertas radiaciones.

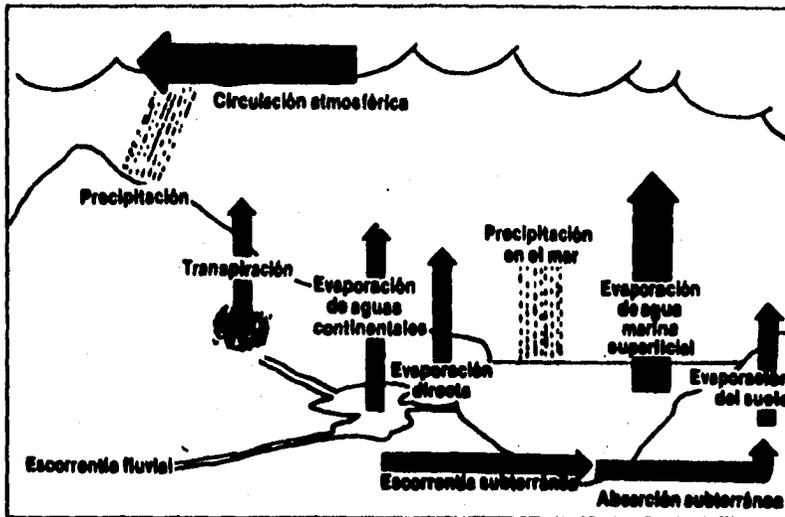
Debido a su constitución molecular es apta para la disolución de numerosos cuerpos, ya sean estas sustancias minerales, gases o productos orgánicos. Todas estas disoluciones se pueden presentar en forma intermolecular o interatómica.

Puesto que es una molécula bipolar destruye parcialmente o totalmente distintos enlaces electrostáticos entre diversas sustancias que van a disolverse, reemplazándolos por nuevos enlaces, creando así nuevas estructuras (son compuestos que producen una reacción química). (2)

#### **2.4.3. CARACTERISTICAS BIOLOGICAS**

Biológicamente las propiedades caloríficas del agua constituyen uno de los factores esenciales de la estabilidad térmica de la biosfera. El agua tiene un ciclo biológico necesario para todo ser viviente, también constituye un vehículo que no se presenta en estado puro, si no cargado de sustancias minerales y orgánicas (que son útiles para los organismos) y puede ser utilizado como vehículo para transmisión de enfermedades, principalmente gastrointestinales o provocar intoxicaciones por sustancias tóxicas. (8)

#### 2.4.4. CICLO HIDROLOGICO



El continuo proceso natural de reciclamiento que se inicia en la superficie de los océanos donde el calor de los rayos solares actúa como un gigantesco desalinador natural, forma las nubes que se elevan en la atmósfera donde son arrastradas por las corrientes de aire; las variaciones de temperatura las condensan y provocan las precipitaciones pluviales. Gran parte de estas caen nuevamente sobre los océanos.

Sin embargo una parte equivalente al 17% de esta agua dulce utilizable llega a los macizos continentales formando los ríos y lagos superficiales que junto con las escorrentías subterráneas cierran el ciclo al regresar el agua a los océanos.

El agua que corre sobre la superficie de los continentes en ríos y lagos forma otro ciclo menor por una evaporación directa, que comprende el 13% restante. Ambos ciclos son vitales

para las diferentes formas de vida puesto que sin ellos en la superficie terrestre no lograrían subsistir los vegetales, los animales, ni la humanidad tal como se conocen.

Por lo tanto el ciclo hidrológico significa la renovación de los recursos mundiales del agua donde interviene la totalidad del sistema terrestre, estas tres partes fundamentales son: La atmósfera, la hidrósfera y la litósfera.

La atmósfera por una parte es la masa gaseosa que cubre la hidrósfera que corresponde a los cuerpos de agua sobre la superficie terrestre.

La litósfera es la que incluye las aguas subterráneas bajo la hidrósfera. (4, 5)

Por consiguiente el ciclo hidrológico conlleva a complicados procesos de precipitación, evaporación, evapotranspiración, infiltración, precolación, escorrentía y almacenamiento, a los cuales tienen efectos significativos en el comportamiento hidrológico de nuestro planeta.

Puesto que el agua es de vital importancia para el hombre, como fuente de alimento, para beber, para aseo en general, fines recreativos, medio de transporte y para uso industrial, esta debe de tener una calidad aceptable para el uso al que se destina. Lamentablemente el hombre ha utilizado sus aguas como reservorio o vehículo de sus desechos y con el tiempo ha ido degradando el medio ambiente acuático.

**PRECIPITACION:** Es un fenómeno que se presenta por la saturación de vapor de agua contenido en la atmósfera, se debe principalmente a cambios de presión y temperatura del aire. El vapor de agua se condensa en torno a pequeños núcleos de material sólido presente en la atmósfera en estado de suspensión, propiciando la condensación del vapor de agua produciendo su precipitación.

Dentro de zonas urbanas las partículas de humo y polvo generadas por las industrias, el tráfico vehicular y las actividades domésticas constituyen una fuente importante de núcleos de

condensación provocando que las lluvias que se presentan contengan grandes cantidades de sólidos disueltos.

**EVAPORACION:** El calor es la fuerza que maneja y opera el ciclo hidrológico y la evaporación es el primer componente del ciclo. Es un proceso por el cual las moléculas de agua contenidas en la superficie libre adquieren mediante radiación solar la energía mecánica suficiente para transformarse del estado líquido al estado gaseoso.

**SUBLIMACION:** Difiere de la evaporación solamente en el caso que las moléculas pasan directamente del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

**INFILTRACION:** Se utiliza para definir al fenómeno que se presenta al momento de que al agua escurre sobre una cierta superficie, se sumerge a través de las capas de suelo. Juega un papel importante dentro del ciclo hidrológico ya que si la infiltración es alta la recarga de cuerpos de agua superficiales es baja y de los subterráneos es alta; mientras que si la infiltración es baja, la escorrentía es alta, el volumen de agua aportado a cuerpos superficiales es alto y el volumen aportado a cuerpos subterráneos es bajo.

**PRECOLACION:** Es el proceso donde el agua se transfiere por abajo del nivel natural del suelo sin llegar a alcanzar el nivel freático del agua (también se conoce con el nombre de agua suspendida). Este volumen de agua queda en suspensión debido a la acción de las fuerzas capilares del suelo y la gravedad, se le conoce también con el calificativo de agua gravítica o agua gravitacional.

**ESCORRENTIA:** Es utilizado dentro de la aportación de agua de un arroyo o río; sin embargo representa la suma de las corrientes superficiales y subterráneas captadas por los cauces de los ríos y arroyos. La escorrentía superficial es función de la intensidad de precipitación, la

permeabilidad del suelo, duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrológica considerada y la pendiente de la superficie del suelo.

**ALMACENAMIENTO:** Es la fase de mayor duración en el ciclo hidrológico, se constituye cuando el agua subterránea emerge a la superficie formando depósitos de agua que se mantienen impermeables almacenando volúmenes considerables de agua en estado estable. Los almacenamientos de agua subterránea de precipitación o de corrientes superficiales pueden ser clasificados, embalses, presas, lagos y lagunas y pueden ser formados de manera natural o artificial. (2)

**AGUA RESIDUAL:** Líquido de composición variada, el resultante de cualquier uso primario del agua por el que se haya sufrido degradación original.

**DESECHOS:** Aquellos residuos en solución o suspensión en el agua que se transporta a través de los conductos del drenaje y el alcantarillado.

Debido a los diferentes tipos de desechos contaminantes, la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA), define como contaminante a toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental alteren o modifiquen su composición o afecten la Salud Humana. (10)

Van a existir tres tipos de contaminación del agua que abarcan un gran número de contaminantes entre los cuales tenemos:

**CONTAMINACION FISICA:** Agrupa contaminantes que alteran la calidad del agua sin modificar sus propiedades químicas, dentro de esta tenemos la contaminación térmica, por petróleo, por partículas, color, olor y sabor.

La Contaminación térmica es producida principalmente por plantas termoeléctricas, su aspecto negativo es la gran cantidad de calor que contiene el agua de desecho que llega a las masas receptoras que origina una pérdida de oxígeno del agua. Puede ser controlada fácilmente y su efecto es mínimo y de poco alcance.

La contaminación por partículas proviene principalmente de las aguas de lavado de procesos industriales, contiene generalmente tierra y partículas que deberían remover. Se forman en grandes volúmenes y generalmente contienen contaminantes débiles.

Las alteraciones de color, olor y sabor están íntimamente relacionadas; su origen es múltiple y su efecto es variable en el medio ambiente acuático, en el ganado, en los seres humanos y puede ser en ocasiones inocuo o altamente perjudicial. (8)

**CONTAMINACION QUIMICA:** Agrupa contaminantes capaces de reaccionar con mayor o menor intensidad entre sí y con los constituyentes naturales de las aguas. Los contaminantes químicos pueden provenir de diferentes fuentes:

La contaminación agrícola, se debe a la obtención de productos de la tierra para combatir plagas que cada vez se hacen más resistentes a los medios de control hasta ahora disponibles; debido a esto el uso de fertilizantes y plaguicidas es utilizado de manera indiscriminada. Los excesos de estos productos son: "lavados o arrastrados" de las tierras de cultivo por las lluvias, llegando así a los ríos y pasando a ser contaminantes del suelo o contaminantes de las aguas alcanzando en última instancia a el mar.

Así pues los fertilizantes van a originar eutroficación de las aguas y los plaguicidas como sustancias tóxicas que pueden producir mortandad masiva de diversos tipos de organismos, siendo sus efectos imprevisibles.

La contaminación industrial, desempeña un papel importante para el abatimiento de la contaminación de las aguas, ya que la diversidad de las industrias en las plantas de producción y los sistemas empleados para ello, en las materias primas, en los solventes utilizados, en los combustibles, cambian estos de una industria a otra y es difícil saber el tipo de desechos que son vertidos al sistema de alcantarillado. En cada industria es diferente en mayor o menor grado las aguas tanto en volumen como en su potencial contaminante.

Las corrientes de agua llevan una cantidad más o menos constante de constituyentes químicos naturales, generalmente bajo la forma de sales a una concentración característica. Los efluentes industriales al llegar a estas corrientes modifican la concentración que contenían originalmente convirtiéndose en tóxicos que hacen intolerable la vida de los organismos adaptados a las características ambientales anteriores.

En ocasiones los compuestos tóxicos son vertidos directamente a las aguas como compuestos químicos venenosos produciendo en el ecosistema acuático efectos imprevisibles que generalmente terminan con la destrucción del ecosistema original. Entre los contaminantes más agresivos vertidos por las industrias se encuentran: los metales pesados (mercurio, plomo, cadmio), aguas ácidas o alcalinas, sales, materia orgánica, fenoles, cianuros e hidrocarburos entre otros. Todos ellos sumamente tóxicos y son encontrados en grandes cantidades. (8)

**CONTAMINACION BIOLÓGICA:** En el caso de tratarse del agua, este proceso se denomina eutroficación. Es cuando la cantidad de nutrientes provenientes de diferentes fuentes es excesiva, el proceso natural de envejecimiento de las aguas se ve prontamente acelerado; la flora aumenta considerablemente y los peces por consiguiente, pero el mismo ritmo de la población crece por lo que la demanda de oxígeno para la respiración incrementa

produciéndose la muerte de organismos que viven en el ecosistema, los cuales son descompuestos por bacterias, elevándose la concentración de la misma para constituir otro tipo de contaminación (bacteriológica) que acaba de sustituir a la flora y fauna original por organismos indeseables, siendo en ocasiones un foco de infección para los animales y seres humanos. Siendo uno de los ejemplos más comunes las enterobacterias como: E. coli, Salmonellas, Pseudomonas sp, entre otros. (2, 8)

La contaminación es un proceso que requiere atención inmediata afortunadamente a cada necesidad del hombre y surge siempre un gran descubrimiento y en ocasiones la contaminación del agua ha sido reducida hasta en un 80%. En países subdesarrollados o en vías de desarrollo, las técnicas de tratamiento de aguas residuales se encuentran en un período de experimentación, pero se han reglamentado diversas fuentes de contaminación que invaden las aguas mediante un reglamento que ha sido formulado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

Con el tiempo las condiciones meteorológicas naturales han sido útiles para purificar el agua accidentalmente contaminada, pero el avance indiscriminado de la población genera contaminantes industriales y urbanos que han venido gravitando pesadamente en los mecanismos naturales de depuración, los cuales evitan que funcionen adecuadamente provocando que tengan consecuencias irreversibles. Todas estas actividades industriales generan considerables volúmenes de agua residual que se mezclan con las corrientes de agua natural, superficial o subterráneas.

Debido a esto se requiere tener o hacer un uso adecuado al que puede destinarse el agua, la cual esta en función de su calidad y cantidad para que pueda ser utilizada con fines de abastecimiento público. Para utilizarla es necesario conocer la calidad de ésta para evitar daños ocasionados por una calidad inapropiada.

La contaminación del agua se caracteriza por el incremento desmedido de los volúmenes de contaminantes vertidos a los cuerpos de agua; debido al proceso de crecimiento

demográfico y de industrialización y por el incipiente control de los residuos ocasionado por los limitados recursos técnicos y económicos disponibles. (10)

Con todo esto como medida de solución el Gobierno Federal creó la Ley Federal de Protección al Ambiente y un Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua, el cual indica que para poder descargar las aguas residuales industriales, se deben de tomar en cuenta condiciones particulares de descarga de acuerdo con su capacidad de asimilación y dilución de la corriente y clasificación de contaminantes que se haya hecho. (18)

#### **2.4.6 EFECTO EN LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES MAS FRECUENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Debido a que la contaminación ha sido un fenómeno paralelo a los procesos tecnológicos dentro de los diferentes tipos de industrias, se indican diversos contaminantes que al ser vertidos a las redes municipales de alcantarillado provocan cambios importantes en las aguas, una de las causas principales son las relacionadas con la producción, empleo de energía y la utilización de productos químicos. (22)

Con esto a nivel ambiental se ha visto en el campo biomédico, que la toxicología se ha preocupado por los efectos adversos en el humano, provocando que recientemente aparezca la ecotoxicología, que se dedica al estudio de los efectos tóxicos de diversos agentes físicos, químicos y biológicos sobre los organismos vivientes, radicando su importancia en que indica posibles contaminantes de las aguas residuales y entre los cuales tenemos: (23)

- 1.- **Sólidos en suspensión.**- Cuando los sólidos en suspensión de un agua residual se vierten en los lechos de ríos, lagos, etc., conducen al desarrollo de depósitos de fangos y aumentan las condiciones anaerobias de las zonas de vertido.
- 2.- **Materia orgánica biodegradable.**- Se mide en términos de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO). El vertido de las aguas residuales con elevada DBO y DQO en el entorno acuático puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
- 3.- **Materia orgánica refractaria.**- Este tipo de materia puede interferir en los métodos convencionales de tratamiento, por otra parte el vertido de las aguas que la contengan con elevada concentración puede contaminar las aguas naturales de productos tóxicos y en algunas ocasiones cancerígenos (pesticidas, fungicidas, herbicidas, fenoles, etc.).

**4.- Nutrientes.-** Entre los principales nutrientes acuáticos se encuentra el nitrógeno, el fósforo y el carbono. Un agua residual que los contenga, y se vierta sin tratar, puede producir el crecimiento de vida acuática no deseada así como la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

**5.- Metales pesados.-** Proviene principalmente de aguas residuales industriales. Aunque algunos metales son necesarios para el desarrollo de la vida biológica, las concentraciones elevadas de éstos pueden interferir en los procesos de depuración; su vertido al medio acuático puede poner en peligro el aprovechamiento de las aguas naturales dada su alta toxicidad.

**6.- Compuesto tóxico.-** Tienen la misma problemática que los metales pesados, y algunos de ellos, tales como la plata, cobre, boro, cianuros, cromatos, cromo, plomo, y arsénico, son tóxicos en alguna medida para los microorganismos y por lo tanto pueden interferir en los procesos de depuración biológica. Su vertido al entorno se consideran de la misma naturaleza que los metales pesados. (25)

**7.- Patógenos.-** Pueden transmitir enfermedades contagiosas. (24)

**8.- Detergentes.-** Obran negativamente sobre los ecosistemas a través de su acción surfactante, bien es cierto que facilita el desprendimiento de la grasa pero desgraciadamente modifican la tensión superficial de las moléculas de agua impidiendo la fijación de oxígeno y como tal las aguas se encuentran desprovistas de este elemento que es vital para la fauna de los ríos, lagos y mares.

**9.- Agentes tóxicos.-** Entre los más importantes tenemos el cadmio que acelera la arterioesclerosis; el Flúor ataca el tejido óseo; el Cromo produce lesiones en la piel de naturaleza cancerígena, perforaciones en el tabique nasal, bronquitis y emfisema pulmonar; el Mercurio, Cobre y Zinc provocan intoxicaciones severas y el Plomo ataca provocando un acumulo en sangre que afecta de forma general a futuras generaciones. (24)

#### **2.4.6 DIVERSOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Dentro de los problemas encontrados en las depuradoras urbanas o efluentes industriales, se van a encontrar diversos tipos de aguas residuales y entre las cuales tenemos:

- Aguas residuales fuertemente ácidas
- Aguas residuales fuertemente básicas
- Aguas fuertemente coloreadas
- Presencia de sustancias tóxicas

Con esto cada industria en función del caudal de aguas residuales y de su pH, así como del estudio más económico a utilizar se deben tomar en cuenta los límites máximos permisibles dados según las normas NOM-073-ECOL-1994 y NOM-PA-CCA-031-1993, las cuales fueron establecidas por la legislación ambiental. (22)

También se deben tener principios que puedan guiar hacia la solución de los problemas originados por los residuos industriales y se encargan de:

- La recuperación de materiales utilizados.
- La mejora de los procesos de manufactura en los que se reducen materiales de desecho y las aguas residuales en gran cantidad.
- Recirculación de aguas de proceso y el desarrollo de métodos económicos de tratamiento.

Todo esto origina diversos tipos de tratamiento para las aguas residuales generadas por la industria, las cuales van a integrar un sistema de alcantarillado o de drenaje. Entre éstos tenemos varios procesos: (26)

#### **PROCESOS FISICOS**

Son todos aquellos en los que se emplean fuerzas físicas para el tratamiento. De forma general las operaciones físicas se emplean durante todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas son casi exclusivamente operaciones de pretratamiento (desbaste, dilaceración y homogeneización de caudales). (25)

Los principales procesos físicos son los siguientes:

- **Desbaste.**- Consiste en la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por retención en las superficies. Los elementos utilizados en el desbaste son las rejillas (separan los sólidos grandes, que pueden producir daños y obturaciones en bombas, válvulas, conducciones u otros elementos.) y los tamices (son usados tanto para el tratamiento primario como para la eliminación de sólidos en suspensión en el tratamiento secundario).
- **Dilaceración.**- Es la trituración de sólidos gruesos en tamaños menores y más homogéneos. Esta operación se realiza para mejorar procesos posteriores y evitar problemas que pueden causar los sólidos de diferentes tamaños.
- **Homogeneización de caudales.**- Se realiza en tratamientos de aguas residuales para tener caudales de tratamiento iguales y concentraciones de contaminantes mucho más homogéneas, esta operación produce mayor efectividad en tratamientos posteriores.
- **Mezclado.**- Es una operación importante en muchas fases del tratamiento de aguas residuales, se utiliza cuando es necesario que una sustancia se homogenice totalmente en el seno de otra. Debe realizarse el mezclado en la precipitación química, en los procesos biológicos donde el aire debe mezclarse con los fangos activados, en el proceso de desinfección y en aguas procedentes de un último tratamiento que deben mezclarse con el cloro o el hipoclorito sódico.
- **Floculación.**- Es la operación en que las partículas en suspensión aumentan su superficie de contacto, el aumento de la superficie de contacto se debe a la adición de productos químicos en los procesos de precipitación química. Debido a la floculación las partículas se agregan en partículas mayores (coagulación) y alcanzan la masa suficiente para sedimentar.
- **Sedimentación.**- Es la separación de los componentes del agua en dos fases, una fase sólida que corresponde a los fangos y que está formada por partículas de sólidos suspendidos más pesados que el agua y que por gravedad se depositan en el fondo, y una fase líquida formada por el agua y compuestos en disolución. Es utilizada en muchos puntos de la depuración de aguas residuales, siendo una de las operaciones físicas más utilizadas.

- **Flotación.**- Se utiliza para separar partículas líquidas y sólidas del agua residual. Los líquidos y sólidos con una densidad menor que la del agua flotan en ésta y se pueden recoger superficialmente. Las partículas muy pequeñas, que por sedimentación tardarían mucho tiempo en depositarse, pueden ser eliminadas fácilmente por flotación.

- **Filtración.**- Nos permite la eliminación de sólidos en suspensión, procedentes de las aguas después del tratamiento y sedimentación biológica, así como de la precipitación química. Se realiza a través de lechos filtrantes compuestos de material granular, con o sin adición de productos químicos, también se pueden utilizar microtamices. (25)

### **PROCESOS QUÍMICOS**

Son todos aquellos en que la eliminación de los contaminantes del agua residual se lleva a cabo mediante la adición de reactivos químicos o bien mediante propiedades químicas de diversos compuestos. Los procesos químicos son utilizados en la depuración de las aguas junto a operaciones físicas y procesos biológicos. (26)

Los principales procesos químicos son los siguientes:

- **Precipitación química.**- Consiste en añadir ciertos productos químicos al agua residual para conseguir que éstos alteren el estado físico de los sólidos disueltos o en suspensión y se produzca una eliminación por sedimentación. Es el único método de depuración de las aguas residuales industriales, también puede ayudar a la operación de sedimentación cuando existe una gran concentración de sólidos disueltos y en suspensión y se puede utilizar como un tratamiento anterior a un proceso biológico.

Los productos químicos más utilizados como agentes precipitantes son:

**Sulfato de amonio, sulfato ferroso, sales férricas (cloruros y sulfatos), hidróxido cálcico.**

- **Transferencia de gases.**- Es el proceso mediante el cual el gas es transferido de una fase a otra. En el tratamiento de aguas residuales, la transferencia se hace generalmente desde el gas al líquido, excepto en los casos donde nos interesa eliminar el gas que se produce en un tratamiento determinado.

- **Adsorción.**- Es el proceso por el cual los iones, o las moléculas son retenidos sobre la superficie de un sólido. El sólido recibe el nombre de adsorbente y la sustancia que es adsorbida el nombre de adsorbato. El carbón activo es el adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Este proceso de adsorción tiene su mayor utilización en el refinado de las aguas procedentes de tratamientos químicos o de tratamientos biológicos, con adsorción de la materia orgánica residual disuelta y la eliminación de la materia particulada.

- **Desinfección.**- Consiste en la eliminación de los organismos presentes en las aguas que pueden producir enfermedades, implica la destrucción de microorganismos que por ingestión pueden producir enfermedades en los hombres o en los animales. La desinfección puede realizarse mediante productos químicos, agentes físicos, medios mecánicos y radiación.

- **Decoloración.**- Consiste en la eliminación de todo el cloro residual combinado. Los mejores agentes de decoloración son el dióxido de azufre y el carbón activo, también se puede utilizar el sulfito sódico y el metasulfito sódico.

- **Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas.**- Se puede realizar con las operaciones siguientes: precipitación química, intercambio iónico, ósmosis inversa y ultrafiltración. Todos estos procesos son viables y de futuro principalmente en el tratamiento de aguas residuales ya que permitirán la reutilización mayoritaria de estas aguas residuales. (25)

## **PROCESOS BIOLÓGICOS**

El tratamiento biológico de las aguas residuales se puede realizar en todo tipo de aguas y es generalmente un tratamiento secundario. Tiene como misión la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables en la decantación primaria así como la estabilización de la materia orgánica. Se consigue biológicamente utilizando una variedad de microorganismos, principalmente las bacterias, hongos, algas, protozoos, rotíferos, crustáceos y virus.

Consiste únicamente en transformar los nutrientes en tejido celular y diversos gases. El tejido celular es ligeramente más pesado que el agua, en consecuencia, la separación se tendrá

que hacer por sedimentación y decantación. Si no se elimina el tejido celular del agua el nivel de demanda bioquímica de oxígeno de las aguas disminuiría poco puesto que el tejido celular es materia orgánica y la disminución correspondería a la conversión bacteriana de nutrientes en productos gaseosos.

En las aguas residuales industriales el tratamiento persigue la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos, teniendo en cuenta que algunos metales pesados son tóxicos para las bacterias utilizadas en ciertos procesos biológicos. (25)

## **2.5. MARCO JURIDICO E INSTITUCIONAL**

### **"Legislación Ambiental."**

#### **2.5.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (LGEEPA)**

Está ley LGEEPA publicada en el diario oficial de la federación (DOF), el 28 de enero de 1988, abrogó la anterior Ley Federal para la Protección al Ambiente, expedida en el año de 1982.

La LGEEPA, regula los instrumentos para su aplicación, establece disposiciones en materia de ordenamiento ecológico, evalúa el impacto y riesgo ambiental, aprovecha sustentablemente los recursos naturales, previene y restaura de forma ecológica el aire, agua y suelo por medio de una participación social, educación ecológica, medidas de control, seguridad y sanciones.

Se han expedido cuatro reglamentos a partir de la LGEEPA en materia de:

1. Impacto ambiental (DOF del 7 de junio de 1988).
2. Residuos peligrosos (DOF del 25 de noviembre de 1988).
3. Prevención y control de la contaminación generada por vehículos automotores que circulan en el Distrito Federal y los Municipios de la Zona Conurbada (DOF del 25 de noviembre de 1988).

Además previos a los expedidos por la LGEEPA, se encuentran en vigor los reglamentos para la prevención y control de la contaminación de Aguas (DOF del 29 de marzo de 1983) y para la protección del ambiente contra la contaminación originada por emisión de ruido (DOF del 6 de diciembre de 1982). (17)

El 29 de marzo de 1993 se publicó en el DOF el Programa Nacional de Normalización, el cual prevé un Comité Consultivo Nacional de Normalización para la protección ambiental. Está conformado por siete subcomités que realizan las siguientes funciones:

- Aprovechamiento ecológico de los recursos naturales; ordenamiento ecológico; materiales y residuos peligrosos; aire, agua, riesgo ambiental, y de energía contaminante.

Debido a esto se ha procedido a realizar análisis de costo - beneficio que se requieren para su sustentación. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos otorga al Estado la tutela sobre los recursos naturales al considerar a los suelos, las aguas, la flora, la fauna y los recursos minerales como propiedad de la Nación.

Al establecer las bases jurídicas de la legislación ambiental, particularmente las leyes reglamentarias del artículo 27 constitucional, como son las de aguas forestal y de pesca que inciden en la conservación de los recursos naturales y en la definición de órganos estatales encomendados a su regulación. (14, 17)

**2.5.2. LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL (LOAPF).**

Fue reformada por el decreto publicado el 25 de mayo de 1992 para dar lugar a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

La SEDESOL tiene como objetivos formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo social particularmente la de asentamientos humanos, desarrollo regional y urbano, vivienda y ecología. También tiene bajo su responsabilidad las funciones en materia ambiental:

- 1) Promover el ordenamiento ecológico general del territorio nacional.
- 2) Formula y conduce la política general de saneamiento ambiental.
- 3) Establece normas y criterios ecológicos para aprovechar los recursos naturales, preservar y restaurar la calidad del ambiente.
- 4) Establece los criterios ecológicos y las normas de carácter general que deban satisfacer las descargas de agua residual para evitar que la contaminación ponga en peligro la salud pública o degrade los sistemas ecológicos.
- 5) Evaluar las manifestaciones de impacto ambiental en proyectos de desarrollo que presenten diversos sectores, de acuerdo a la normatividad aplicada.

En el reglamento anterior de la SEDESOL publicado el 4 de junio de 1992 se prevé la existencia de dos órganos desconcentrados con autonomía técnica y operativa, que se enfocan a la ejecución de las facultades de la secretaria en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente y son el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PFPA). (15)

### **2.6.3. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA**

- Formula y conduce la política general de saneamiento ambiental en coordinación con la secretaría de salud y demás dependencias.
- Establece normas y criterios ecológicos para la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales para preservar y restaurar la calidad del ambiente con la participación de otras dependencias de la administración pública federal.
- Establece criterios ecológicos y normas de carácter general que deben satisfacer las descargas de aguas residuales para evitar que la contaminación ponga en peligro la salud pública y degrade los ecosistemas en coordinación con dependencias competentes y gobiernos estatales y/o municipales.
- Evaluar, dictaminar y resolver las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo presentados por los sectores público, social y privado que sean de su competencia, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Proponer al ejecutivo federal disposiciones que regulen las actividades relacionadas con el manejo de materiales y residuos peligrosos en coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que corresponde. (18)

Actualmente se han abierto nuevas formas de participación en el manejo y administración de las aguas dentro de las cuencas hidrológicas. Con las recientes reformas al Artículo 27 Constitucional y la Nueva Ley Agraria, al primero de diciembre de 1992 se creó una nueva legislación de Aguas Nacionales, reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución General de la República.

Dicha legislación adopta la estrategia de dar a este recurso un nuevo enfoque económico y tecnológico para un adecuado aprovechamiento y uso racional. La Ley de Aguas Nacionales da el criterio del agua como recurso unitario que se renueva por ayuda del ciclo hidrológico y el cual es afectado por las actividades del hombre.

Con este motivo se crea la Comisión Nacional del Agua (CNA) y es encargada en el ámbito federal en materia.

- La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente coadyuva con las autoridades federales, estatales y municipales en el control de la aplicación de la normatividad en materia de ecología y protección al medio ambiente.
- Gestiona también ante las autoridades competentes la elaboración y ejecución de normas, criterios, estudios, programas, proyectos, acciones, obras e inversiones para la protección, defensa y restauración del ambiente.

Dentro de las nuevas legislaciones se encuentra la Legislación Hidráulica. Donde el agua es fácilmente vulnerable, su contaminación y daño ecológico resultante hace que la descarga de aguas residuales se conviertan en grandes problemas para la salud del hombre y para la adecuada preservación de los ecosistemas. Provocando un desequilibrio ecológico que causa daños irreversibles a la sociedad, naturaleza y a los recursos susceptibles de apropiación de cantidad y calidad del agua.

Esta comisión fue creada el 16 de enero de 1989 como órgano administrativo desconcentrado de la SARH. Esta ley propone adecuar y ajustar el marco de regulación de las aguas nacionales en forma congruente con las recientes normas al Artículo 27 Constitucional de la Nueva Ley Agraria. El principio de esta nueva legislación es que todos los usuarios tienen la obligación de contribuir con el desarrollo hidráulico mediante el pago de derechos por el uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, incluyendo el pago de derechos para manejar adecuadamente las descargas de aguas residuales y reducir la contaminación de ríos y acuíferos.

La SEDESOL es la responsable de fijar criterios ecológicos para las condiciones de descarga y la SARH es la responsable de otorgar y revocar los permisos de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean bienes nacionales. (18)

#### **2.6.4 POLITICAS AMBIENTALES**

La gestión de la calidad del ambiente está considerada como un ciclo en el que se identifican la percepción de problemas, planificación y elaboración de una nueva legislación. El establecer normas, emitir autorizaciones, alegar instrumentos para favorecer el ambiente y la aplicación de estos. A todo esto se considera un sistema articulado y complejo que involucra:

1. Elementos humanos (sector público, social y privado).
2. Circunstancias (diversos medios y contaminantes).
3. Instrumental político (normas, instrumentos económicos y acuerdos de concertación).

Debe existir un sistema de retroalimentación dentro de la Gestión Ambiental, para que la experiencia que se adquiere y en su caso fallas o desviaciones sean identificadas y sirvan para afinar y fortalecer este sistema. La gestión ambiental se enfoca a través de múltiples medios (aire, agua, suelo) y por articular distintas políticas sectoriales. (15)

#### **SECTOR GUBERNAMENTAL.**

La participación de las autoridades públicas de los sectores que están presentes en aspectos de la gestión ambiental, se identifica a partir de las atribuciones y competencias que le confiere a la Ley Orgánica de la administración pública y diversos reglamentos de cada dependencia del gobierno. Es de gran importancia identificar la participación que pueden adoptar los sectores sociales quienes dentro de un esquema de corresponsabilidad desempeñan una función decisiva en la instrumentación de las políticas ambientales del país.

#### **SECTOR PRIVADO**

Las industrias, empresas agrícolas, mineras, pesqueras, forestales y de servicios contribuyen a:

- 1) Establecer bases que sustentan la normatividad.
- 2) Identifican, investigan, crean o adoptan tecnologías limpias y sustentables.

- 3) Vigilan sus propios procesos para tratar y eliminar adecuadamente sus desechos.
- 4) Colaborar en la aplicación de los lineamientos para realizar auditorías ambientales.
- 5) Establecer métodos idóneos para la gestión ambiental.

### **GRUPOS ORGANIZADOS**

Van a estar interesados en la protección y preservación del ambiente e intervienen en:

- 1) Acciones de protección ambiental.
- 2) Elaboración de proyectos de normas.
- 3) Propone opciones para mejorar la gestión ambiental.
- 4) Identifican y estudian opciones tecnológicas para la prevención y control de la contaminación.
- 5) Programas de ecología productiva y actividades de vigilancia dentro del Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas.

### **COMUNIDAD EN GENERAL**

Las personas que conforman a la sociedad e integran distintas comunidades pueden:

- 1) Contribuir al ahorro de energía, al uso racional del agua, al desarrollo de hábitos de consumo ambientalmente adecuados y saneamiento doméstico.
- 2) Hacer uso del conocimiento disponible para la protección del ambiente y la salud.
- 3) Una participación individual y colectiva en acciones de protección ambiental.

El adoptar una gestión predeterminada establece la prevención de la contaminación del aire, agua y suelo. Esto muestra que si se tiene una visión integral de los problemas de contaminación ambiental, las medidas para reducirlos en un medio pueden afectar negativamente a otro. Tal como se presenta en el caso de la remoción de contaminantes del agua residual en las plantas de tratamiento, pueden conducir a la contaminación de suelos si se vierten en ellos todos provenientes de esas plantas sin ningún procesamiento previo para inactivar o retirar los agentes químicos o biológicos peligrosos que contengan.

Gracias a esto se pretende vincular las políticas sectoriales con las autoridades para definir políticas y normatividad ecológica. Económicamente los problemas ambientales se solucionan a través de la inducción más que de la coerción, por medio del empleo de instrumentos económicos aplicables a la gestión ambiental que son adecuados a las necesidades nacionales. (15)

## **2.6.6 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO**

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) se integró en cumplimiento con la constitución y la Ley de Planeación, siendo el resultado de una amplia consulta ciudadana de las aspiraciones y necesidades de la población. Las bases de este Plan son:

- El cambio y la identidad que se considera indispensable una transformación en la vida política, económica y social.

Entre sus más altas prioridades, el Plan asume el derecho a la protección y restauración del medio ambiente, mencionando que la calidad de vida, el desarrollo, el nivel de bienestar y el uso efectivo de las libertades adquieren su significado pleno en el respeto al equilibrio natural.

Su objetivo principal es el armonizar el crecimiento económico con el restablecimiento de la calidad del ambiente al mismo tiempo que se promueva la conservación y al aprovechamiento racional de los recursos naturales. (12)

### **2.5.6 PROGRAMA NACIONAL PARA LA PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE (PNPMA)**

Es originado en base a reformas y a los artículos 27 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los cuales aumentan un rango constitucional, la protección al ambiente y la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

1. Tiene como objeto fundamental armonizar el crecimiento económico con el restablecimiento de la calidad del ambiente, promoviendo la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.
2. También procura que los proyectos de obra y actividades de desarrollo nacional se sometan a criterios de cuidado ambiental.
3. Retiene y revierte la contaminación del agua, preserva su calidad y fomenta su óptimo aprovechamiento.
4. Previene y controla la contaminación del suelo mediante un tratamiento adecuado de desechos sólidos municipales e industriales y el manejo correcto de sustancias peligrosas.

Utiliza los avances científicos y tecnológicos para mejorar el medio ambiente, aportando un apoyo al desarrollo de procesos productivos que no deterioren los ecosistemas.

Actualmente el Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000, en su "Política Ambiental para un Crecimiento Sustentable"; incrementa crecientes tendencias de deterioro en la capacidad de renovación de recursos naturales y en la calidad del medio ambiente. El reto presente es que sociedad y estado asuman plenamente las responsabilidades y costos de un aprovechamiento en los recursos naturales renovables y el medio ambiente que permita mejor calidad de vida para todos. (17)

Por ello la política ambiental y el aprovechamiento de los recursos repercutirá en la actitud estrictamente regulatoria, constituyéndose un proceso de promoción e inducción de inversiones en infraestructura ambiental de creación de mercados y de financiamiento para el desarrollo sustentable obteniendo un crecimiento económico compatible con la protección ambiental.

En materia de regulación ambiental el PND establece la estrategia para consolidar e integrar la normatividad garantizando su cumplimiento. En particular se fortalecerá la aplicación de estudios de evaluación de impacto ambiental y se mejorará la normatividad para el manejo de residuos peligrosos.

En referencia a la Regulación Nacional del Agua, la regulación ambiental establece las bases para el abastecimiento y uso eficaz del recurso hidráulico; lo que implica atender y reforzar la infraestructura hidráulica considerando estratégica jerarquizando los recursos de inversión dirigidos a mejorar la operación, terminando obras inconclusas, realizando obras nuevas que demanda el crecimiento de la demanda y adecuar y utilizar plenamente la infraestructura ociosa.

Para hacer frente a esta demanda de servicios, es necesario que se incorporen las empresas privadas participando directamente en la prestación de servicios de agua, regulando debidamente para garantizar su calidad y eficiencia. Para elevar la eficiencia del sistema hidrológico se requiere fortalecer los organismos responsables del manejo integral de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento integrándose en consejos por cuencas hidrológicas.

Un área prioritaria es el saneamiento de las cuencas más contaminadas, en las que se intensificarán los esfuerzos de rehabilitación, principalmente en el Valle de México y el Sistema Lerma - Santiago.

Con estas medidas se abatirá de manera más acelerada uno de los principales rezagos sociales que es la falta de agua potable y se avanzará en el saneamiento de las cuencas hidrológicas para la mejora de la calidad ambiental. También se va a realizar una promoción basada en acciones tendientes a garantizar la calidad del agua. Una mayor investigación y desarrollo tecnológicos, sanidad acuícola y asistencia técnica. (3)

## **2.6.7 PLANEACION ECOLOGICA PARA EL DESARROLLO**

El sector ambiental en México ha dispuesto políticas, estrategias y programas vinculados con diferentes instancias en el desarrollo económico y social del país. La base de la equidad en la administración ambiental del país tiene que ver con la aplicación del costo del control de la contaminación a quien las genere y las actividades para la restauración a quien deteriore el ambiente; así como la justa recompensa a quien proteja los productos naturales.

También resulta de primordial importancia establecer sanciones para los posibles infractores, imponer estímulos de diferente índole a aquéllos que manejan de manera responsable los recursos naturales y recompensarlos cuando emprendan acciones en favor del mejoramiento de la calidad ambiental.

Los principales objetivos de esta Planeación son:

- a) Integrar una política de planeación ecológica en los procesos de participación de los sectores sociales, productivos y de los tres niveles de gobierno para que en forma coordinada evalúen, programen y legislen el uso de suelo y aprovechamiento de los recursos naturales.
- b) Formular criterios y normas correspondientes a las actividades productivas que se intalen en el país y deriven del ordenamiento ecológico (OE) general y regional del territorio.
- c) Promover y proponer estímulos fiscales, tarifarios y crediticios que se apliquen a los distintos sectores en actividades de prevención, control de la contaminación, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.
- d) Descentralizar las acciones de conservación y mejoramiento del ambiente a las instancias locales correspondientes.
- e) Establecer un Sistema Nacional de Información Ecológica.
- f) Realizar el (OE) territorial en tres vertientes fundamentales: prioritaria, productiva y regional.

### **2.5.8 ORDENAMIENTO ECOLOGICO**

El proyecto de ordenamiento ecológico tiene como base el análisis de información respecto a la situación ambiental de diferentes regiones del país y de los diversos sectores de la economía. Se fundamenta en el establecimiento de una serie de métodos y técnicas de análisis regional que permiten estructurar una metodología integral, así como diseñar y desarrollar un sistema de información que servirá de base a futuros proyectos que sean específicos de ordenamiento ecológico.

En los programas de ordenamiento ecológico territorial se evalúa la capacidad de soporte de los ecosistemas para desarrollar una determinada actividad productiva. Cabe mencionar que México es un país pionero en los procesos de ordenamiento ecológico territorial a nivel mundial. A través de su metodología, promueve de manera integrada los estudios de caracterización ecológica y socioeconómica de carácter regional, obteniendo así criterios ecológicos correspondientes a la regulación de actividades productivas con megaproyectos, a las áreas naturales protegidas y su área de influencia.

Para la instalación de megaproyectos, el ordenamiento establece grandes líneas de política ecológica, al definir los usos de suelo recomendables para actividades vinculadas con la sustentabilidad deseable para el país. Las actividades productivas que utilizan recursos naturales para su desarrollo deben participar en su protección, restitución o recuperación; y deben promover acciones de seguimiento y evaluación para la correcta preservación de los recursos naturales.

Se elaboró un diagnóstico ambiental del territorio nacional, donde se identificaron zonas consideradas críticas, debido a problemas de uso inadecuado o de contaminación del suelo por residuos sólidos o agroquímicos, contaminación del agua o del aire, erosión y deforestación y disminución o extinción de especies de flora y fauna silvestres. (14)

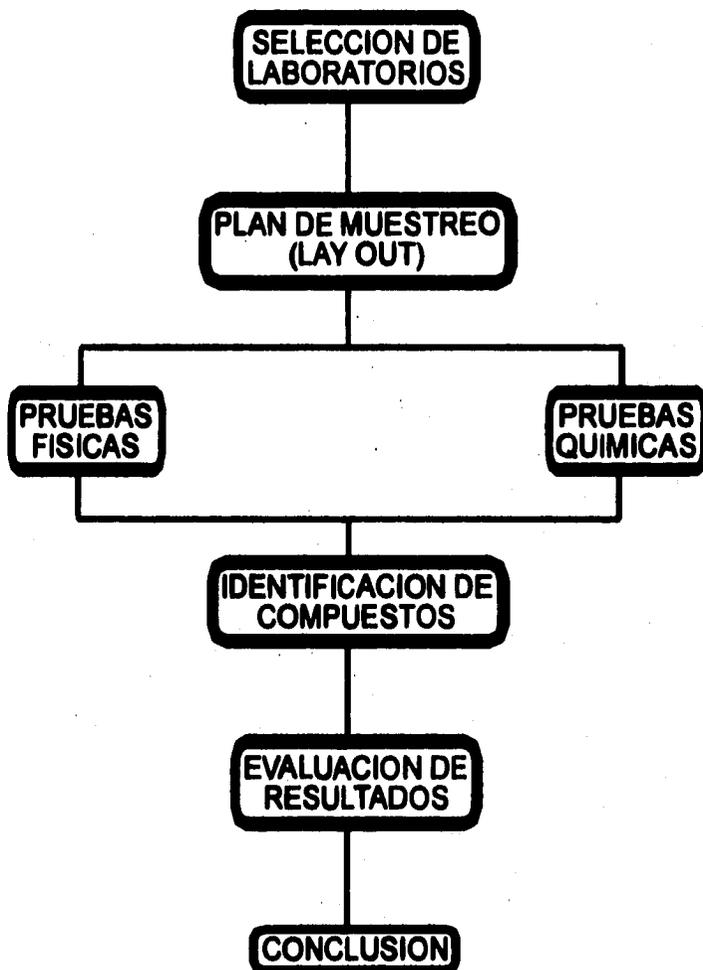
### **2.5.9. AVANCES TECNOLOGICOS**

Como fuentes de información se emplean datos provenientes del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), censos estadísticos, información documental proporcionada por cada una de las delegaciones de la SEDESOL en las entidades federativas y por las direcciones generales de la extinta SEDUE, hoy comprendidas por el Instituto Nacional de Ecología (INE). (3)

## CAPITULO III

## PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1 DIAGRAMA GENERAL



### **3.2 METODOLOGIA**

La metodología que se llevó a cabo fue la siguiente:

1. Seleccionar los Laboratorios Farmacéuticos a investigar.
2. Obtener las órdenes de Inspección, con la ayuda de la Subdirección de Ecología para la Protección al Medio Ambiente, del Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México.
3. Seleccionar una muestra semestral del año en curso del agua residual.
4. Obtener el Lay out de la planta para identificar los diversos puntos de muestreo.
5. Enviar a los laboratorios de control analítico las muestras recolectadas.
6. Recopilar los resultados.
7. Comparar los resultados obtenidos por la industria analizada, en base a los parámetros establecidos en las normas: NOM-073-ECOL-1994 Y NOM-PA-CCA-031-1993.
8. Evaluar los resultados, empleando parámetros de inferencia estadísticos (medidas de tendencia central).

#### **3.2.1 PRUEBAS FISICAS**

Es la temperatura, y se realizó, según la norma NMX-AA-7 (Agua determinación de temperatura - Método visual con termómetro), por diferentes laboratorios de control analítico.

### **3.2.2 PRUEBAS QUIMICAS**

Son las siguientes, y se realizan por diferentes laboratorios de control analítico.

Determinación de pH - NMX-AA-8 (Método potenciométrico)

Análisis de agua DBO - NMX-AA- 28 (Método de incubación por diluciones)

Análisis de agua DQO - NMX-AA-30 (Método de reflujó del dicromato)

Grasas y aceites - NMX-AA-5 (Método de extracción soxhlat)

Fenoles - NMX-AA-50 (Método espectrofotométrico bipirina de la 4-aminopirina)

Conductividad - NMX-AA-93 (Protección al ambiente, contaminación del agua)

S.A.A.M. - NMX-AA-39 (Método colorimétrico del azul de metileno), para  
detergentes.

Sólidos sedimentables - NMX-AA-4 (Método del cono imhoff)

### **3.3 ANALISIS ESTADISTICO**

Calcular las medidas de tendencia central ( media, moda, mediana, rango, desviación estándar, coeficiente de variación ) con los resultados de los parámetros obtenidos de los laboratorios que fueron analizados y comparar los resultados obtenidos con los parámetros que manejan las normas en cada una de las determinaciones.

### **3.4 ANALISIS GRAFICO**

Realizar graficas de distribución de cada uno de los parámetros analizados, en base a los resultados obtenidos.

## CAPITULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados en las diferentes muestras (descargas) de cada uno de los siete laboratorios seleccionados.

#### LABORATORIO 1.

##### Descarga 1,2.

PARAMETRO	RESULTADO		MAXIMOS PERMISIBLES	
	Desc. 1	Desc. 2.	NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	9.28	9.44	6 a 9	8 a 9
Temperatura °C	32.5	27.4	---	---
DBO mg/l	2,190.0	3,900.0	----	100.0
DQO mg/l	9,056	13,000.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	55.69	34.13	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.1992	0.0745	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	582.0	662.51	10,000.0	---
S.A.A.M. mg/l	1.57	1.06	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	1.0	10.0	5.0	---

##### Descarga 3,4.

PARAMETRO	RESULTADO		MAXIMOS PERMISIBLES	
	Desc. 3	Desc. 4	NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	9.19	8.83	6 a 9	8 a 9
Temperatura °C	20.15	22.95	---	---
DBO mg/l	1,698.0	372.0	---	100.0
DQO mg/l	5,660.0	1,132.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	5.12	24.52	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.2985	0.0475	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	271.6	543.2	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	4.73	1.82	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	0.6000	5.0	5.0	---

**LABORATORIO 1.****Descarga 5.**

PARAMETRO	RESULTADO	MAXIMOS PERMISIBLES	
		NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial de Hidrógeno U pH	8.7	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	31.1	---	---
DBO mg/l	3,200.0	---	100.0
DQO mg/l	4,150.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	38.55	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.0807	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	550.98	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	2.30	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	6.0	5.0	---

**LABORATORIO 2.****Descarga 1,2.**

PARAMETRO	RESULTADO		MAXIMOS PERMISIBLES	
	Desc. 1	Desc. 2	NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	7.8	8.5	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	23.5	37.0	---	---
DBO mg/l	510.0	70.0	---	100.0
DQO mg/l	1,053.3	128.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	50.8	18.4	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.0410	0.0000	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	731.0	420.0	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	0.2	9.0	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	5.0	0.2	5.0	---

**LABORATORIO 3.****Descarga 1.**

PARAMETRO	RESULTADO	MAXIMOS PERMISIBLES	
		NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	6.85	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	31.3	---	---
DBO mg/l	182.0	---	100.0
DQO mg/l	716.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	29.2	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.0000	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	725.2	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	0.869	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	0.000	5.0	---

**LABORATORIO 4.****Descarga 1.**

PARAMETRO	RESULTADO	MAXIMOS PERMISIBLES	
		NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	6.6	6 A 9	6 A 9
Temperatura °C	21.9	---	---
DBO mg/l	164.0	---	100.0
DQO mg/l	513.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	25.6	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.0000	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	573.0	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	1.82	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	0.5	5.0	---

**LABORATORIO 6.****Descarga 1,2.**

PARAMETRO	RESULTADO		MAXIMOS PERMISIBLES	
	Desc. 1	Desc. 2	NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	7.9	7.1	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	21.8	24.2	---	---
DBO mg/l	---	---	---	100.0
DQO mg/l	---	---	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	17.0	9.0	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.022	0.009	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	560.3	461.5	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	4.231	8.312	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	1.8	5.0	5.0	---

**LABORATORIO 6.****Descarga 1.**

PARAMETRO	RESULTADO	MAXIMOS PERMISIBLES	
		NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	7.60	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	17.67	---	---
DBO mg/l	453.23	---	100.0
DQO mg/l	971.113	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	27.0	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.198	5.0	---
Conductividad micromohs/cm	541.0	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	25.2	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	0.90	5.0	---

**LABORATORIO 7.****Descarga 1,2.**

PARAMETRO	RESULTADO		MAXIMOS PERMISIBLES	
	Desc. 1	Desc. 2	NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	6.1	7.3	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	24.9	29.2	---	---
DBO mg/l	500.0	1800.0	---	100.0
DQO mg/l	687.0	6,159.5	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	18.0	16.0	70.0	20.0
Fenoles mg/l	1.1480	0.8480	5.0	---
Conductividad micromoha/cm	489.0	527.0	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	18.0	0.5	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	1.5	13.0	5.0	---

**Descarga 3.**

PARAMETRO	RESULTADO	MAXIMOS PERMISIBLES	
		NOM-031/93	NOM-073/94
Potencial Hidrógeno U pH	8.2	6 a 9	6 a 9
Temperatura °C	23.5	---	---
DBO mg/l	900.0	---	100.0
DQO mg/l	1,815.0	---	200.0
Grasas y Aceites mg/l	22.0	70.0	20.0
Fenoles mg/l	0.9370	5.0	---
Conductividad micromoha/cm	875.0	10,000	---
S.A.A.M. mg/l	0.8	30.0	---
Sólidos sedimentables ml/l	8.0	5.0	---

#### 4.1.2 ANALISIS ESTADISTICO

- Calcular las medidas de tendencia central, con los parámetros obtenidos en los resultados:

Media  
 Moda  
 Mediana (m)  
 Rango o recorrido (R)  
 Desviación estándar (S)  
 Coeficiente de variación (C.V.)

#### MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

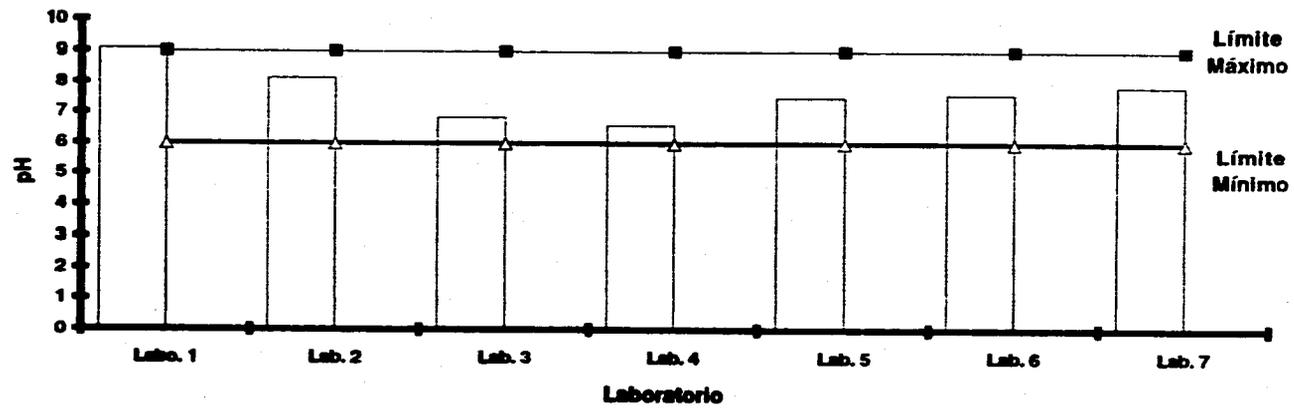
PARAMETRO	MEDIA	MODA	m	R	S	C.V.
Potencial hidrógeno	8.0026	no	8.1	2.04	0.0072	8.09
Temperatura	25.94	23.5	24.2	19.4	5.3135	20.48
DBO *	1224.55	no	510	3830	1244.8	101.66
DQO *	3484.70	no	1132	12,972	3978.8	114.86
Grasas y Aceites	26.06	no	24.52	50.57	14.084	54.03
Fenoles	0.2090	no	0.1862	1.1480	0.3795	126.86
Conductividad	552.88	no	550.86	459.4	120.33	21.76
S.A.A.M.	5.214	1.82	1.82	25.0	7.0229	134.69
Sólidos sedimentables	4.0466	5	1.8	13	4.0935	101.15

\* = Las medidas de tendencia central fueron obtenidas en base a 6 laboratorios farmacéuticos.

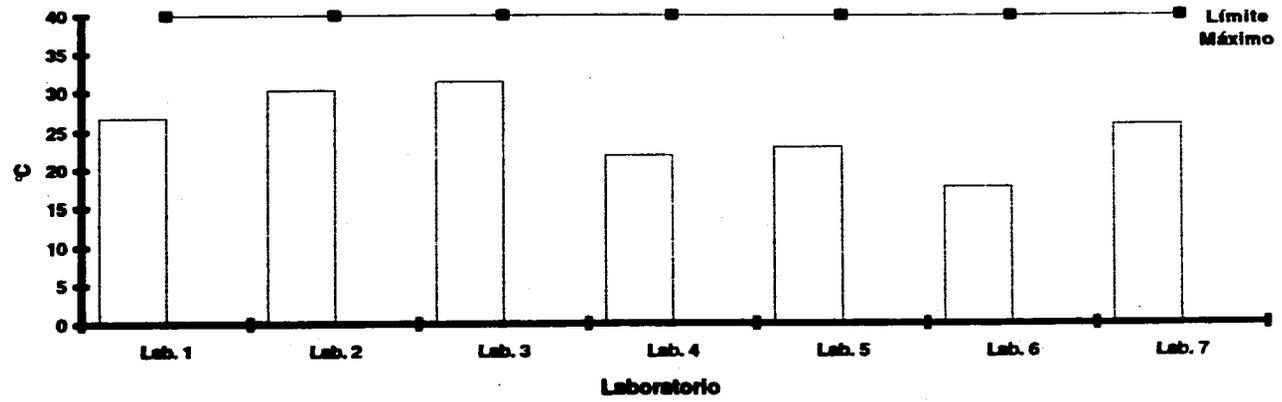
#### 4.1.3 ANALISIS GRAFICO

Realizar graficas de distribución de cada uno de los parámetros analizados.

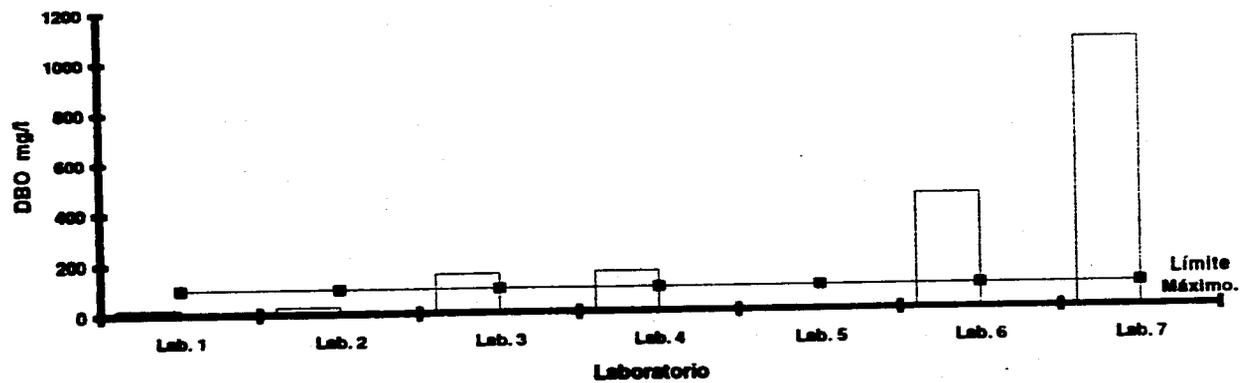
### Potencial Hidrógeno



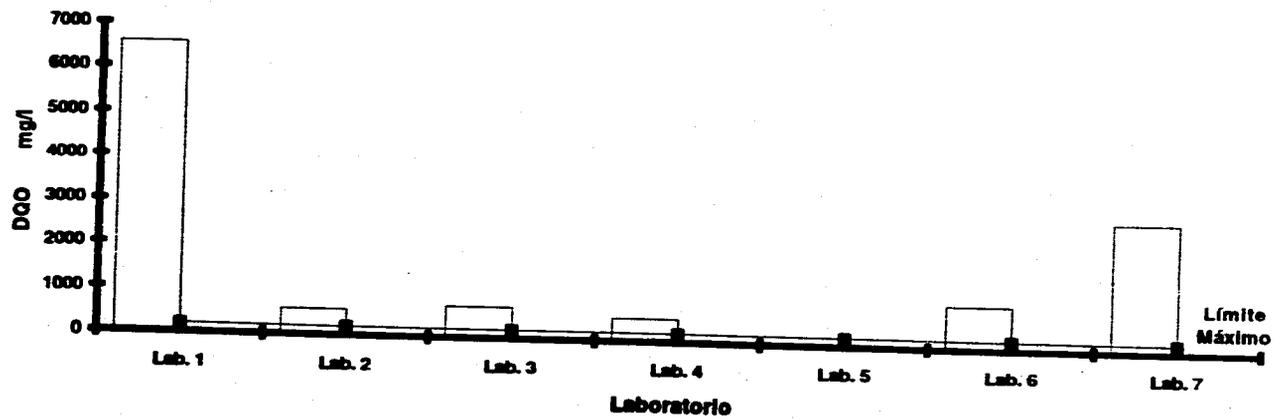
### Temperatura



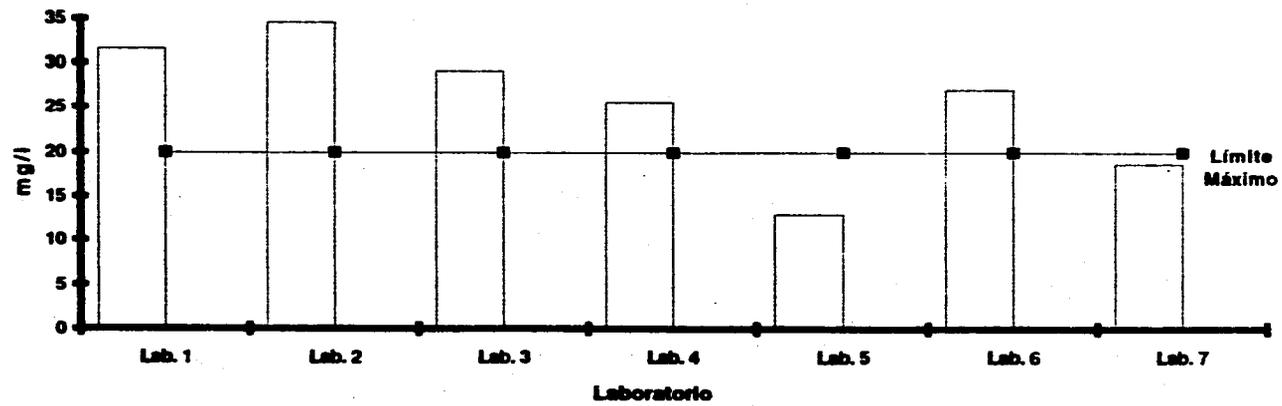
### Demanda bioquímica de oxígeno



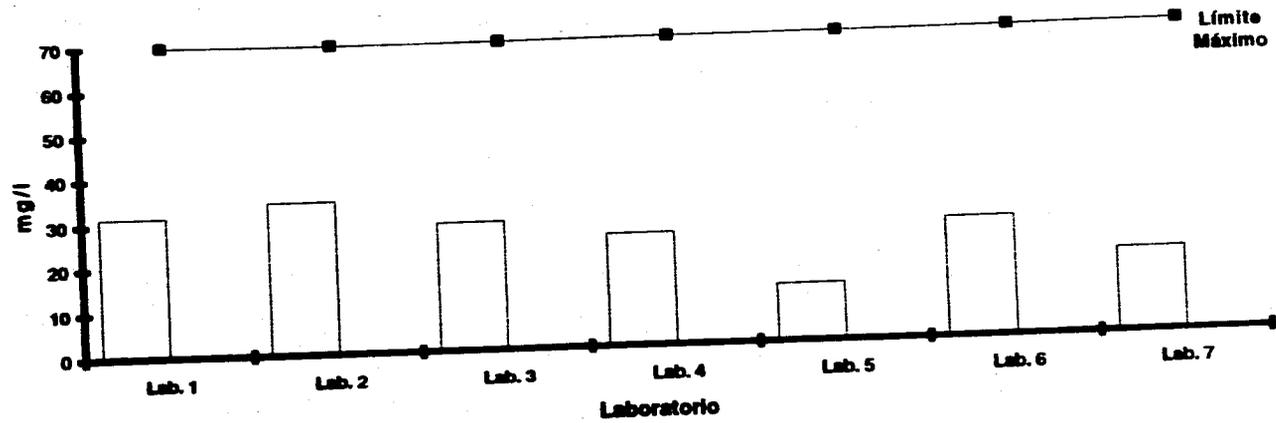
### Demanda química de oxígeno



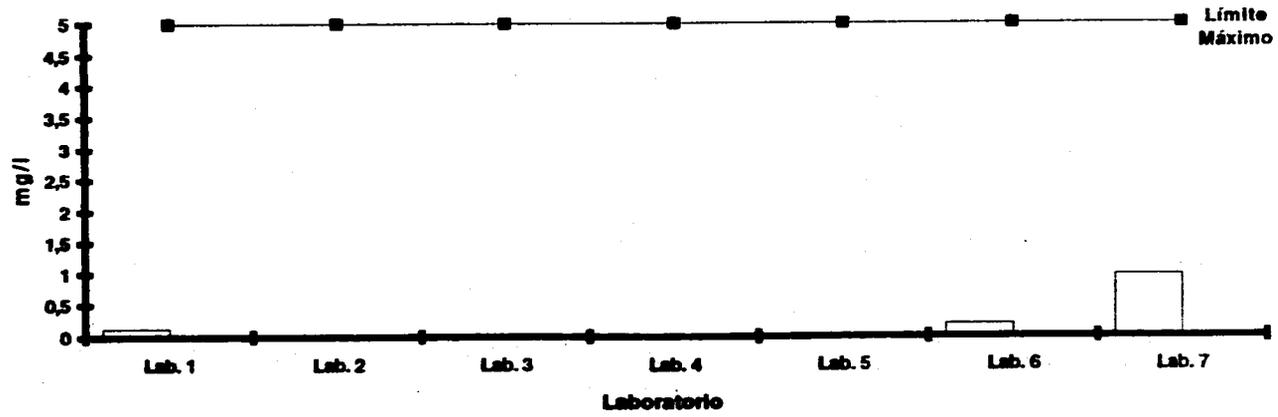
### Grasas y Aceites NOM-073



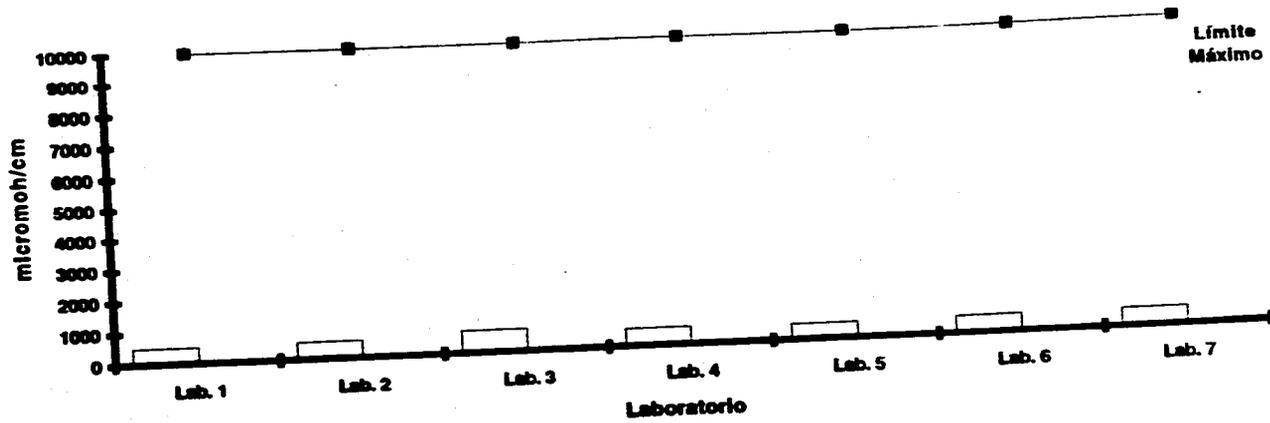
### Grasas y Aceites NOM-031



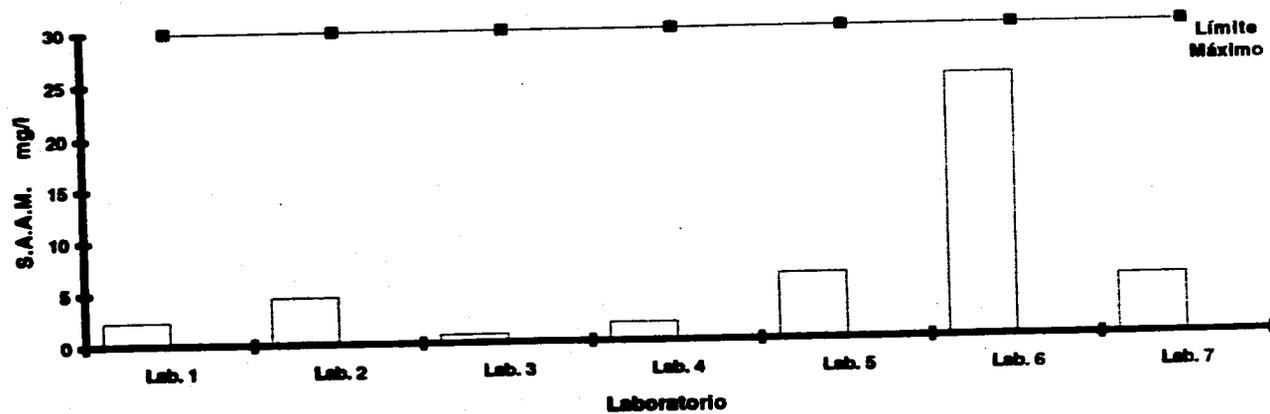
### Fenoles



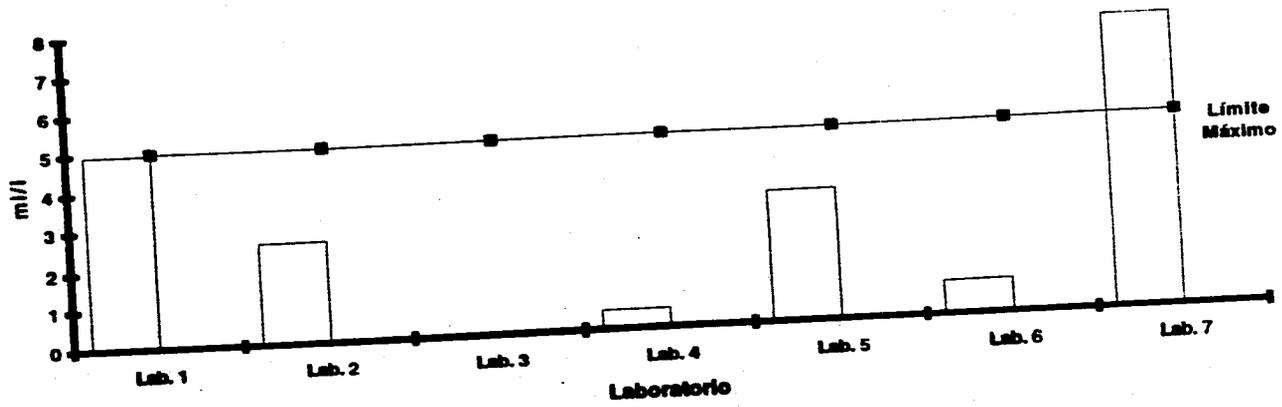
### Conductividad



### Sustancias Activas al Azul de Metileno



### Solidos Sedimentables



## 4.2 DISCUSION

En los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de los parámetros determinados se encuentran dentro o en el límite de los valores máximos permisibles establecidos por la norma NOM-031/83 y NOM-073/84; a excepción de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO), los cuales manejan valores muy altos y no se pueden comparar debido a que dichas normas no han sido estandarizadas con exactitud.

Al realizar el análisis estadístico (media, moda, mediana y rango) de los parámetros obtenidos en las determinaciones; el pH, la temperatura, grasas y aceites, fenoles, conductividad, Sustancias activas al azul de metileno (S.A.A.M.) y sólidos sedimentables, se ve que se encuentran dentro de los límites de aceptabilidad. Al determinar la desviación estandar de los parámetros solamente el pH y los fenoles presentan una desviación estandar menor a (1); Al determinar el coeficiente de variación podemos ver que el pH, la temperatura, las grasas y aceites y la conductividad se encuentran en los límites de confiabilidad.

En base al análisis gráfico se observa que la temperatura, fenoles, conductividad, S.A.A.M., se encuentran dentro de los límites máximos permisibles; aunque dentro de los valores de S.A.A.M podemos ver que todos los laboratorios entran dentro de este rango el laboratorio 7 contiene gran cantidad de S.A.A.M.

Con respecto a las grasas y aceites, en relación a la norma NOM-031 todos los laboratorios cumplen con este parámetro, pero en base a la NOM-073 solamente 2 laboratorios cumplen los límites máximos permisibles establecidos para la descarga de aguas residuales.

Dentro de los sólidos sedimentables el laboratorio 7 no cumple con el parámetro establecido, los demás laboratorios sí.

**En los valores de DBO, podemos ver que ningún laboratorio cumple con este parámetro ya que los resultados sobrepasan los límites máximos permisibles y dentro de la DQO solamente 2 laboratorios cumplen con la NOM-073.**

## **CAPITULO V**

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores obtenidos de los parámetros analizados, podemos ver que las aguas residuales generadas por la industria farmacéutica contienen valores menores o iguales a los límites máximos permisibles establecidos por las normas NOM-031/93 y NOM-073/94, debido a esto requieren un pequeño sistema de tratamiento para poderlas depurar, para ser vertidas con facilidad al sistema de alcantarillado de la red municipal.

Esto se logra teniendo una adecuada reglamentación sobre la utilización de los colectores que nos indican los diversos tipos o concentraciones de las aguas residuales; admitidas en ellos para poderlas mandar a una planta de tratamiento de aguas.

En base a que dentro de los resultados obtenidos unos parámetros sobrepasan los límites máximos permisibles se sugiere un sistema de tratamiento, el cual va a provocar que las aguas residuales generadas por la industria farmacéutica puedan ser vertidas de manera segura al sistema de alcantarillado de la red municipal. Dentro de los diversos sistemas de tratamiento, se puede realizar un tratamiento combinado (despumación, tratamiento químico, desorción, recarbonatación, filtración, ozonación, adsorción, osmosis inversa, desinfección) para poder realizar una purificación.

Al determinar los diversos contaminantes generados en las aguas residuales de la industria farmacéutica, podemos ver que sus características tienen efectos definitivos en los colectores y en las diversas plantas de tratamiento y se pueden clasificar como: Sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, constituyentes tóxicos, nutrientes, metales pesados, detergentes y compuestos coloreados entre otros. Los cuales si no son tratados pueden provocar efectos adversos a nivel del medio ambiente y salud pública de los habitantes del entorno.

Se puede decir que todos los laboratorios farmacéuticos localizados en el área de Naucalpan cumplen con los límites máximos permisibles de los parámetros establecidos en la NOM-031 y no en la NOM-073, para que puedan descargar sus aguas residuales. Debido a esto todas las Industrias farmacéuticas deben regularse con respecto a las disposiciones contempladas en la NOM-073, puesto que en base a los resultados obtenidos estas industrias se rigen indistintamente por las dos normas, así como el actualizar la NOM-073 para que abarque todos los parámetros importantes y se obtenga un adecuado tratamiento de sus aguas residuales generadas.

Los sistemas que se observaron en la industria farmacéutica, por ser satisfactorios, deberían ser adoptados por otras industrias para mejorar el medio ambiente del país.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Degremont - Pelletier , **MANUAL TECNICO DEL AGUA**, Pelletier S.A., México D.F, 1973.
- 2.- Gehr, H.W. y Bregman, J.I., **HANDBOOK OF WATER RESOURCES AND POLLUTION CONTROL**, Van Nostrand Reinhold Co., Canada, 1986.
- 3.- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, **RESUMEN GENERAL DEL XIII CENSO INDUSTRIAL**, México, 1992.
- 4.- Johann Kramer A., **REGLAMENTO VIGENTE DEL AGUA**, "El buen uso del Agua en las Ciudades", Camara Nacional De comercio de la Ciudad de México, 1a. Edición, México, 1990.
- 5.- Leopold, L.B. y Davis, K.S., **EL AGUA**, Colección Científica de Time Life, 2a. Edición, México D.F., 1981.
- 6.- Luis Antonio Garza, **SI SU INDUSTRIA GENERA RESIDUOS PELIGROSOS " NO SE LA JUEGUE"**, Transformación, Vol XXXIX, No. 8, 1995.
- 7.- Mendoz Gomez Gaston, **AHORRO DE AGUA POR MEDIOS FISICOS**, Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Acapulco Guerrero, 1982.
- 8.- Metcalf and Eddy, **WASTEWATER ENGINEERING; COLLECTION, TREATMENT AND DISPOSAL**, Inc. McGraw Hill Book Co., First Edition, U.S.A., 1977.

9.- Organisation for Economic Cooperation and Development (OCDE), 1991,1992., ESTUDIOS ECONOMICOS DE LA OCDE: México, México D.F., 1992.

10.- P.C. Nolverton PH.D., Rebeca C. Mc.Donald, NATIONAL SPACE TECHNOLOGY LABORATORIES NATURAL PROCESSES FOR TREATMENT OF ORGANIC CHEMICAL WASTE, The enviromental professional, Vol. 3, 1981.

11.- Poder Ejecutivo Federal , 1992, CUARTO INFORME DE GOBIERNO y ANEXO, México D.F., 1992.

12.- Poder Ejecutivo Federal, PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 1995 - 2000, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, D.R., México, 1995.

13.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, PLAN NACIONAL HIDRAULICO, Comisión Nacional del Plan Hidráulico, México, 1981.

14.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, PROGRAMA NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA, Comisión Nacional del Agua, México, 1994.

15.- Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología, INFORME DE LA SITUACION GENERAL EN MATERIA DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE, D.R. 1993, Secretaría de Desarrollo Social, México, 1993.

16.- Secretaría de Desarrollo Social, CUARTO INFORME DE EJECUCION DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 1989-1994, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, México, 1994.

17.- Secretaría de Desarrollo Social, PROGRAMA DE NORMAS OFICIALES MEXICANAS 1993, Instituto Nacional de Ecología, México D.F., 1993.

18.- S.E.D.U.E., "ACTUALIZACION DE LA PLANEACION PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACION DEL AGUA POR CUENCAS HIDROLOGICAS DEL PAIS", México D.F., 1983.

19.- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1993, MEXICO A NEW ECONOMIC PROFILE, México, 1993.

20.- Unión Mexicana de Asociaciones de Ingenieros, LOS PROBLEMAS ACUIFEROS DE MEXICO, Sociedad Geohidrológica Mexicana, A.C., México D.F., 1990.

21.- Reglamento Interno de la Comisión Intersecretarial de la Industria Farmacéutica, LEY GENERAL DE SALUD, 5a. Edición, Editorial Pomúa, México D.F., 1989.

22.- Nelson L. Nemerow, AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES; teorías, aplicación y tratamiento, Ediciones H. BLUME, Universidad de Siracusa, Madrid, 1987.

23.- Bertram G. Katzung, FARMACOLOGIA BASICA Y CLINICA, Editorial el Manual Moderno, México, 1991.

24.- Lazo Cerna Humberto, HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL, la Salud en el Trabajo, Editorial Pomúa, 9a. Edición, México, 1985.

25.- Sans Fontria Ramón, INGENIERIA AMBIENTAL, Contaminación y Tratamientos, Boixareu Editores, Sao Paulo Brasil, 1991.

26.- Gordon Maskew Fair, ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y REMOSION DE AGUAS RESIDUALES, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Editorial Limusa, México, 1966.

## **APENDICE**

6.1

NORMA Oficial Mexicana NOM.073-ECOL-1994, Que establece que los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptoras provenientes de las Industrias Farmacéutica y Fermoquímica.

---

Al margen de un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Desarrollo Social.

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV,XXV y XXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones VIII y XV; 8o. fracciones II y VII,36,37,117,118 fracción II, 119 fracción I inciso a),123,171 y 173 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41,43,46, 47, 52, 82, 83 y 84 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización; 85, 86 fracciones I,III y VII, 92 fracciones II, IV y 119 fracción I de la Ley de Aguas Nacionales; primero y segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las Normas Oficiales Mexicanas en materia de vivienda y ecología respectivamente y

**CONSIDERANDO**

Que las descargas de aguas residuales en las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces,vasos, agua marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en los terrenos provenientes de las industrias farmacéutica y fermoquímica, provocan efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de contaminantes que deberán satisfacer dichas descargas.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de Normas Oficiales Mexicanas,

el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-073-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Junio de 1994, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de 90 días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica Volumen VI, Número especial de diciembre de 1994.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 10 de noviembre del año en curso, ha tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-073-ECOL-1994, QUE ESTABLECE QUE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS FARMACEUTICA Y FARMOQUIMICA.**

#### **PREFACIO**

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron:

**SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL**

Instituto Nacional de Ecología

**SECRETARIA DE MARINA**

Dirección General de Oceanografía Naval

**SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL**

Subsecretaría de Minas e Industria Básica

**SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS**

Comisión Nacional del Agua

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

**SECRETARIA DE PESCA**

Dirección General de Acuicultura

**PETROLEDOS MEXICANOS**

Gerencia de Protección Ambiental

**CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA (COPARMEX)**

**CONFEDERACION NACIONAL DE CAMARAS INDUSTRIALES (CONCANMI)**

**CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION (CANACINTRA)**

**ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA (ANIQ)**

**BECTON DICKINSON DE MEXICO**

**EMPRESA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN LA ZONA DE CIVAC**

**F.J. SALCEDO Y CIA.**

### **1. Objeto**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímicas.

### **2. Campo de aplicación**

La presente Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los procesos de las industrias farmacéutica y farmoquímicas.

### 3. Referencias

- NMX-AA-3 Aguas Residuales-Muestreo
- NMX-AA-5 Aguas-Determinación de grasas y aceites-Método de extracción soxhlet
- NMX-AA-8 Aguas-Determinación de pH-Método potenciométrico
- NMX-AA-28 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno-Método de incubación por diluciones
- NMX-AA-30 Análisis de Agua-Demanda química de oxígeno-Método de reflujó del dicromato
- NMX-AA-34 Determinación de sólidos en agua-Método gravimétrico
- NMX-AA-42 Análisis de aguas-Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales-Método de tubos múltiples de fermentación
- NMX-AA-58 Análisis de agua-Determinación de cianuros-Método colorimétrico y titulométrico
- NOM-CCA-001-ECOL Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las Centrales Termoelectricas Convencionales

### 4. Definiciones

Para efectos de esta norma se asumen las definiciones que se mencionan en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales y Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, además de las siguientes:

#### 4.1 Aguas residuales de la industria farmacéutica

Son las que provienen de las actividades de elaboración de productos, que contienen uno o varios principios activos, adicionados o no de excipientes que se presentan en forma definida (tabletas, cápsulas, inyectables, etc.), que se definen como medicamentos y cuya producción implica procesos físicos.

#### **4.2 Aguas residuales de la industria farmoquímica**

Son las que provienen de la elaboración de principios activos utilizados en la fabricación de medicamentos. La producción de estos implica generalmente transformaciones y/o procesos químicos, y/o biológicos.

#### **4.3 Límite máximo permisible promedio diario**

Son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de una muestra compuesta de las aguas residuales provenientes de estas industrias.

#### **4.4 Límite máximo permisible instantáneo**

Son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de muestras instantáneas de las aguas residuales provenientes de estas industrias.

#### **4.5 Muestra compuesta**

La que resulta de mezclar varias muestras simples.

#### **4.6 Muestra simple o instantánea**

La que se tome ininterrumpidamente durante el período necesario para completar un volumen proporcional al caudal, de manera que éste resulte representativo de la descarga de aguas residuales, medido en el sitio y en el momento del muestreo.

#### **4.7 Parámetro**

Unidad de medición, que al tener un valor determinado, sirve para mostrar de una manera simple las características principales de un contaminante.

## 5. Especificaciones

5.1 Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria farmacéutica deben cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 1.

Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria farmoquímica deben cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 2.

Tabla 1. Para la industria farmacéutica

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	8 - 9	8 - 9
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	100	120
Demanda química de oxígeno (mg/L)	200	250
Grasas y aceites (mg/L)	20	30
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	150	180

Tabla 2. Para la industria farmoquímica

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	200	250
Demanda química de oxígeno (mg/L)	300	360
Grasas y aceites (mg/L)	20	30
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	250	300
Cianuros (mg/L)	0.1	0.2

5.1.1 En el caso de que el agua de abastecimiento contenga alguno de los parámetros que se encuentran regulados en esta norma, no será imputable al responsable de la descarga, y éste podrá solicitar a la autoridad competente, le fije condiciones particulares de descarga.

5.2 Los límites máximos permisibles de coliformes totales medidos como número más probable por cada 100 ml en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria farmacéutica y farmoquímica, considerando o no las aguas de servicios son:

5.2.1 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo.

5.2.2 Sin límite, en el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración en terreno, de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos receptores.

### 5.3 Condiciones particulares de descarga

En el caso que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la autoridad competente, fijará condiciones particulares de descarga, además límites máximos permisibles para aquellos parámetros que se consideran aplicables a la descarga, como pueden ser entre otros:

Alcalinidad/acidez

Cianuros

Cloruros

Color

Conductividad eléctrica

Fósforo total

Metales pesados

Nitrógeno total

**Relación de adsorción del sodio**

**Sólidos sedimentables**

**Sólidos disueltos totales**

**Sulfuros**

**Sustancias Activas al Azul de Metileno**

**Temperatura**

**Tóxicos orgánicos**

**Unidades de toxicidad aguda con *Daphnia magna***

**5.3.1 Para el caso de tóxicos orgánicos y metales pesados se considerarán los incluidos en el anexo de la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-001-ECOL referida al punto 3.**

**5.3.2 En el caso en que las descargas sean en terrenos o a zonas marinas, y tomando en consideración su capacidad de recepción, dilución y dispersión, el responsable de la descarga tendrá la opción de solicitar a la autoridad competente, le establezca disposiciones diferentes a las consignadas en esta norma.**

## **6 Muestreo**

**6.1 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica a cuerpos receptores se obtendrán del análisis de muestras compuestas, de acuerdo a la tabla 3.**

**Tabla 3.**

HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MINIMO	MAXIMO
HASTA 8	4	1	2
MAS DE 8 Y HASTA 12	4	2	3
MAS DE 12 Y HASTA 18	8	2	3
MAS DE 18 Y HASTA 24	6	3	4

**6.2** En el caso que durante el período de operación del proceso generador de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente, la información en la que se describa su régimen de operación de la misma y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

**6.3** El reporte de los valores de los parámetros de las descargas de aguas residuales obtenidos mediante el análisis de las muestras compuestas a que se refiera el punto 6.1, se integrará en los términos que establezcan las disposiciones legales aplicables.

#### **7. Métodos de prueba.**

Para determinar los valores de los parámetros señalados en las tablas 1 y 2, se deberán aplicar los métodos de prueba que se establecen en las Normas Mexicanas referidas en el punto 3.

#### **8. Vigilancia.**

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos por conducto de la Comisión Nacional del Agua y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando las descargas sean al mar, vigilará el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 9. Sanciones

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

### 10. Bibliografía

- 10.1 APHA, AWWA, WPCF, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, U.S.A. (APHA, AWWA, WPCF, 1992, Métodos Normalizados para el Análisis del Agua y Aguas Residuales, 18a. Edición, E.U.A.)
- 10.2 Code of Federal Regulations 40, Protection of Environmental 1992, U.S.A., (Código de Normas Federales 40, Protección al Ambiente 1992, E.U.A.).
- 10.3 Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, 1988 Gordón M. Fair, John Ch. -- Gayer, Limusa México.
- 10.4 Industrial Water Pollution Control, 1989, Eckenfelder W.W. Jr. 2nd Edition McGraw-Hill International Editions, U.S.A., (Control de la Contaminación Industrial del Agua, 1989, 2a. Edición, McGraw-Hill Ediciones Internacionales E.U.A.).
- 10.5 Manual de Aguas para Usos Industriales, 1988, Sheppard T. Powell Ediciones - Ciencia y Técnica, S.A., 1a. Edición, Volúmenes I al IV, México.
- 10.6 Manual del Agua, 1989, Frank N. Kemmer John McCallion Ed. McGraw-Hill, Volúmenes I al III, México.
- 10.7 U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New - Source Performance Standard for the 1974 (Documento de Desarrollo de la -- U.S.E.P.A. para Guías de Límites de Efluentes y Estándares de Evaluación de

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Nuevas Fuentes para 1974.)

- 10.8** Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991, U.S.A., Flick, Ernest - W. Noyes Publications, U.S.A. ( Tratamiento Químico de Agua, Una Guía Industrial, 1991, E.U.A.).
- 10.9** Water Treatment Handbook, 1991, Degramont U.S.A., 6th Edition, Vol. I y II ( Manual de Tratamiento de Agua, 1991, Degremont, E.U.A., 6a. Edición, Volúmenes I y II).
- 10.10** Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse, 1991, Metcalf and Eddy McGraw-Hill International Editions 3rd edition, U.S.A. (Ingeniería en el Tratamiento de Aguas Residuales, Disposición y Reuso, 1991, Metcalf and Eddy, McGraw-Hill, Ediciones Internacionales 3a. edición, E.U.A).

#### **11 Concordancia con normas internacionales.**

**11.1** Esta Norma Oficial Mexicana coincide parcialmente con las Normas: Pharmaceutical Manufacturing (Fabricación de Farmacéuticos); Fermentation Products (Productos de Fermentación); Extraction Products (Productos de Extracción); Chemicals Synthetica Products (Productos Químicos Sintéticos); Mixing/Compounding and Formulation (Formulación y Mezclas/Compuestos); Research (Investigación) EPA 40 CFR-PART 439 U.S.A. de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América.

#### **12. Vigencia**

**12.1** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor el día 1o. de mayo de 1995. Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.- El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, **Gabriel Quezri de la Torre.- Rúbrica.**

**6.2**

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-PA-CCA-031/93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.**

---

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que diga Estados Unidos Mexicanos- Secretaría de Desarrollo Social.

**COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION  
PARA LA PROTECCION AMBIENTAL.**

**RENE ALTAMIRANO PEREZ, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con fundamento en los artículos 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, me permito ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación del proyecto de la norma oficial mexicana NOM-PA-CCA-031/93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.**

El presente Proyecto de norma oficial mexicana se publica a efecto de que los interesados dentro de los siguientes 90 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación, presenten sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Eiza No. 20, 1er. Piso, Colonia Cusuhtémoc, Código Postal 06500, México D.F.

Durante el Plazo Mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del proyecto de norma estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité.

México , Distrito Federal a cinco de junio de mil novecientos noventa y tres.- El  
Presidente del Comité, René Altramirano Pérez - Rúbrica.

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-PA-CCA-031/93, QUE ESTABLECE LOS  
LIMITE MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS  
RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA, ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES, DE  
SERVICIOS Y EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE DRENAJE  
Y ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL.**

**1. OBJETO**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes de las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

**2. CAMPO DE APLICACION**

Esta norma es aplicable para las descargas de aguas residuales de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografías y el tratamiento de aguas residuales.

**3. REFERENCIAS**

- NMX-AA-3 Aguas Residuales-Muestreo
- NMX-AA-4 Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales-Método del -----  
cono imhoff
- NMX-AA-6 Aguas- Determinación de grasas y aceites- Método de extracción soxhlet
- NMX-AA-7 Aguas-Determinación de la temperatura-Método visual con termómetro
- NMX-AA-8 Aguas-Determinación de pH-Método potenciométrico
- NMX-AA-39 Aguas-Determinación de sustancias activas al azul de metileno (detergentes)-  
Método colorimétrico del azul de metileno

- NMX-AA-42 Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales-Método de tubos múltiples de fermentación
- NMX-AA-44 Determinación de cromo hexavalente en agua-Método colorimétrico de la difenil carbazida
- NMX-AA-46 Determinación del arsénico en aguas-Método espectrofotométrico del dietil - ditio (carbamato de plata)
- NMX-AA-50 Determinación de fenoles en agua-Método espectrofotométrico bipirina de la 4-aminonitpirina
- NMX-AA-51 Análisis de agua-Determinación de metales-Método espectrofotométrico de absorción atómica
- NMX-AA-57 Análisis de agua-Determinación del plomo-Método colorimétrico de la ditizona
- NMX-AA-58 Análisis de agua-Determinación de cianuros-Método colorimétrico y titulométrico
- NMX-AA-60 Análisis de aguas-Determinación del cadmio-Método colorimétrico de la ditizona
- NMX-AA-64 Análisis de agua-Determinación del mercurio-Método colorimétrico de la ditizona
- NMX-AA-66 Análisis de agua-Determinación de cobre-Método colorimétrico de la Neocuproina
- NMX-AA-75 Análisis de agua-Determinación de níquel-Método colorimétrico de la dimetilgloxina
- NMX-AA-77 Análisis de agua-Determinación de fluoruros-Método colorimétrico del S.P.A.-D.N.S.
- NMX-AA-78 Análisis de agua-Determinación del zinc-Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica
- NMX-AA-93 Protección al Ambiente-Contaminación del Agua-Determinación de la conductividad eléctrica

#### **4. DEFINICIONES**

##### **4.1 Aguas residuales industriales**

Las que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación o generación de bienes de consumo o de actividades complementarias.

##### **4.2 Aguas residuales de actividades agroindustriales**

Las que provienen de las actividades de la elaboración de alimentos, crianza y reproducción ganadera, porcícola, avícola y otros.

##### **4.3 Aguas residuales de los servicios**

Las que provienen de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía o similares.

##### **4.4 Muestra compuesta**

La que resulta de mezclas varias muestras simples.

##### **4.5 Muestra simple**

La que se toma interrumidamente durante el período necesario para completar un volumen proporcional al caudal de manera que éste resulte representativo de la descarga de aguas residuales medido en el sitio y en el momento del muestreo

##### **4.6 Sistema de alcantarillado**

Es el conjunto de dispositivos y tuberías instalados con el propósito de recolectar, conducir y depositar en un lugar determinado las aguas residuales que se generan o se captan en una superficie donde hay una zona industrial, población o comunidad en general.

#### **5. ESPECIFICACIONES**

5.1 Las aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal a que se refiere esta norma, debe cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 1.

#### **4. DEFINICIONES**

##### **4.1 Aguas residuales industriales**

Las que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación o generación de bienes de consumo o de actividades complementarias.

##### **4.2 Aguas residuales de actividades agroindustriales**

Las que provienen de las actividades de la elaboración de alimentos, crianza y reproducción ganadera, porcícola, avícola y otros.

##### **4.3 Aguas residuales de los servicios**

Las que provienen de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía o similares.

##### **4.4 Muestra compuesta**

La que resulta de mezclar varias muestras simples.

##### **4.5 Muestra simple**

La que se toma interrumidamente durante el período necesario para completar un volumen proporcional al caudal de manera que éste resulte representativo de la descarga de aguas residuales medido en el sitio y en el momento del muestreo

##### **4.6 Sistema de alcantarillado**

Es el conjunto de dispositivos y tuberías instalados con el propósito de recolectar, conducir y depositar en un lugar determinado las aguas residuales que se generan o se captan en una superficie donde hay una zona industrial, población o comunidad en general.

#### **5. ESPECIFICACIONES**

**5.1** Las aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal a que se refiera esta norma, debe cumplir con las especificaciones que se indican en la tabla 1.

Tabla 1.

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROM. DIARIO	INSTANTANEO
Temperatura (°C)		40°C (313°K)
pH (unidades de pH)	6 a 9	6 a 9
Sólidos sedimentables (ml/L)	5	10
Grasas y aceites (mg/L)	70	140
Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	10,000	15,000
Aluminio (mg/L)	10	20
Arsénico (mg/L)	2	4
Cadmio (mg/L)	0.50	1.0
Cianuros (mg/L)	1.0	2.0
Cobre (mg/L)	5	10
Cromo hexavalente (mg/L)	0.5	1.0
Cromo total (mg/L)	2.5	5.0
Fluor (mg/L)	30	60
Mercurio (mg/L)	0.01	0.02
Niquel (mg/L)	4	8
Plata (mg/L)	1.0	2.0
Plomo (mg/L)	1.0	2.0
Zinc (mg/L)	6	12
Fenoles (mg/L)	5	10
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	30	60

5.2 No se deberán descargar o depositar en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, sustancias o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas correspondientes, sustancias sólidas o pastosas que puedan causar obstrucciones al flujo de dichos sistemas, así como los que puedan solidificarse, precipitarse

o aumentar su viscosidad a temperaturas entre 5°C (278°K) a 40°C (313°K) o lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

### **5.3 Condiciones particulares de descarga**

Cuando las autoridades del Distrito Federal, estatales o municipales en el ámbito de su competencia, dentro de las descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos esta norma oficial mexicana, causen efectos negativos en las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales o en la calidad que éstas deban cumplir antes de su vertido al cuerpo receptor, podrán fijar condiciones particulares de descarga, en las que se establezcan límites máximos permisibles más estrictos para los parámetros previstos en el punto 5.1 y, en su caso, además límites máximos permisibles para aquellos parámetros que se consideren aplicables a la descarga como pueden ser entre otros los siguientes.

**Calor**

**Turbiedad**

**Fósforo**

**Nitrógeno**

**Acroleína**

**Isoforona**

**Sólidos suspendidos**

**Alcalinidad/acidez**

**Plaguicidas**

**Acilonitrilo**

**Metales pesados**

**Sólidos disueltos**

**Eteres**

**Nitrosaminas**

**Compuestos alifáticos y alifáticos halogenados**

Compuestos aromáticos monocíclicos y policíclicos

Esteres del ácido ftálico

Demanda química de oxígeno

Demanda bioquímica de oxígeno

5.4 Los responsables de las descargas deberán incluir en los reportes de la calidad de las aguas residuales a que se refiere el punto 5.1 de esta norma oficial mexicana, los valores de los parámetros que resulten procedentes de conformidad con lo previsto en los puntos 5.2 y 5.3 de esta norma oficial mexicana.

#### 6. MUESTREO

6.1 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria, actividades, servicios y tratamiento de aguas residuales a que se refiere esta norma oficial mexicana, se obtendrán del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2.

HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NO. DE MUESTRAS	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MINIMO	MAXIMO
HASTA 8	4	1	2
MAS DE 8 Y HASTA 12	4	2	3
MAS DE 12 Y HASTA 16	6	2	3
MAS DE 16 Y HASTA 24	6	3	4

En el caso de que en el período de operación del proceso generador de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente la información en la que se describa su régimen de operación y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

6.3 El reporte de los valores de los parámetros de las descargas de aguas residuales obtenidas de la toma de muestras compuestas a que se refiere el punto anterior, se integrará en los términos establecidos en las disposiciones jurídicas aplicables.

#### **7. METODOS DE PRUEBA**

Para determinar los valores de los parámetros, se deberán aplicar los métodos de prueba que se establecen en las normas mexicanas referidas en el punto 3.

#### **8. VIGILANCIA**

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos por conducto de la Comisión Nacional del Agua, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana, coordinándose con la Secretaría de Salud cuando se trate de saneamiento ambiental.

#### **9. SANCIONES**

El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

#### **10. BIBLIOGRAFIA**

- 10.1 Instructivo para Toma y Manejo de Muestra de Agua para Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos, S.R.H., Inga. Ubaldo Gutiérrez y Mario Salgado, 1976.
- 10.2 Introduction to Wastewater Treatment Processes, (Introducción a los procesos de Tratamiento de Aguas Residuales), Ramahio, Rubens Stte., 1977.

- 10.3 Purificación de Aguas, Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, Fair, Geyer y Okun, Tomos I y II, México, 1979.
- 10.4 Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales y Reuso, Metcalf & Eddy, Inc., Labor 1981.
- 10.5 Wastewater Engineering, (Ingeniería de Aguas Residuales), Collection & Eddy, Inc., 1981.
- 10.6 Water Pollution Control, (Control de la Contaminación del Agua), Experimental Procedures for Process Design, W.W. Eckenfelder, D.L. Ford.

#### 11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

11.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

#### 12. VIGENCIA

12.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación el 20 de septiembre de 1991.

El suscrito Director General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Desarrollo Social, con apoyo en lo dispuesto por el artículo 16 fracción III del Reglamento Interior que rige a esta Secretaría de Estado.

#### CERTIFICA

Que la presente copia concuerda fielmente con su original que obra en los archivos de esta Dirección General.- Se expide la presente para los efectos legales a que haya lugar, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los dieciocho días del mes de junio de mil novecientos noventa y tres.- El Director General de Asuntos Jurídicos, Oscar López Velarde-Rúbrica.

## **GLOSARIO**

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

**Agua residual.-** Líquido de composición variada, proveniente de los procesos de extracción, beneficio, transformación o generación de bienes de consumo o de actividades complementarias.

**Agua residual tratada.-** El líquido de composición variada proveniente del agua residual y resultante de un conjunto de operaciones y procesos de tratamiento, ya sea primario, secundario o terciario.

**Alcantarillado.-** La red o sistema de conductos y dispositivos para recolectar y conducir las aguas residuales y pluviales al desagüe o drenaje.

**Colector.-** Conducto principal en donde convergen aguas pluviales y residuales de la red secundaria de drenaje.

**DBO.-** Demanda bioquímica de oxígeno, Es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos aerobios presentes en aguas residuales para descomponer la materia orgánica a sustancias más simples como dióxido de carbono y agua. Se utiliza para medir directamente la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en un agua residual.

**Desasolve.-** Extracción de residuos sólidos acumulados en tuberías, pozos, lagos, lagunas, presas y en general en cualquier estructura hidráulica natural o artificial.

**Descarga.-** Las aguas residuales y pluviales que se vierten en el sistema de alcantarillado y drenaje.

**Desechos.-** Aquellos residuos en solución o suspensión en el agua que se transporta a través de los conductos del drenaje y el alcantarillado.

**DOO.-** Demanda química de oxígeno, es necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua. Es útil en la medición indirecta de la cantidad de materia orgánica presente en el agua y se basa en el hecho de que prácticamente todos los compuestos orgánicos son oxidados por la acción de un agente oxidante fuerte en condiciones ácidas.

**Drenaje.-** Sistema de caños o tubos de diversos diámetros para el desagüe de los desechos y aguas que capta la red de alcantarillado en el Distrito Federal.

**Ley Ecológica.-** La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente.

**Norma Oficial Mexicana.- (NOM),** la expedida por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial para regular la calidad y funcionamiento de los muebles y dispositivos de servicios, así como ahorradores de agua, sus accesorios y partes internas.

**Metales pesados.-** Elementos químicos con características metálicas y elevado peso molecular como (Pb, Cr, Fe, Hg, Zn, entre otros), que se encuentran presentes en la agua por procesos naturales o son incorporados a través de descargas de aguas residuales industriales; algunos de ellos son tóxicos y bioacumulables.

**Normas Técnicas Ecológicas.-** las expedidas y las que expida la autoridad competente para regular la calidad del agua, las descargas de aguas a la red de drenaje o alcantarillado en el Distrito Federal.

**Planta de tratamiento.-** Instalación industrial compuesta de un conjunto de unidades de proceso que depuran las aguas residuales a fin de reutilizarse de conformidad con las normas de salud y ecológicas establecidas.

**Sólidos totales.-** Es toda materia contenida en una porción de agua, con excepción de los materiales líquidos. De forma más usual son el residuo que queda después de evaporar y secar una porción de agua a una temperatura que oscila entre 103 y 105°C.

**Sólidos suspendidos.-** Son sólidos que pueden ser separados del agua por filtración.

**Sólidos sedimentables.-** Son sólidos en suspensión que sedimentan por efecto de la gravedad en condiciones de no agitación.

**Tanque de almacenamiento.-** Depósito artificial para almacenar grandes volúmenes de agua que posteriormente serán distribuidos al sistema hidráulico.