

12  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO DE NORMA TECNICA  
ECOLOGICA PARA LA INDUSTRIA DE  
LA CURTIDURIA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA QUIMICA  
P R E S E N T A

MIRIAM ARENAS SAENZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN  
MEXICO, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	PAGINA
<b>1. INTRODUCCION.</b>	<b>1</b>
1.1 - Objetivos	3
1.2 - Distribución geográfica del agua	4
1.3 - Usos del agua	16
1.4 - Balance hidraulico	21
1.5 - Identificación de las fuentes de control	28
<b>2. EVALUACION DE CONTAMINANTES DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.</b>	<b>34</b>
2.1 - Definición del problema	34
2.1.1 - Proceso general del curtido de pieles	35
2.1.2 - Proceso de curtido	37
2.1.2.1 - Curtido vegetal	38
2.1.2.2 - Curtido al cromo	40
2.1.2.2.1 - Recurtido ó pintado	42
2.1.2.2.2 - Secado	42
2.1.2.2.3 - Acabado	43
2.2 - Recopilación de resultados de laboratorio y caracterización de las aguas residuales de la industria de la curtiduría.	50
2.3 - Sistemas de tratamiento para remoción de contaminantes.	119
2.3.1 - Muestreo	119
2.3.1.1 - Muestreo de agua	119
2.3.1.2 - Muestreo de aire	123
2.3.1.2.1 - Análisis directo	123
2.3.1.2.2 - Análisis indirecto	123
2.3.2 - Posibles metodos de análisis	124
2.3.2.1 - Aceites y grasas emulsionados	124
2.3.2.2 - Alcalinidad	125
2.3.2.3 - Cromo	126
2.3.2.4 - Dureza	126
2.3.2.5 - Potencial de hidrógeno (pH)	127
2.3.2.6 - Sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos	127

	<b>PAGINA</b>
2.3.2.6.1 - Sólidos totales	128
2.3.2.6.2 - Sólidos disueltos	128
2.3.2.6.3 - Sólidos suspendidos	128
2.3.2.7 - Hierro total	128
2.3.2.8 - Cromatos	129
2.3.2.9 - Demanda Bioquímica de Oxígeno	129
2.3.2.10 - Demanda Química de Oxígeno	131
2.3.2.11 - Nitrógeno Orgánico	131
2.3.2.12 - Sustancias químicas utilizadas generalmente en el proceso de curtido	136
2.3.3 - Tipos de tratamiento	137
2.3.3.1 - Tratamiento primario	137
2.3.3.2 - Tratamiento secundario	138
2.3.3.2.1 - Clasificación de equipos	138
2.3.3.2.1.1 - Lagunas de oxidación	138
2.3.3.2.1.2 - Filtros percoladores	138
2.3.3.2.1.3 - Tratamiento con lodos activados	138
2.3.3.3 - Tratamiento terciario	139
2.3.3.3.1 - Procesos físicos	139
2.3.3.3.2 - Equipos utilizados	139
2.3.3.3.2.1 - Clarifloculadores	139
2.3.3.3.2.2 - Filtros	139
2.3.3.3.2.3 - Torres de arrastre con aire y absorción	139
2.3.4 - Contaminación atmosférica	145
2.4 - Matriz comparativa de normalización entre Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea y México	149
<b>3. ALTERNATIVAS DE SOLUCION A LA PROBLEMATICA.</b>	<b>159</b>
3.1 - Alternativas técnicas	159
3.1.1 - Acciones conjuntas	163
3.2 - Alternativas financieras	166
3.3 - Alternativas legales	180
<b>4. ANTEPROYECTO DE NORMA TECNICA ECOLOGICA PARA LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.</b>	<b>182</b>
<b>5. CONCLUSIONES.</b>	<b>189</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>191</b>
<b>7. LISTA DE FIGURAS, CUADROS, TABLAS Y GRAFICAS</b>	<b>194</b>

## 1. INTRODUCCION

En los foros internacionales se escucha "La economía y la ecología no se contraponen". Sin embargo cuando se trata de considerar las nuevas cargas contaminantes y las oportunidades competitivas de un proceso siempre surgen conflictos.

Se considera que los problemas actuales del mundo están relacionados con el envenenamiento del planeta, la pobreza, la explosión demográfica, la concentración de la población en los centros urbanos, la división de países. La curtiduría como la industria en general es afectada por todo lo anterior.

La curtiduría en la industria mexicana tiene un papel sumamente importante, debido al número de establecimientos industriales que existen además de su vinculación con el mercado interno y a la capacidad exportadora de este ramo industrial.

Por lo cual surge la necesidad de establecer normas ecológicas para proteger el medio ambiente sin descuidar el desarrollo industrial.

Este trabajo presenta un anteproyecto de norma técnica ecológica para la industria de la curtiduría tomando en cuenta las diferentes situaciones que envuelven a esta industria. Es así como se parte de explicar cual es la situación en que se encuentra el país con respecto al abastecimiento de agua en general, considerando su distribución geográfica, usos, identificación de fuentes contaminantes, etc..

Continúa con la evaluación de contaminantes de la industria de la curtiduría. Definiendo el problema y caracterizando las aguas de desecho con base en resultados de laboratorio. Posteriormente se plantean algunos sistemas de tratamiento para remoción de contaminantes.

Después se muestra una matriz comparativa, entre México, Estados Unidos y algunos países pertenecientes a la Comunidad Económica Europea, con valores de los diferentes parámetros que caracterizan a las aguas provenientes de la industria curtidora.

De acuerdo a todo lo anterior se plantean posibles soluciones, siendo estas de tres tipos.

- técnicas
- financieras
- legales

En el capítulo 4o., finalmente se plantea el anteproyecto de norma técnica ecológica.

Llegando a este punto es necesario hacer la siguiente aclaración, el 10. de julio de 1992 el gobierno federal publicó la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. La cual restringe las acciones normativas de las dependencias de la Administración Pública Federal de acuerdo con sus respectivas funciones, en la elaboración de normas técnicas, criterios, lineamientos, circulares, etc.. Quedando limitadas sus facultades normativas exclusivamente a la emisión de normas oficiales mexicanas. Por lo cual el anteproyecto de norma técnica ecológica propuesto tendrá que tomar los lineamientos establecidos en dicha Ley.

### 1.1 OBJETIVOS.

- Elaborar un anteproyecto de Norma Técnica Ecológica que sirva como base en la regulación de la industria de la curtiduría, considerando las condiciones sociales, técnicas, políticas, económicas y estructurales.

- Comparar los parámetros y valores establecidos en otros países como Estados Unidos y algunos países pertenecientes a la Comunidad Económica Europea (como Francia, Alemania, Suiza)

## 1.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL AGUA

México enfrenta actualmente grandes problemas, entre los que destacan la disminución acelerada de la disponibilidad de agua, en las zonas mas pobladas y la creciente contaminación de los cuerpos de agua susceptibles de servir como fuentes de abastecimiento, ya que nuestro país no se ha podido sustraer de las consecuencias de un desarrollo acelerado que ha propiciado un aumento en la extracción y consumo de agua.

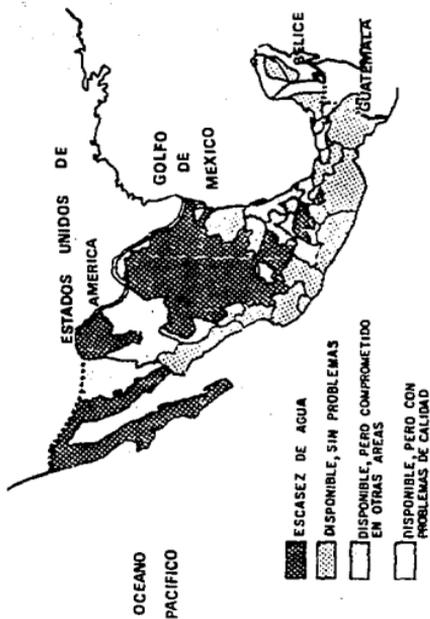
Que se traduce consecuentemente en una mayor generación de aguas residuales, ya que al ser descargadas sin tratamiento en los cuerpos receptores perjudican sus usos legítimos y disminuyen su potencial y aprovechamiento, por lo que posiblemente en el futuro cercano se presentaran déficits críticos en algunas regiones lo que plantea un serio desafío para las autoridades a cargo de la administración, distribución y disposición de las aguas residuales.

La República Mexicana cuenta con suficientes volúmenes de agua, como para satisfacer las demandas de abastecimiento de todos los sectores, sin embargo, su distribución geográfica es completamente adversa para casi la mitad del territorio nacional. El país se encuentra dividido en 320 cuencas hidrológicas, con un escurrimiento medio anual de aproximadamente 410,000 millones de metros cúbicos en promedio, cifra que representa prácticamente el total disponible como recurso renovable<sup>1</sup>.

Se observa que en el norte solo se tiene un escurrimiento de 12,000 millones de metros cúbicos que representan el 3% del total en un área equivalente al 30% del país, mientras que se tienen 205,000 millones de metros cúbicos en el sureste que representan el 50% de la disponibilidad total en un área no mayor al 20% del territorio<sup>2</sup> Fig.1

La mayor disponibilidad de agua se encuentra por debajo de los 500 m. S.N.M. Y al sur de los paralelos de 28 grados y 24 grados en las fajas costeras del Pacífico y Golfo de México. Las mayores necesidades se presentan arriba de esta altitud y al norte de los paralelos antes mencionados<sup>2</sup>.

FIGURA No.1  
 DISPONIBILIDAD REGIONAL DE AGUA EN  
 LA REPUBLICA MEXICANA



FUENTE: PLAN NACIONAL HIDR: ULICCI 1981

Comparando las zonas de disponibilidad del recurso con las de asentamientos humanos e industriales existen situaciones contrastantes, tales como que mas del 85% del agua del país se encuentra en la zona baja, abajo de la cota 500, mientras que mas del 70% de la población y 80% de la planta industrial se localizan en la zona alta arriba de 500'. En la zona alta como consecuencia existen problemas de disponibilidad de agua y contaminación de algunos ríos.

En la mayor parte del país, los gastos se concentran en 3 o 4 meses del año en las temporadas de verano y otoño según estimaciones del plan hidráulico (1981) pueden esperarse para un período de 20 años, variaciones que van en el caso de escurrimientos mínimos del 90% de valor medio en las cuencas cerradas a 3% del valor medio reportado en regiones como Baja California y Valle de México, esta misma variación de gastos se presenta para los escurrimientos máximos con valores de 110% en la región del Papaloapan hasta el 450 del valor medio en la región noroeste<sup>2</sup>.

Actualmente no se tiene una evaluación definitiva de la disponibilidad de agua subterránea. Los estudios geohidrológicos detallados cubren aproximadamente 25% de la superficie del país y se cuenta, con algunas evaluaciones regionales. Tomando en cuenta la información existente se puede decir, que el volumen de agua subterránea renovable es de aproximadamente 31,000 millones de metros cúbicos anuales, que corresponde a la estimación de la recarga anual de los acuíferos la cuenca hidrológica se ha escogido como la unidad de planeación mas adecuada, en ella se consideran todos los efectos de cualquier acción para mejorar su aprovechamiento<sup>2</sup>.

Por el análisis regional se divide el país en 14 regiones tomando como base la división por cuencas hidrológicas de modo que cada región se constituye por la cuenca de un río importante o por varias cuencas homogéneas de importancia secundaria.

Las regiones en las que se dividió el país de acuerdo a las actividades económicas y obras construidas son:

Pacífico norte y centro  
Norte  
Centro  
Golfo sureste

La zona Pacifico norte y centro cuenta con diversidad de problemas, desde una gran escasez donde la desalación de agua de mar es una acción que proporciona volúmenes relativamente importantes, hasta lugares donde el agua es abundante como en la costa de Jalisco, sur de Sinaloa y en los estados de Colima y Nayarit; la acción mas importante que se prevé para esta zona, es transferir el agua del norte del estado de Nayarit y el sur de Sinaloa al norte del estado de Sinaloa y sur del estado de Sonora. Este proyecto se contempla realizar en lo que queda del siglo y ya se encuentran en operación algunas transferencias y en construcción otras obras.

En la zona Norte la característica es la escasez del agua para todos los sectores y la acción mas importante es reglamentar los aprovechamientos actuales y evitar que los nuevos aprovechamientos no lesionen a los actuales usuarios; por ello es necesario formular políticas de operación que permitan evaluar y atenuar los conflictos que existen.

En la zona Centro la problemática más importante es el abastecimiento de los centros urbanos e industriales, para ellos han definido las acciones necesarias para resolver el abastecimiento de las Ciudades de México y Guadalajara, además de seguir actualizando esta información, así como las cuencas del río Lerma y Balsas. Las zonas en donde la calidad del agua está muy degradada, son las áreas donde se realizan las descargas del Valle de México y algunos tramos del río Lerma.

El problema principal en la zona Golfo y sureste son los daños causados por las inundaciones, pero a la vez en esta parte del país se cuenta con los mayores volúmenes del recurso hidrológico y con la mayor extensión de los suelos aptos para la agricultura. Fig, 2

#### Región I: Baja California.

Esa región comprende la Península de Baja California, en donde se ubica la porción mexicana de los ríos Colorado y Tijuana, siendo estos los mas importantes, así como las cuencas de los ríos Guadalupe, San Carlos, Santo Domingo, El Cajoncito, El Carrizal, San Jacinto y San José del Cabo. Abarca los estados de Baja California Norte y Baja California Sur.

## Región II. Noreste.

Se localiza en la parte noreste del país, abarcando completamente el estado de Sonora y parte de los estados de Sinaloa, Chihuahua y Durango en una área de 281,130 km cuadrados. Colinda al norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al sur con la cuenca del río Cañas que los separa de la región pacífico centro, al este limita con la Sierra Madre Occidental que a su vez es división con la zona norte y al oeste con el Golfo de California y el Océano Pacífico<sup>1</sup>.

## Región III. Pacífico Centro.

La región Pacífico cubre un área de 95,365 km cuadrados y ocupa la parte sur del estado de Sinaloa, completamente los estados de Nayarit y Colima y parcialmente los estados de Durango, Zacatecas y Jalisco. Esta limita al norte por la región cuencas cerradas del norte de la zona norte y por la región noroeste de la zona Pacífico norte y centro; al oriente por las cuencas de los ríos Santiago y Balsas de la zona centro y el sur y occidente por el Océano Pacífico<sup>2</sup>.

## Región IV. Balsas.

La cuenca del río Balsas se encuentra localizada entre los paralelos 17 grados 13 minutos y 20 grados 4 minutos norte y entre los meridianos oeste 97 grados 25 minutos y 103 grados 20 minutos. Colinda al norte con la cordillera volcánica, al oriente con la Sierra Mixteca, al sur con la Sierra Madre del Sur y al poniente con una cadena de cerros que une la Sierra Madre del Sur con la cordillera volcánica. El área total de la cuenca es de 112,320 km cuadrados valor que representa aproximadamente el 6% del área total de la República y que comprende parte de las entidades federativas de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, México, Michoacán, Guerrero, Jalisco, D.F. Y Morelos<sup>3</sup>.

## Región V. Pacífico Sur - Istmo.

Comprende las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Verde y las de los localizados en la costa de Oaxaca y Chiapas hasta el límite con Guatemala.

La superficie de esta región es de 95,946 km cuadrados pertenecientes a los estados de Oaxaca, Veracruz y Chiapas<sup>4</sup>.

Los centros urbanos más importantes son las ciudades de Oaxaca, Juchitan, Salina Cruz, Coatzacoalcos, Minatitlan y Tapachula que son considerados como prioritarios en el desarrollo urbano e industrial.

#### Región VI. Bravo

Esta región comprende la porción mexicana de la cuenca del río Bravo, las cuencas cerradas de Chihuahua y las cuencas de los ríos San Fernando y Soto la Marina. Ocupa parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y una pequeña porción del estado de Durango.

#### Región VII. Golfo norte

Comprende desde el río Soto la Marina al norte, hasta el río Mizantla al sur. La principal cuenca de la región es la del río Panuco, a pesar de que no se considera la subcuenca del río Tula, afluente de este río y que se ha integrado a la zona centro.

#### Región VIII: Cuenca del río Papaloapan

La región se localiza en la vertiente del Golfo de México, aproximadamente en la parte media del arco que forma el litoral mexicano; colinda al norte con las cuencas cerradas de Oriental, Libres y El Seco, al sur con la del río Atoyac de Oaxaca y Tehuantepec, al este con la del río Coatzacoalcos y al oeste con la cuenca del río Balsas.

Esta región incluye las cuencas de los ríos Papaloapan Blanco, Jamapa, Cotaxtla, Antigua y Actopan; tiene una extensión de 65,722 km cuadrados<sup>1</sup>.

#### Región IX. Grijalva-Usumacinta

Comprende las porciones mexicanas de las cuencas de los ríos Grijalva-Usumacinta además de pequeñas cuencas cerradas que se localizan en el estado de Chiapas. Esta región tiene una extensión de 91,995 km cuadrados<sup>1</sup>.

#### Región X. Península de Yucatán

La región comprende toda la península de Yucatán, formada por las entidades federativas de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

La superficie de la región es de 143,00 km cuadrados. Y se encuentra limitada al norte y occidente por el Golfo de México, al oriente por el mar Caribe, al sur limita con Guatemala y en la parte suroeste por la región Grijalva - Usumacinta<sup>1</sup>.

Las ciudades prioritarias en el desarrollo socioeconómico de la región son: ciudad del Carmen, Chetumal, Cancun, Merida y Campeche.

#### Región XI. Cuencas Cerradas del Norte

La región cuencas cerradas del norte comprende la zona conocida con el nombre de Valle de Guadiana, la región del Salado y las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval. Tiene una extensión total de 214,861 km cuadrados. Y abarca parte de los estados de Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí<sup>1</sup>.

#### Región XII. Lerma

La región Lerma esta localizada en la parte central del país, entre los paralelos 19°00" y 23°05" de latitud norte y entre los meridianos 99°15" al oeste de Greenwich. Su extensión territorial es de 91,652 km cuadrados, la cual representa el 66% de la región hidrológica XII y abarca desde los orígenes del río Lerma hasta la presa Santa Rosa, ubicada en el río Santiago y las cuencas cerradas de Pátzcuaro, Yuriria, Cuitzeo y Huejotitlan - Sayula. La región comprende parcialmente los estados de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes y Zacatecas<sup>1</sup>.

El colector general de la región es el río Lerma con un recorrido de 708 km. Desde sus orígenes hasta su desembocadura en el lago de Chapala, el cual se continua hasta la presa Santa Rosa. Los afluentes mas importantes son los ríos de la Gavia, Jaltepec, de la Laja, Guanajuato-Silao, Turbio, Angulo, Duero, Zula, Verde y Juchipila, así como el río Grande de Morelia y el Querendaro, ubicado en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo. Los cuerpos de agua natural más importantes de esta zona, además del lago de Chapala, son los de Patzcuaro, Yuriria, Cuitzeo, Cajititlan, San Marcos y Sayula<sup>1</sup>.

### Región XIII. Valle de México

Esta región está ubicada en la parte central de la República Mexicana, entre las latitudes norte 18°55' y 20°45' y las longitudes 97°10' y 100°15' al oeste del meridiano de Greenwich. Está constituida fundamentalmente por la cuenca hidrológica del Valle de México, la cuenca de los ríos Tula y San Juan, y la cuenca cerrada de Libres-Oriental. Las dos primeras se encuentran unidas físicamente y están separadas de la tercera por una porción de la cuenca del río Atoyac-Zahuapan. Las entidades federativas que contribuyen en forma parcial a la formación de esta región son el Distrito Federal y los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, y Veracruz, con una área de 27,525 km cuadrados, la cual representa apenas el 1% del área total de la República<sup>1</sup>.

Las principales corrientes o conductos comprendidas dentro de la región son: en la cuenca del Valle de México, el gran canal de desagüe, el interceptor-emisor del poniente, el emisor central, el río de la compañía y el de las avenidas de Pachuca; y en la cuenca del río Tula, el río del mismo nombre, y el San Juan. Los principales cuerpos de agua son: Lago de Texcoco, Laguna de Zumpango, presa Guadalupe, presa Endo, Presa Requena, y las lagunas de Apan, Tochac, Tecocomulco y el Carmen.

### Región XIV. Costa Centro

La región costa centro se encuentra localizada entre las latitudes 15°40' y 20°00' norte y las longitudes 97°04' y 103°45' al oeste de Greenwich. Esta limitada al noreste con la cuenca del río Balsas; al sureste con el Océano Pacífico; al noreste con la cuenca del río Aremeria y al sureste con la cuenca del río Verde. La región consiste en una franja que corre paralela a la costa del Océano Pacífico abarcando una área total de 48,700 km cuadrados, en las que se encuentran comprendidas fracciones de los estados de Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero y Oaxaca<sup>1</sup>.

Dentro de sus corrientes principales esta el río Coahuayana con un desarrollo de 180 km. Y una cuenca drenada de 7155 km cuadrados siendo sus principales afluentes los ríos Tuxpan y Ahujillo; asimismo destaca como corriente importante en la región del río Papayo, con una longitud de 195 km<sup>2</sup>.

FIGURA No. 2

ZONAS EN LAS QUE SE DIVIDIO MEXICO DE ACUERDO A  
LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS Y OBRAS  
CONSTRUIDAS



FIGURA No.3

DIVISION POR REGIONES DE ACUERDO A LA LOCALIZACION  
DE RIOS Y CANTOS ACUIFEROS DE LA REPUBLICA MEXICANA



FUENTES: PLAN NACIONAL HIDRAULICO 1981

Y área drenada de 7,650 km cuadrados, siendo sus principales afluentes los ríos Alto Papagayo y Omitlán; finalmente se considera de importancia el río Ometepec con una longitud de cauce de 225 kms. Y área drenada de 6,900 km<sup>2</sup>. Cuyos afluentes principales son los ríos Quetzala, Santa Catarina y Cortijos<sup>1</sup>.

Los datos de disponibilidad de aguas superficial y subterránea por región se presenta en el Cuadro. 1, en el cual puede observarse que la distribución espacial de agua subterránea es muy variable, depende de las formaciones acuíferas que en general pueden localizarse en las cuencas terciarias en la parte central del país, en aluviones recientes en las zonas costeras; en calizas en el noreste, en la península de Yucatán y en los altos de Chiapas.

CUADRO No.1

DISPONIBILIDAD DE AGUA

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL

(MILLONES DE METROS CUBICOS)

REGION	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	RECARGA DE ACUIFEROS	SUMA
BAJA CALIFORNIA	278	1179	1457
NOROESTE	24922	2519	27441
PACIFICO CENTRO	30277	851	31129
BALSAS	31677	1765	33452
PACIFICO SUR ISTMO	64785	258	65043
BRAVO	7600	2800	10400
GOLFO NORTE	40708	62	40770
PAPALOAPAN	60576	606	61182
GRIJALVA	83883	292	84175
PENINSULA DE YUCATAN	29199	1300	42119
CUENCAS CERRADAS	3944	1728	5672
LERMA	6445	3994	9624
VALLE DE MEXICO	1853	2519	4372
COSTA CENTRO	24105	162	24267
TOTAL	410162	30941	441103

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

Por lo que se refiere a la precipitación pluvial, ésta es en promedio de 780 mm, lo equivalente a un volumen de 9.53 Billones de metros cúbicos que desafortunadamente también están distribuidos de una manera desigual y sujeta a fuertes variaciones. La zona norte tiene precipitaciones medias anuales inferiores de los 500 mm, y en el sureste pueden llegar a ser superiores a los 2000 mm<sup>2</sup>.

Para fines de estudio se dividirá la disponibilidad de agua en cuatro rangos; de 0 a 99 mm. Anuales en las regiones de Baja California, Noreste, Bravo y Cuencas Cerradas; de 100 a 299 mm. En el centro y en la península de Yucatán. De 300 a 500 mm en las regiones pacifico centro, costa centro y Golfo Norte, y la mayor disponibilidad de agua con valores mayores a 500 mm anuales en las regiones de Papaloapan, Pacifico Sur-Itsmo, Grijalva y Usumacinta<sup>1</sup>.

De acuerdo con la distribución de las precipitaciones pluviales, 31% del territorio es desértico-árido, 36% es semiárido y 33% es subhúmedo y húmedo<sup>2</sup>.

Debido a la situación geográfica del país, existen fuertes variaciones mensuales especialmente en el sureste del país debido a fenómenos meteorológicos que en ocasiones provocan fuertes lluvias, entre los que sobresalen los ciclones tropicales y en la parte norte los ciclones extratropicales y abatimientos notables de temperatura que ocasionan precipitaciones torrenciales e incluso inundaciones muy considerables. Por otro lado se tienen otros fenómenos climatológicos que producen sequías.

En México se cuenta con almacenamientos naturales en forma de lagos que equivalen a 14,000 millones de metros cúbicos y otros almacenamientos en forma de presas cuya capacidad total es de 125,000 millones de metros cúbicos que significa aproximadamente el 30 % del escurrimiento promedio anual<sup>2</sup>.  
Observar el siguiente cuadro.

**CUADRO No.2**

**CAPACIDAD EN ALMACENAMIENTO Y USO DE LAS PRESAS EN  
OPERACION Y CONSTRUCCION**

USO	A Ñ O					
	1950 (1)	% (2)	1960 (1)	% (2)	1980 (1)	% (2)
RIEGO	11600	67				
RIEGO	11600	67	23900	57	40500	33
GENERACION DE ENERGIA	2000	12	6000	17	46500	37
CONTROL DE AVENIDAS	1600	9	8400	20	18500	15
CAPACIDAD MUERTA	2000	12	2700	6	18200	15
<b>TOTAL</b>	<b>17200</b>	<b>100</b>	<b>41600</b>	<b>100</b>	<b>124700</b>	<b>100</b>

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

(1) EN MILLONES DE METROS CUBICOS

(2) EN PORCIENTO

### 1.3 USOS DEL AGUA

Desde la más remota antigüedad, el agua fue la base de la implantación y evolución de los primeros núcleos de población, siendo hasta la época actual, el motor que impulsa al desarrollo y crecimiento económico; razón por la cual, a diferencia de otros recursos, no tiene sustituto en las diferentes actividades urbanas, agropecuarias e industriales. Su relevante importancia ha creado la necesidad de construir sistemas de captación, conducción, almacenaje y distribución para su mejor aprovechamiento, teniendo como complemento indispensable obras de protección contra inundaciones, encauzamiento de corrientes, drenaje y desague.

El agua, como factor de sustento de vida e integrante de la producción, es en rigor un factor económico, por lo que su utilización y aprovechamiento debe ser regido por criterios ecológicos y económicos principalmente.

FIGURA No.4

PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE LA REPUBLICA MEXICANA



18

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO 1981

En base al desarrollo socio-económico que se está realizando en el país, las demandas de agua más importantes, que se van a ir incrementando corresponden a las actividades agropecuarias, industriales, de generación de energía eléctrica, urbanas y protección de flora y fauna.

El estudio de los usos del agua es sumamente complejo e implica estudios de demanda de agua, de distribución, de disponibilidad, de calidad, de recirculación, etc., Aspectos ligados a otros factores relacionados con los usuarios, con el medio ambiente, y con la situación institucional administrativa y legislativa del país.

Entre los usos a que está destinado el recurso hidráulico son:

- A) Doméstico
- B) Agrícola
- C) Energético
- D) Industrial
- A) Conservación y desarrollo de fauna y flora
- F) Recreación y navegación

Cada uno de estos usos responde a variables y características de comportamiento muy especiales por lo que para balance de necesidades y disponibilidad de agua se analizan separadamente a continuación.

#### Uso doméstico

Este, de acuerdo con la legislación actual, tiene preferencia sobre las otras clases de usos y su abastecimiento va de acuerdo a la importancia política, económica y grado de desarrollo de la población. En las poblaciones rurales menores de 5,000 habitantes, la dotación de agua es la necesaria para satisfacer las necesidades primarias de la población; en tanto en las grandes urbes, la dotación es para satisfacer plenamente las necesidades de los habitantes, incluyendo usos públicos, domésticos industriales y comerciales; comprendiendo los sistemas de abastecimiento<sup>4</sup>.

La dotación varía de acuerdo al lugar y a la disponibilidad del agua; existen localidades rurales situadas en las zonas áridas del norte, en donde la dotación de agua llega a ser de 10 litros por habitante por día, mientras que en otros lugares es mayor<sup>1</sup>.

#### Uso agrícola

En el país, debido a la diversidad de climas, el riego se torna indispensable. El 36% del área es árida o semiarida y sin riego no hay aprovechamiento agrícola; el 33% es semiarida, en las que solamente es posible desarrollar el cultivo de temporal durante la estación de lluvias; el 5% de la superficie es semihúmeda, en la que prácticamente es posible obtener cosechas sin dificultad todo el año<sup>1</sup>.

#### Uso energético

Aproximadamente el 20% de la energía hidroeléctrica se genera en las plantas instaladas en presas destinadas a diversos propósitos principalmente uso agrícola<sup>2</sup>.

#### Uso industrial

La cantidad de agua utilizada en la mayor parte de las industrias primarias y secundarias es considerable en procesos de elaboración, transformación y en algunos casos para enfriamiento. Dependiendo del tipo de industria, es la demanda; resulta muy difícil precisar la cantidad de agua requerida para producir un determinado artículo, pero de acuerdo a la información existente, se requiere un metro cúbico para obtener cualquiera de las siguientes cantidades: 30 kg. de acero, 70 kg. de pulpa de madera, 12 kg. de hule sintético, 50 litros de gasolina, 29 kg de productos petroquímicos, 18 litros de cloro, 4 kg. de tela; esto, da una idea del volumen requerido para tratar de satisfacer nuestras necesidades<sup>1</sup>.

Se estima que en 1984 se ocupó un volumen anual de 4,600 millones de metros cúbicos. Los consumos para 1990 y 2000 de acuerdo a la información existente, fueron obtenidos en forma aproximada por medio de proyecciones del crecimiento de la demanda de productos y el volumen requerido son: 9,500 y 22,700 millones de metros cúbicos respectivamente<sup>2</sup>.

Conservación y desarrollo de flora y fauna acuáticas en los litorales de la República Mexicana existe una gama de esteros y lagunas que presentan las condiciones ecológicas mas favorables, como criaderos naturales para el desarrollo del camarón, ostión y otras valiosas especies. Los vasos deberán tener la suficiente profundidad, aun en los periodos de estiaje, a fin de mantener las condiciones propicias para el desarrollo biológico de la fauna acuática a lo largo del año.

#### Recreación y navegación

En algunos ríos como Usumacinta, Grijalva, Tonala, etc. La navegación ha sido importante, pero además se tiene la idea de mantener su redimen, puede en un futuro llegar a ser un medio de transporte conveniente y económico para las grandes zonas productivas de México.

En cuanto a la recreación, se puede decir que se ha venido desarrollando simultáneamente con las grandes civilizaciones, tomando un papel muy importante dentro de la actividad económica, pues la exuberancia de litorales, ríos y lagunas, ha sido aprovechada para construir obras de recreación que fomentan el turismo, tanto nacional como internacional.

#### 1.4 BALANCE HIDRAULICO

El balance hidráulico del país, es el resultado de compararlas diferentes disponibilidades y demandas, por región, en los años de 1980, y 2000 de acuerdo a los siguientes cuadros:

CUADRO No.3

BALANCE HIDRAULICO (MILLONES DE METROS CUBICOS)

REGION	*	1980 DEM.DISP.	1990 DEM.DISP.	2000 DEM.DISP		
BAJA CALIFORNIA	-2192	2.5	-1983	2.36	-1761	2.20
NOROESTE PACIFICO	12809	0.53	9220	0.66	5935	0.78
CENTRO BALSAS	28474	0.085	24974	0.19	22245	0.28
PACIFICO SUR	28961	0.13	26031	0.22	24741	0.26
ITSMO	62971	0.03	59319	0.09	53833	0.17
BRavo	2067	0.80	216	0.98	-1671	1.16
GOLFO NORTE	39364	0.03	34292	0.16	27045	0.34
PAPALOAPAN	58614	0.04	55621	0.09	52183	0.15
GRIJALVA	88736	0.005	81596	0.03	80328	0.05
PENINSULA DE YUCATAN	416030	0.01	40815	0.03	40214	0.05
CUENCAS CERRADAS	2805	0.51	2179	0.62	1624	0.71
LERMA VALLE	3982	0.59	2086	0.78	1005	0.89
DE MEXICO	-1236	1.28	-2533	1.58	-4226	1.97
COSTA CENTRO	23206	0.04	22155	0.09	20673	0.15
TOTAL	385164	0.13	353988	0.20	322169	0.27

\* COCIENTE ENTRE LA DEMANDA Y LA DISPONIBILIDAD.

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

CUADRO No. 4

DEMANDA DE AGUA, AÑO 1990  
DEMANDA POR USO EN % DEL TOTAL REGIONAL

REGION	AGUA POTABLE	INDUSTRIA	RIEGO	GANAD. Y ACUACULTURA		MMCUBICOS
BAJA CALIFORNIA	7	1	92	0	100	3,440
NOROESTE PACIFICO	2	2	91	5	100	18,221
CENTRO BALSAS	2	11	83	4	100	6,155
PACIFICO	5	8	87	0	100	7,421
SUR-ITSMO	3	36	61	0	100	5,724
BRAVO	9	6	82	3	100	10,184
GOLFO	5	17	77	1	100	6,478
NORTE PAPALOAPAN	3	39	57	1	100	5,561
GRIJALVA-	6	12	82	0	100	2,579
USUMACINTA	8	6	85	1	100	1,304
PENINSULA DE YUCATAN	6	6	88	0	100	3,493
CUENCAS CERRADAS DEL NORTE	9	8	80	3	100	7,538
LERMA VALLE	34	8	58	0	100	6,905
DE MEXICO	7	2	88	3	100	2,112
COSTA CENTRO						
TOTAL						8,715

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

CUADRO No. 5

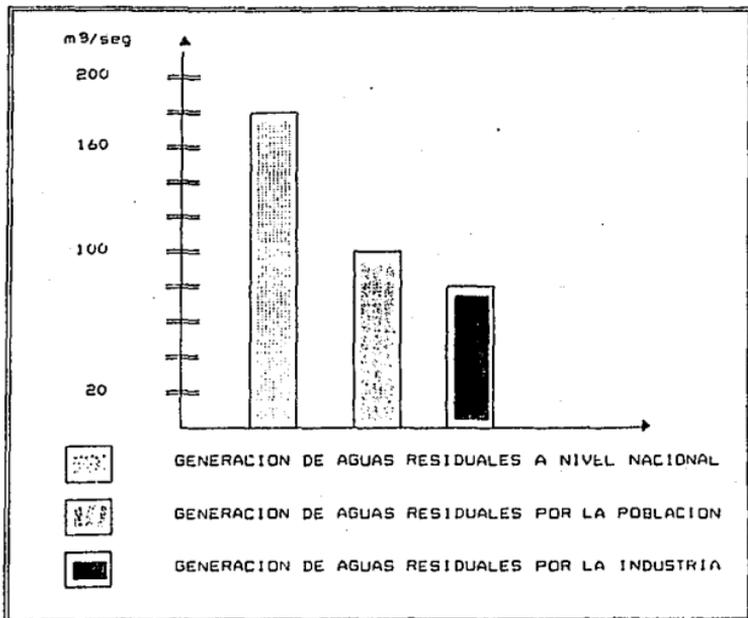
DEMANDA DE AGUA AÑO 2000  
DEMANDA POR USO REGION EN % DEL TOTAL REGIONAL

REGION	AGUA POTABLE	INDUSTRIA	RIEGO	GANAD. Y ACUA-CULTURA	VOLUMEN MM. CUBICOS
BAJA CALIFORNIA	12	2	86	0	3,215
NOROESTE PACIFICO	2	4	89	5	21,505
CENTRO PACIFICO	3	12	82	3	8,884
BALSAS PACIFICO	15	13	82	0	8,711
SUR ISTMO BRAVO	2	30	67	1	11,210
GOLFO NORTE	10	18	79	3	12,071
PAPALOAPAN	4	13	83	0	13,725
GRIJALVA	3	40	57	0	8,999
USUMACINTA	6	13	81	0	3,847
PENINSULA DE YUCATAN	8	6	85	1	1,905
CUENCAS CERRADAS DEL NORTE	8	7	85	0	4,048
LERMA	13	11	73	3	8,619
VALLE DE MEXICO	35	9	56	0	8,598
COSTA CENTRO	6	1	90	3	3,594
TOTAL					11,934

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO 1981

FIGURA No. 5

GENERACION DE AGUAS RESIDUALES EN MEXICO



FUENTE : PLAN NACIONAL HIDRAULICO 1981

De acuerdo a la información de los cuadros se observa que el balance hidráulico obtenido para el año 1980, se aprecia que las regiones de Baja California y Valle de México presentan déficits de agua, en varios miles de metros cúbicos, ya que su demanda es mucho mayor a la disponibilidad; en el primer caso, este recurso es de por sí escaso, y en el segundo, la gran actividad urbano-industrial del país que se desarrolla en este sitio, provoca una gran demanda de agua<sup>1</sup>.

La región bravo se encontró en equilibrio, dado que su demanda de agua esta exactamente en un 80 % de su disponibilidad. En el resto de las regiones se observó un superávit del recurso<sup>1</sup>.

En el balance hidráulico estimado para el año de 1990, se concluye que es muy semejante a la década anterior, salvo que la región Lerma, paso de la condición de superávit a la condición de equilibrio<sup>2</sup>.

Para el año 2000, se agudizan los déficits de las dos décadas anteriores, y se agrega la región bravo, que paso de la condición de equilibrio a la condición de déficit y la región noroeste que de la condición de superávit, paso a la condición de equilibrio<sup>2</sup>.

En los casos de déficits que se presentan en las regiones de Baja California y Valle de México, se han planteado las siguientes alternativas como viables:

- \* Rehuso de las aguas residuales
- \* Transferencia de cuencas o regiones con superávit de agua.

Para la región de Baja California se reciben, por acuerdos internacionales, 1,854 millones de metros cúbicos anuales del río Colorado. El Valle de México actualmente recibe 364 millones de metros cúbicos anuales de la región Lerma y en lo futuro se tienen planes para aprovechar agua de las regiones Balsas y golfo Norte<sup>2</sup>.

En las regiones que se presentan déficits de agua, el problema se hace latente en las principales ciudades como Tijuana y Ensenada; Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros en la región bravo, y la Ciudad de México en la región del Valle de México.

Existen problemas de agua en Guadalajara, Torreón y Nogales.

FIGURA No.8

IDENTIFICACION DE CONFLICTOS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LAS LOCALIDADES



- ▼ Con conflicto actual y futuro    ○ Con conflicto actual, pero con fuentes alternativas de abastecimiento ya existentes    ● Sin conflictos hasta el año 1960  
 ○ Con conflicto futuro    ◐ Sin estudios de aguas subterráneas, pero con estudios de éstas    ◑ Con conflictos actuales de causas del agua

1. Tijuana	26. Cuicatlan	48. León	71. Iguala
2. Mazatlán	28. Guaymas	49. Lago de Maracaibo	72. Uruapan
3. Ensenada	27. Los Mochis	50. Aguascalientes	73. Lázaro Cárdenas
4. San Luis Río Colorado	24. La Paz	51. Toluca	74. Colima
5. Nogales	29. Culiacán	52. Puerto Vallarta	75. Morelia
6. Cd. Juárez	30. Mexicali	53. Oaxaca	76. Ixtapalapa
7. Hermosillo	31. Durango	54. Zamora	77. Acapulco
8. Guaymas	32. Fresnillo	55. Tlaxiaco	78. Chilpancingo
9. Empalme	33. Zacatecas	56. Morelia	79. Toluca
10. Cd. Ocotlán	34. Matamoros	57. Zihuatlán	80. Oaxaca
11. Mexique	35. San Luis Potosí	58. Toluca	81. Coahuila de Zaragoza - Minatitlán
12. Cuernavaca	36. Cd. Victoria	59. México	82. Salina Cruz
13. Chihuahua	37. Cd. Mante	60. Cd. Sahagún	83. Juchitán
14. Dahuacán	38. Cd. Xilitla	61. Apizaco	84. Tuxtla Gutiérrez
15. Hidalgo del Parral	39. Tlaxiaco	62. Jajala	85. Coahuila
16. Piedras Negras	40. Pinar del Río	63. Veracruz	86. Villa Hermosa
17. Nra. Señora	41. Toluca	64. Córdoba	87. Campeche
18. Nra. Señora	42. Pachuca	65. Orizaba	88. Chetumal
19. Huanuque	43. San Juan del Río	66. Tlaxcala	89. Mérida
20. Matamoros	44. Querétaro	67. Puebla	90. Tuxtla - Cd. Madero
21. Reynosa	45. Celaya	68. Juchitán de Matamoros	91. Tapachula
22. Mariposa	46. Saltillo	69. Coahuila	92. Cancún
23. Saltillo	47. Querétaro	70. Cuernavaca	93. Ciudad del Carmen
24. Tuxtla Gutierrez - Lerón			

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1961

### 1.5 IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE CONTROL

El Gobierno Federal ha elaborado estudios para la evaluación mediante indicadores del grado de contaminación del agua en las cuencas del país, cuyo objetivo principal fue la determinación del orden de importancia de cada cuenca hidrológica con respecto a su nivel de contaminación a fin de prevenir y controlar la contaminación del agua en el país. Lo anterior debe llevar un proceso de actualización lo cual recapitula en análisis de los factores que inciden directamente en la calidad del agua, con objeto de detectar las antiguas y nuevas fuentes productoras de residuos contaminantes y sus características actuales físicas, económicas y sociales que la afectan.

Fuentes de contaminación.- En general en México como en muchos países del mundo, las principales fuentes de contaminación se han agrupado de acuerdo a su procedencia en tres sectores:

- Sector social
- Sector industrial
- Sector agropecuario

Sector social.-Correspondiente a las cargas de origen doméstico y público que constituyen las aguas residuales municipales .

Sector agropecuario.- Representada por los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así, como por las aguas de retorno de los campos agrícolas.

Sector industrial.- Representado por las descargas originadas por el desarrollo de actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo y satisfactores para la población.

**CUADRONo. 6****EXTRACCION Y DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES POR POBLACION E INDUSTRIAS EN MEXICO**

	EXTRACCION (M3/SEG)		DESCARGA (M3/SEG)			
	POBLACION	INDUSTRIA	TOTAL	POBLACION	INDUSTRIA	TOTAL
1980	126.6	84.4	211	94.9	71.7	166.6
1987	139.8	93.2	233	104.9	79.1	184
1990	146.4	97.6	244	109.8	82.9	192.7
2000	157.8	105.2	263	118.4	89.4	207.8

FUENTE : PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

**CUADRONo. 7****GRUPOS INDUSTRIALES QUE INCIDEN MAYORMENTE EN LA PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO.**

- GRUPO 13 - EXTRACCION Y BENEFICIO DE MINERALES METALICOS
- GRUPO 20 - FABRICACION DE ALIMENTOS
- GRUPO 21 - ELABORACION DE BEBIDAS
- GRUPO 23 - INDUSTRIA TEXTIL
- GRUPO 24 - FABRICACION DE PRENDAS DE VESTIR Y OTROS ARTICULOS CONFECCIONADOS CON TEXTILES Y OTROS MATERIALES, EXCEPTO CALZADO.
- GRUPO 25 - FABRICACION DE CALZADO E INDUSTRIAS DEL CUERO.
- GRUPO 26 - INDUSTRIA Y PRODUCTOS DE MADERA
- GRUPO 28 - INDUSTRIA DE PAPEL
- GRUPO 30 - INDUSTRIA QUIMICA
- GRUPO 31 - REFINACION DE PETROLEO Y DERIVADOS DEL CARBON MINERAL
- GRUPO 32 - FABRICACION DE PRODUCTOS DE HULE Y DE PLASTICO
- GRUPO 33 - FABRICACION DE PRODUCTOS DE MINERALES NO METALICOS: EXCEPTO DEL PETROLEO Y DEL CARBON

- GRUPO 34 - INDUSTRIA METALICA BASICA  
 GRUPO 35 - FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS  
 EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPO  
 GRUPO 37 - FABRICACION Y ENSAMBLE DE  
 MAQUINARIA, EQUIPOS, APARATOS,  
 ACCESORIOS Y ARTICULOS ELECTRONICOS  
 Y SUS PARTES  
 GRUPO 38 - CONSTRUCCION, RECONSTRUCCION  
 Y ENSAMBLE DE EQUIPO DE  
 TRANSPORTE Y SUS PARTES  
 GRUPO 39 - OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRULICO, 1981

CUADRO No. 8

PRINCIPALES GIROS INDUSTRIALES RESPONSABLES DE LAS  
 MAYORES DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES  
 EN MEXICO

INDUSTRIA	EXTRACCION % RELATIVA	CONSUMO % RELATIVA	DESCARGA % RELATIVA
AZUCARERA	35.2	38.8	21.0
QUIMICA	22.3	24.4	6.0
CELULOSA	21.7	16.1	8.2
Y PAPEL	8.2	3.7	2.4
PETROLEO	7.2	6.4	2.7
BEBIDAS	3.3	2.4	1.7
TEXTIL	2.6	5.5	0.7
SIDERURGICA	2.5	4.7	0.2
ELECTRICA	1.5	0.3	18.1
ALIMENTOS	0.2	14.1	
RESTO DE LOS SECTORES	0.17		

FUENTE: PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1981

## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA

No obstante que esta industria se encuentra diseminada prácticamente por todo el país desde el punto de vista de producción, los estados más importantes son: Distrito Federal con el 37.76 %, Guanajuato con el 16.2% y Nuevo León con el 7.63 %. Lo que representa el 85.6% De la producción nacional<sup>1</sup>.

La curtiduría ha demostrado un crecimiento continuo con una tasa aproximada de 20 industrias por año, lo que representa 200,000 mas pieles curtidas. Anualmente en la ciudad de León Guanajuato se concentra en forma notable esta actividad industrial reportándose 568 curtidurías existentes las que procesan más de 6 millones de pieles por año<sup>1</sup>.

Por tal motivo, es en esta región en donde se ha manifestado más severamente el impacto en el ambiente ocasionado por las descargas de aguas residuales.

En relación a la calidad del agua residual de León Guanajuato, ésta muestra la influencia de las descargas de la industria curtidora destacando la elevada Demanda Bioquímica de Oxígeno, así como la presencia de cromo y la elevada concentración de sales. Por otra parte, el factor de uso del agua oscila entre 60 y 107 l/kg de cuero superior a los 40 litros utilizados en otras partes del mundo<sup>1</sup>.

Como las aguas residuales se unen a las generales de la población y estas son destinadas a riego agrícola, se ha observado una notable disminución en los diferentes cultivos, clasificándose actualmente como suelos medianamente pobres debido principalmente a la salinidad.

CUADRO No. 9

CALIDAD PROMEDIO DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES  
GENERADAS EN LA CIUDAD DE LEON, GUANAJUATO

PARAMETROS	CONCENTRACION (mg/L)
SOLIDOS TOTALES	3021
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	1235
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	2470
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	576
SOLIDOS SEDIMENTABLES	13.8 ML/L
CROMO TOTAL	4.7
R A S	3
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	830
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	1500

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE  
GUANAJUATO.

REFERENCIAS.

Control de la contaminación del agua en México,  
Subsecretaría de Ecología, (SEDUE); Recopilación del primer  
seminario internacional sobre control de la contaminación de  
la Trinidad, Tlaxcala; 1988 16 - 30 p.

FIGURANo.7

LOCALIZACION DE LOS ESTADOS DE MAYOR IMPORTANCIA  
EN LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA EN LA  
REPUBLICA MEXICANA



FUENTE :

INEGI , ENCUESTA INDUSTRIAL 1988

## 2. EVALUACION DE CONTAMINANTES DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA

### 2.1 Definición del problema

La contaminación ambiental en general ha sido en la actualidad un tema sumamente importante. En el caso de la industria de la curtiduría dadas las características del proceso, se ha considerado como una industria que necesita, reconocer evaluar y recomendar las medidas necesarias para prevenir y controlar la contaminación que produce.

La historia del curtido de pieles en México se remonta a épocas prehispánicas, pues existieron indígenas que fabricaron pieles muy finas en las cuales se llegó a escribir.

En la época de la colonia se le consideró trabajo artesanal, dada la poca técnica utilizada.

Fué hasta el siglo XIX cuando esta actividad empezó a aumentar su producción y por lo tanto dejó de ser de autoconsumo para abrir un mercado. Los estados que iniciaron esta transformación son:

Michoacán, Oaxaca, Veracruz, el Estado de México, Distrito Federal, Jalisco, Guanajuato, siendo los dos últimos actualmente los mayores productores de pieles curtidas y también sedes de dos cámaras de las tres que existen en México (la otra está en el Distrito Federal y abarca el resto del país y Zona Metropolitana).

En este siglo se empezó a utilizar el método llamado curtido al cromo, inventado en Francia en 1884. Con el propósito de mejorar la calidad de las pieles, los curtidores fueron mejorando cada vez más sus procesos adoptando técnicas nuevas. Se considera que a partir de la revolución de 1910 en nuestro país hasta nuestros días, esta industria ha tratado de realizar sus procesos utilizando tecnología más avanzada y dejar de ser poco ha poco una industria basada en conocimientos empíricos.

Es necesario comentar que a pesar de esa transformación que se inició en el siglo XIX, actualmente la industria no ha alcanzado el nivel deseado en producción calidad y control de contaminantes; provocando con esto diversos problemas, en todas las áreas.

### 2.1.1 Proceso general del curtido de pieles

La justificación del curtido de una piel es el evitar la descomposición. Pues por ser de origen natural es afectada por los diferentes microorganismos, agentes naturales (lluvia, sol, etc.) y agentes artificiales.

En la industria se pueden encontrar tres tipos de proceso: los cuales están en función del tamaño de curtiduría, abastecimiento de materias primas y consumo<sup>1</sup>.

- A) Proceso de curtido con sustancias vegetales; obteniéndose como productos principalmente suelas, cinturones, alforjas, etc.
- B) Proceso y curtido al cromo; usado para obtener cueros destinados al vestido, calzado, artículos de marroquinería, etc. (Es el más utilizado en nuestro país).
- C) Proceso de curtido usando los nuevos materiales sintéticos. Obteniéndose cueros para diversos usos.

En todos los procesos el agua es un elemento indispensable.

Revisando su cantidad y calidad (composición química), primero por los diversos baños que se le dan a la piel y después por la calidad de piel que se desea obtener.

Esta industria desde la antigüedad inició con conocimientos empíricos. Actualmente se toman como base varios factores:

- El fácil abastecimiento de materias primas.
- El acceso al mercado dadas las condiciones económicas, sociales y naturales.

<sup>1</sup> Camara de la curtiduría diagnóstico del sector 1989, 1990 y 1988.

En general esta actividad industrial se puede considerar como varias industrias, cada una de las cuales dependerá, tanto de la materia prima como del producto que se quiere obtener; variará en ciertos puntos dando como resultado alguno de los tres métodos de curtido anteriormente mencionados.

El curtido de pieles principalmente está dedicado a productos como: carnazas, forros, suelas, etc.

De acuerdo a la cantidad como al tipo de piel se pueden clasificar de la siguiente manera:

**CUADRONo.1**

**RESUMEN DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS CON PIEL EN CADA UNO DE LOS ESTADOS.**

ESTADO	TIPO DE PIEL	PRODUCTOS	OBSERVACIONES
DISTRITO FEDERAL, GUANAJUATO Y JALISCO	PIELES DE BOVINOS Y CUEROS	ZAPATOS, BOLSAS, VESTIDOS, CINTURONES, CHAMARRAS, ETC.	EN ESTOS ESTADOS SE CONCENTRA LA MAYOR PRODUCCION NACIONAL.
VERACRUZ	BOVINO	SUELA	POR LA ABUNDANCIA DE AGUA Y CLIMA PROPICIO. A PESAR DE QUE LOS CENTROS DE CONSUMO SE ENCUENTRAN ALEJADOS.
MONTERREY N.L.	PIELES DE CABRA	VESTIDOS, BOLSAS, ZAPATOS.	SU PRODUCCION NO ES MUY GRANDE.
PUEBLA Y TOLUCA	DIVERSOS	DIVERSOS	ESTADOS CON PROBLEMAS TANTO DE MATERIA PRIMA COMO ACCESO AL MERCADO PERO CON PRODUCCION.

### 2.1.2 Proceso de curtido

Los cueros pueden llegar al proceso ya sea procedentes de la República Mexicana o importados de países como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Africa y otros países.

Estos cueros se revisan por los curtidores, llegando a su lugar de almacén con las características que lo certifican. Algunos pueden llegar preparados para esperar el momento del curtido o también es posible que lleguen frescos; en este caso deberán seguir un tratamiento, el cual consiste en extender la piel por el lado de la carne; remover la grasa contenida y cortar las partes no utilizables, esparcir sal común (cloruro de sodio, NaCl) a través de toda la piel. Obteniendo con esto la conservación del cuero para esperar el momento del curtimiento<sup>2</sup>.

#### Procedimiento de curtido

- El cuero se remoja y lava, obteniendo con esto la hidratación y remoción de materias extrañas las cuales pueden impedir en un determinado momento un buen producto.
- El paso siguiente se da en el departamento de cal, donde los cueros se colocan en los tambores con paletas para remojarlos y lavarlos con agua entre 10°C y 20°C agitando constantemente durante el día y reposando en la noche, cambiando el agua al día siguiente.
- La operación de depilado permite remover y quitar el pelo y la epidermis del cuero. En esta operación se obtiene la estructura y tipo de piel requerida.
- Los cueros en el baño se ponen en contacto con cal hidratada y sulfuro de sodio, en proporciones que destruyen el pelo de la piel, de este paso, al colocar una pasta en la piel y utilizando un proceso mecánico se puede recuperar el pelo para su venta.

La operación permite también saponificar parcialmente las grasas, suavizar el cuero modificando las fibras colágenas y cambiar las condiciones químicas para el curtido.

<sup>2</sup> Cámara nacional de la industria de la curtiduría del estado de Guanajuato.

### 2.1.2.1 Curtido Vegetal.

Este curtido utiliza taninos vegetales (son curtientes de origen vegetal como el cascalote). Obteniendo actualmente al utilizar este tanino suela para la industria del calzado.

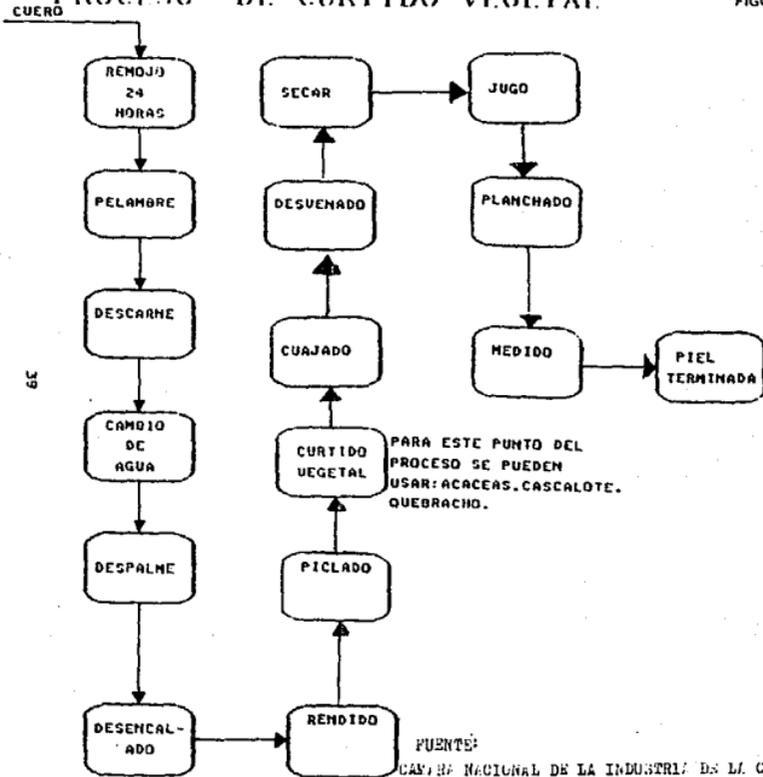
Los pasos de este curtido son semejantes al de cromo cambiando el tiempo y formulación, de acuerdo al siguiente orden:

- El cuero listo para su curtido se cuelga en palos transversales y sumergidos en una fosa, en la cual se encuentran las sustancias curtientes, (soluciones a diferentes concentraciones de taninos vegetales) los cueros son rolados de fosa en fosa, las cuales se encuentran a diferentes concentraciones y disminuyen en un valor progresivo; tratando de obtener un mejor curtido y aprovechamiento del material. Considerando el primer contacto entre los curtientes, como el paso que dará origen a las cualidades finales de la suela.

- Se pasan al lavado (solución con sulfonato de magnesio, glucosa y celulosa).
- Se continua lubricando con aceite y grasas, las cuales se aplican en forma de emulsión, pasando de aquí a secadores de tunel.
- El paso final del proceso es utilizar ceras.
- Planchar, medir y empacar para su venta.

# PROCESO DE CURTIDO VEGETAL

FIGURANo.1



Posteriormente se agregan ácidos orgánicos, sales orgánicas y sales de amonio, variando la concentración alterando el pH del baño del cuero para activar las enzimas.

Esta operación termina dejando reposar el cuero y limpiándolo por ambos lados. Además de dividirlo de acuerdo al grosor.

#### 2.1.2.2 Curtido al cromo.

- En este paso del proceso el objetivo es separar las fibras del cuero y darle mayor resistencia a la descomposición. Este proceso, también se conoce como de dos baños de cromo aquí los cueros son tratados con una solución de ácido crómico producido por la acción de ácido clorhídrico en dicromato de sodio o de potasio y luego con una solución de tiosulfato de sodio y ácido clorhídrico. Es considerado como el primer proceso eficiente de curtido.

El proceso más conocido y utilizado de curtido, consiste en colocar los cueros provenientes de cal, clasificados y pesados en tambores giratorios, a los cuales se inyecta agua corriente para lavarlos y eliminar la mayor parte de alcalinidad que pueda obtener después del depilado. Los cueros ya lavados son bañados por una solución compuesta por cloruro de sodio, sulfatos y ácido sulfúrico a este paso se le llama piclado.

Neutralizando cualquier alcalinidad remanente del depilado verificando que el pH del baño esté en las condiciones adecuadas para continuar con el curtido (pH neutro).

El agente curtidor se compone de sales reducidas de dicromato de sodio, agua y ácido sulfúrico, el cual se agrega lentamente al girar el tambor. Dejando reposar y al día siguiente se neutraliza con bicarbonato de sodio, se lava y descarga el tambor. Con este paso el proceso de curtido se completa acomodando los cueros y dejando reposar para que la reacción termine, obteniendo la textura deseada.

Se dejan 48 horas en almacén para posteriormente por exprimido y raspado adquirir el espesor requerido.



El proceso continúa con los siguientes pasos.

#### **2.1.2.2.1 Recurtido ó pintado**

El color de la piel está íntimamente ligado a un tratamiento con colorantes naturales, artificiales pigmentos o combinación de ellos. En este paso el curtido al cromo, dadas las condiciones de neutralidad de tono, ofrece una gama infinita de colores. Antes de agregar el colorante se realiza el precurtido que consiste en lavar la piel para remover partículas ajenas al producto, ajustándose la acidez y elevar la temperatura dentro del rango de 48.8°C - 60°C, se agregan agentes emulsificantes aniónicos para eliminar la grasa y garantizar una superficie limpia para pintar.

- Se adiciona el colorante a la solución, el tiempo de agitación dependerá de la calidad de la piel y del grado de penetración deseado. El colorante se agota con la adición de un ácido (generalmente es fórmico). Adicionando grasas y/o diferentes sustancias para lubricar la piel y devolverle su flexibilidad natural (aceites sulfonados, cianuro, emulsión con agua).

- A partir de aquí se inicia prácticamente el proceso seco del curtido descargándose el tambor, acomodando los cueros y pasándolos al desvenado (proceso mecánico para alisar y estirar la piel).

La carnaza que es un subproducto de la operación anterior lleva un proceso parecido al del cuero, obteniéndose un producto utilizado para hacer bolsas, zapatos, etc. Pero de una calidad menor.

Nota: a la serie de operaciones en seco del curtido se le llama reversería.

#### **2.1.2.2.2 Secado**

Es la operación que consiste en modificar el contenido de humedad del material. Este proceso es esencialmente la vaporización del solvente contenido en el material a través de una transferencia de calor seguida por la remoción de vapor.

El uso de aire humedo caliente, permite un secado e impide un endurecimiento de la piel.

La naturaleza del cuero, su tratamiento en el calado tipo de extensión del curtido, contenido de grasa, distribución textura, son determinantes en el proceso de secado, el intervalo de temperatura más aceptable está entre 10°C y 93.3°C, aplicable a equipos como:

- A) Colgado en ganchos o palos estacionarios
- B) Clavado en tableros
- C) Colgado en ganchos o palos en secadores continuos de tunel.
- D) Pegado en tablas delgadas de aluminio o vidrio en secadores de tunel progresivos o desvanes de secado.
- E) Conducción o secadores de contacto con el material pegado a planchas calientes.
- F) Engrapado en telas metálicas en túneles continuos de secado o en desvanes de secado.

Los pasos siguientes son :

Aflojado, lijado, cepillado y pintado que forman el paso de acabado.

De los cuales los tres primeros son pasos mecánicos.

#### 2.1.2.2.3 Acabado

Es el último paso del proceso y consiste en dar las características finales a la piel como agregar sustancias para suavizar, lijar, etc. En los últimos años los productos naturales como la caseína y la albumina de huevo han sido sustituidos por resinas sintéticas y nitrocelulósicas con características especiales, según el tipo de piel o acabado que se quiere obtener. Pasos del acabado:

- Aplicar determinadas sustancias químicas para suavizar la piel y permitir la absorción y fijación de las materias colorantes.
- Tratamientos a la piel con lacas pigmentos y colorantes deseados.
- Alisado y planchado de la piel.
- Cepillado y limpiado de la piel.
- El último paso medir y empaquetar las pieles listas para su venta.

Al igual que el proceso de curtido en general, ha evolucionado. Los métodos de aplicación antiguos han sido mecanizados y rediseñados día con día para aumentar la producción, calidad y eliminar los desperdicios de material.

El area química relacionada con esta industria investiga diferentes formulaciones para poder obtener lacas, pigmentos y colorantes, que den una mejor apariencia, textura, quiebre de las pieles, resistencia y sobre todo que sus desechos no sean agresivos al medio ambiente.

Por las condiciones en las que se debe realizar el proceso de curtido los efluentes se podrán dividir en dos: 1) Efluentes cuya descarga es continua a lo largo de un día de trabajo. 2) Efluentes cuya descarga es intermitente. (Por los tiempos de residencia en cada uno de los tambores)

Dadas las características de los efluentes se considera que los primeros tienen menos contaminantes y constituyen la mayor parte del total de efluentes del proceso. Caso contrario ocurre con los efluentes intermitentes que son en menor cantidad, pero más contaminantes. Esto se debe a que en los de descarga continua se usan sustancias como sal y cal que dada la concentración en el agua se manejan como contaminantes menores. Sin embargo en los intermitentes por las condiciones de proceso se usan ácidos y bases muy fuertes consideradas como agentes altamente contaminantes además de la elevada concentración presente.

En la siguiente tabla se observa el área y las características del efluente.

**TABLA No.1**

**RESUMEN DE LAS OPERACIONES DE CURTIDO**

**A R E A .**

**C A R A C T E R I S T I C A S  
D E L E F L U E N T E**

REMOJO	ES AGUA CON CLORURO DE SODIO PRINCIPALMENTE YA QUE SE USO EN LAS SALMUERAS
DEPIŁADO	AGUA EN SOLUCIONES DE SULFURO DE SODIO CAL Y RESIDUOS
DESCARNADO	DESECHOS SOLIDOS CONOCIDOS EN EL AREA COMO CARNE Y GRASA
LAVADO Y NEUTRALIZADO	AGUA EN SOLUCIONES DE SALES ALCALINAS NO ABSORVIDAS EN LA REACCION
RENDIDO	AGUA CON RESIDUOS PROTEINICOS Y SALES DE AMONIO QUE NO REACCIONARON
PICLE	AGUA EN SOLUCIONES ACIDAS
CURTIDO	AGUA CON SALES DE CROMO III NO ABSORVIDAS, SI EL CURTIDO FUE AL CROMO. SI FUE VEGETAL, AGUA CON TANINOS VEGETALES

**LAS SIGUIENTES OPERACIONES FORMAN UNA SOLA OPERACION.**

NEUTRALIZADO	SE OBTIENEN SALES EN EL AGUA QUE LE DAH LA CARACTERISTICA DE AGUA SEMIDURA FORMADA POR FORMIATOS CARBOHATOS Y BICARBONATOS.
RECURTIDO	AGUA CON TANINOS NO APROVECHADOS
TEÑIDO	AGUAS CON ANILINAS (SE LLEGAN A NEUTRALIZAR CON ACIDO DILUIDO)
ENGRASE	EFLUENTE FORMADO POR ACEITE Y AGENTES TENSOACTIVOS EN PEQUEÑAS CANTIDADES

**PROCESOS MECANICOS Y FISICOS**

LIJADO	DE ESTA SE OBTIENEN DOS POLVO DE PIEL Y RASPA (DESECHOS SOLIDOS)
RAPADO	SE OBTIENE LO MISMO QUE EN EL PASO ANTERIOR
ACABADO	VAPORES DE LOS SOLVENTES Y AGUA DE LAVADO TANTO DE APARATOS COMO DE RECIPIENTES.

**FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO**

Considerando en general el proceso, la contaminación producida por la industria de la curtiduría es en el agua y en el aire, por la emisión de gases de la caldera polvos producidos por el lijado. Así como a la evaporación de los solventes dentro del proceso de acabado.

Los parámetros considerados por lo tanto serán muy diferentes, en el caso del agua serán:

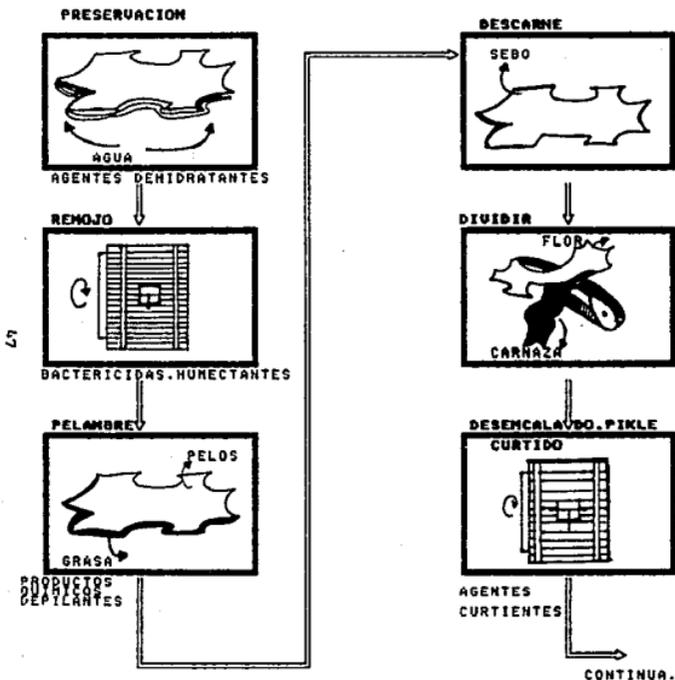
- \* Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- \* Sólidos Suspendidos
- \* Sólidos Sedimentables
- \* Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- \* Alcalinidad
- \* Oxígeno Disuelto
- \* Color
- \* Turbidez
- \* pH
- \* Temperatura
- \* Sólidos Solubles
- \* Olor
- \* Dureza
- \* Grasas y Aceites
- \* Cromo III
- \* Cromo Total
- \* Sulfuros
- \* Nitrógeno

Siendo estos los problemas mas graves que se presentan en el agua provenientes de la industria de la curtiduría.

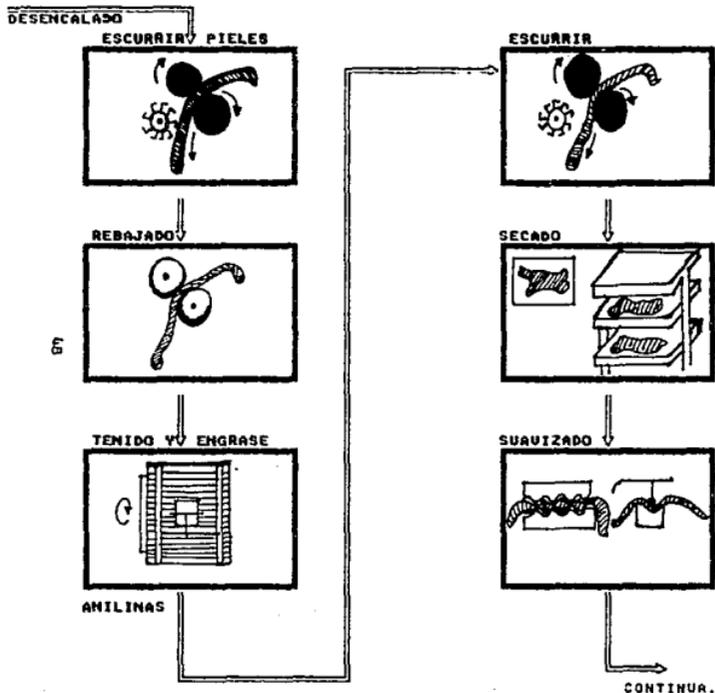
Para la contaminación atmosférica o del aire tiene que considerar la concentración de polvos, gases, solventes, etc. Como agentes contaminantes.

# ESQUEMA DEL PROCESO DE CURTIDO ( EN GENERAL )

FIGURANo.2

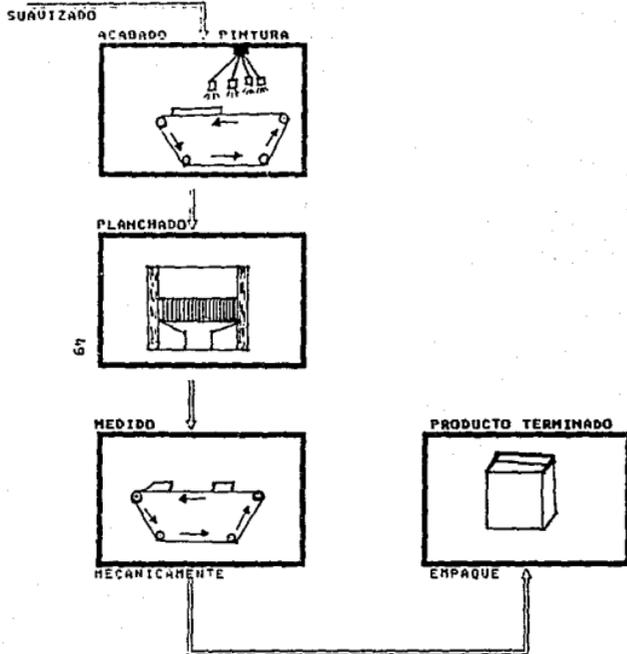


# ESQUEMA DEL PROCESO DE CURTIDO (EN GENERAL)



# ESQUEMA DEL PROCESO DE CURTIDO (EN GENERAL)

PAG. 2



**2.2 RECOPIACION RESULTADOS DE LABORATORIO  
Y CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES  
DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA**

- En esta parte se hace el tratamiento estadístico de los parámetros fisicoquímicos de los contaminantes de las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de la Curtiduría.

- \* Se realiza el agrupamiento de valores.

- \* Construcción de histogramas de frecuencia para cada uno de los parámetros fisicoquímicos.

- \* Cálculo de los intervalos de confianza al 90% y 99%, para muestras pequeñas (menores de 30).

- \* Construcción de las cartas de control estadístico. Estas cartas de control estadístico proporcionan una clara visión de los valores que están fuera de los límites de control propuestos por su promedio.

TABLA No. 2

PARAMETROS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
(1992)

n	v	x	$K=(3.32 \log n)+1$	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	A= VALOR MAX.-VALOR MIN. K
Potencial de Hidrógeno (unidades de pH) 10	9	8.79	4.0	7	9.5	0.625
Sólidos Sedimentables (ml/L) 10	9	72.5	4.0	15.0	200.0	46.2
Sólidos disueltos (mg/L) 10	9	26112.0	4.0	1120.0	42000.0	10220.0
Grasas y Aceites (mg/L) 10	9	4129.0	4.0	100.0	30000.0	7460.0
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 10	9	14077.0	4.0	6292.2	20672.0	3435.7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 10	9	2715.2	4.0	1570.7	3847.2	569.1
Nitrógeno orgánico (mg/L) 10	9	765.1	4.0	222.4	2295.8	518.3
Sulfatos Totales (mg/L) 10	9	290.7	4.0	39.6	530.4	117.6
Alcalinidad Total (mg/L) 10	9	2572.4	4.0	1026.9	4773.4	936.6
Cromo total (mg/L) 10	9	83.9	4.0	0	140.1	35
Sólidos no Filtrables (mg/L) 10	9	1941.0	4.0	400.0	4900.0	1125.0
Temperatura °Centígrados 10	9	22.6	4.0	10.0	26.0	4.0
Oxígeno Disuelto (mg/L) 10	9	7.3	4.0	6.7	8.8	0.665

n=Número de valores; v=Grados de libertad; x=Media; A=Amplitud; K=cte.

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría del Estado de  
Guanajuato.

TABLA No.3

INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
(Condiciones particulares de descarga)  
1992

n	v	x	s	t <sub>0.1</sub>	t <sub>0.005</sub>	x±(t <sub>0.1</sub> )(s)	x±(t <sub>0.005</sub> )(s)
Potencial de Hidrógeno (unidades de pH) 10	9	8.79	2.6	1.38	3.25	8.79±1.2	8.79±2.87
Sólidos Sedimentables (ml/L) 10	9	72.5	22.8	1.38	3.25	72.5±10.53	72.5±24.8
Sólidos Disueltos (mg/L) 10	9	26112.0	8257.3	1.38	3.25	26112.0±3798.3	26112.0±8945.4
Grasas y Aceites (mg/L) 10	9	4129.0	1305.6	1.38	3.5	4129.0±600.6	4129.0±1414.0
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 10	9	14077.0	4451.4	1.38	3.25	14077±2047.6	14077.0±6822.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 10	9	2715.2	858.5	1.38	3.25	2715.2±394.9	2715.2±930.0
Nitrógeno Orgánico (mg/L) 10	9	765.1	241.9	1.38	3.25	765.1±108.8	765.1±262.0
Sulfatos Totales (mg/L) 10	9	290.7	91.9	1.38	3.25	290.7±42.7	290.7±99.5
Alcalinidad Total (mg/L) 10	9	2572.4	813.4	1.38	3.25	2572.4±374.1	2572.4±881.1
Cromo Total (mg/L) 10	9	83.92	26.5	1.38	3.25	83.9±12.9	83.9±28.7
Sólidos no Filtrables (mg/L) 10	9	1941.0	613.7	1.38	3.25	1941.0±282.3	1941.0±664.8
Temperatura Centígrados 10	9	22.0	7.0	1.38	3.25	22.6±3.2	22.6±7.5
Oxígeno Disuelto (mg/L) 10	9	7.3	2.2	1.38	3.25	7.3±1.0	7.3±2.3

n = Número de valores; v = Grados de libertad; x = Media; s = Desviación Estándar

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría del Estado de Guanajuato.

TABLA No. 4

**INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
(Condiciones Particulares de Descarga)**

1992

Nivel de significancia, 90 %		Nivel de Significancia, 99.5%	
Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior

Potencial de Hidrógeno (unidades de ) pH 7.5	10.7	5.9	11.6
Sólidos Sedimentables (ml/L) 61.9	83.0	47.6	97.3
Sólidos Disueltos (mg/L) 22313.6	29910.3	17166.5	35057.4
Grasas y Aceites (mg/L) 3528.3	4729.6	2714.4	5543.5
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 12029.4	16124.7	9254.7	18899.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 2320.3	3110.1	1785.1	3645.2
Nitrógeno Orgánico (mg/L) 656.2	873.9	503.0	1027.1
Sulfatos Totales (mg/L) 248.4	333.0	191.1	390.3
Alcalinidad Total (mg/L) 2198.2	2946.5	1691.2	3453.5
Cromo Total (mg/L) 47.3	120.4	55.2	112.6
Sólidos no Filtrables (mg/L) 1658.6	2223.3	1276.1	2605.8
Temperatura °Centígrados 19.3	25.8	15.0	30.1
Oxígeno Disuelto (mg/L) 6.3	8.4	5.0	9.7

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

TABLA No.5

PARAMETROS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
(1985)

n	v	x	$K=(3.32 \log n)+1$	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	A= VALOR MAX.-VALOR MIN. K
Potencial de Hidrógeno (unidades de pH) 10	9	8.31	4.0	5.7	12.2	1.6
Sólidos Sedimentables (ml/L) 0	-	-	4.0	-	-	-
Sólidos disueltos (mg/L) 10	9	6802.0	4.0	2048.0	12560.0	2048.0
Grasas y Aceites (mg/L) 0	-	-	4.0	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 0	-	-	4.0	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 5	4	932.8	3.0	414.0	1462.0	349.3
Dureza (mg. de CaCO <sub>3</sub> /L) 10	9	1157.6	4.0	192.0	2175.0	495.7
Sulfatos Totales (mg/L) 0	-	-	4.0	-	-	-
Sólidos Totales (mg/L) 10	9	9725.0	4.0	2940.0	18990.0	4012.5
Cromo total (mg/L) 10	9	221.0	4.0	0.20	680.0	169.9
Sólidos no Filtrables (mg/L) 0	-	-	4.0	-	-	-
Temperatura °Centígrados 0	-	-	4.0	-	-	-
Hierro (mg/L) 10	9	4.7	4.0	1.1	11.8	2.6

n=Número de valores; v=Grados de libertad; x=Media; A=Amplitud; K=cte.

TABLA No. 6

INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
Condiciones particulares de descarga  
1985

n	v	x	s	t <sub>0.1</sub>	t <sub>0.005</sub>	$x \pm (t_{0.1} \frac{s}{\sqrt{n}})$	$x \pm (t_{0.005} \frac{s}{\sqrt{n}})$
Potencial de Hidrógeno (unidades de pH) 10	9	8.3	2.4	1.38	3.25	8.3±1.1	8.3±2.6
Sólidos Sedimentables (ml/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos (mg/L) 10	9	6802.0	2048.0	1.38	3.25	6802.0±942.0	6802.0±6656.0
Grasas y Aceites (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno Aceites (mg/L) 5	4	932.8	417.0	1.53	4.6	932.8±288.1	932.8±677.6
Dureza (mg. de CaCO <sub>3</sub> /L) 10	9	1157.6	366.0	1.38	3.25	1157.6±168.3	1157.6±346.5
Sulfatos Totales (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos totales (mg/L) 10	9	9725.0	3075.2	1.38	3.25	9725.0±1414.6	9725.0±3331.5
Cromo Total (mg/L) 10	9	221.7	70.0	1.38	3.25	221.7±32.2	221.7±75.8
Sólidos no Filtrables (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura °Centígrados 0	-	-	-	-	-	-	-
Hierro (mg/L) 10	9	4.7	1.2	1.38	3.25	4.7±0.572	4.7±1.34

n = Número de valores; v = Grados de libertad; x = Media; s= Desviación Estándar

Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría de la Cd. de México

TABLA No.7

INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
Condiciones Particulares de Descarga

1985

Nivel de significancia, 90 %      Nivel de Significancia, 99.5%  
 Límite Inferior      Límite Superior      Límite Inferior      Límite Superior

Potencial de Hidrógeno (unidades de ) pH 7.2	9.4	5.7	10.9
Sólidos Sedimentables (ml/L) 0	-	-	-
Sólidos Disueltos (mg/L) 5859.9	7744.0	146.0	13458.0
Grasas y Aceites (mg/L) 0	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 0	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 644.6	1220.0	225.1	1610.4
Dureza (mg. de CaCO <sub>3</sub> /L) 989.2	1325.9	761.1	1554.1
Sulfatos Totales (mg/L) 0	-	-	-
Sólidos totales (mg/L) 8311.1	11140.4	6394.2	13057.3
Cromo Total (mg/L) 189.5	253.9	145.9	297.6
Sólidos no Filtrables (mg/L) 0	-	-	-
Temperatura °Centígrados 0	-	-	-
Hierro (mg/L) 4.1	5.2	3.3	6.0

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DE LA CO. DE MEXICO México.

TABLA No. 9

INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
Condiciones particulares de descarga  
1965

n	v	x	s	t <sub>0.1</sub>	t <sub>0.005</sub>	$x \pm (t_{0.1}) \frac{(s)}{\sqrt{n}}$	$x \pm (t_{0.005}) \frac{(s)}{\sqrt{n}}$
Potencial de Hidrógeno (unidades de pH) 5	4	10.6	4.5	1.53	4.6	10.6±3.1	10.6±7.3
Sólidos Sedimentables (ml/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos (mg/L) 5	4	6166.0	2757.3	1.53	4.6	6166.4±1902.5	6166±4480.6
Grasas y Aceites (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno Aceites (mg/L) 2	1	555.0	417.0			555.0±541.1	555.0±1274.3
Dureza (mg de CaCO <sub>3</sub> /L) 5	4	2168.0	969.2	1.53	4.6	2168.0±668.7	2168.0±1574.9
Sulfatos Totales (mg/L) 0	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos totales (mg/L) 5	4	9420.0	4212.5	1.53	4.6	9420.0±2906.0	9420.0±6845.3
Cromo Total (mg/L) 5	4	0.366	0.174	1.53	4.6	0.366±0.120	0.366±0.283
Sólidos suspendidos (mg/L) 5	4	3183.6	1423.3	1.53	4.6	3183.6±982.0	3183.6±2312.8
Temperatura Centigrados 0	-	-	-	-	-	-	-
Hierro (mg/L) 5	4	3.2	1.7	1.53	4.6	3.2±0.808	3.2±1.9

n = Número de valores; v = Grados de Libertad; x = Media; s = Desviación Estándar

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

TABLA No.10

**INDUSTRIA DE LA CURTIDURÍA**  
**Condiciones Particulares de Descarga**

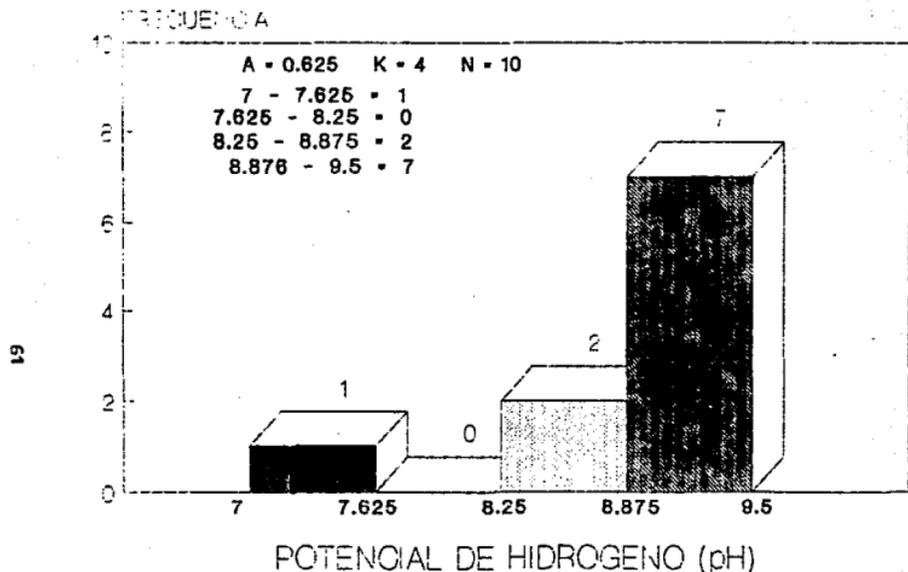
**1985**

Nivel de significancia, 90 %                      Nivel de Significancia, 99.5%  
 Límite Inferior                      Límite Superior                      Límite Inferior                      Límite Superior

Potencial de Hidrógeno (unidades de ) pH 7.5	13.7	3.2	17.9
Sólidos Sedimentables (ml/L) 0	-	-	-
Sólidos Disueltos (mg/L) 4263.8	8068.9	1685.7	10647.0
Grasas y Aceites (mg/L) 0	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/L) 0	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) 13.8	1096.1	719.3	1829.3
Dureza (mg de CaCO <sub>3</sub> /L) 1499.2	2836.7	593.0	3742.9
Sulfatos Totales (mg/L) 0	-	-	-
Sólidos totales (mg/L) 6513.3	12326.6	2574.6	16265.3
Cromo Total (mg/L) 0.245	0.485	0.08	0.649
Sólidos Suspendedos (mg/L) 2201.0	4165.6	870.0	5496.4
Temperatura °Centígrados 0	-	-	-
Hierro (mg/L) 2.3	4.0	1.29	5.1

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

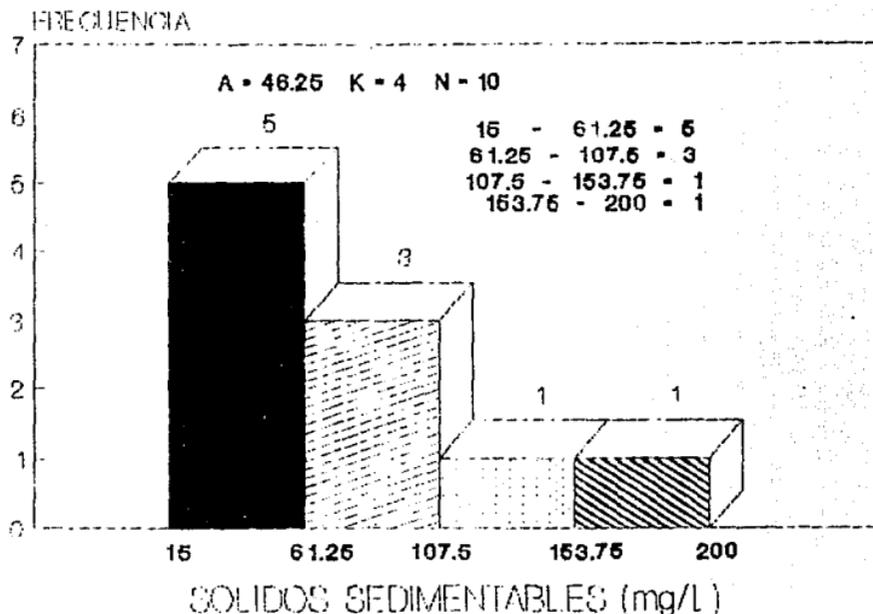
## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO  
DE GUANAJUATO

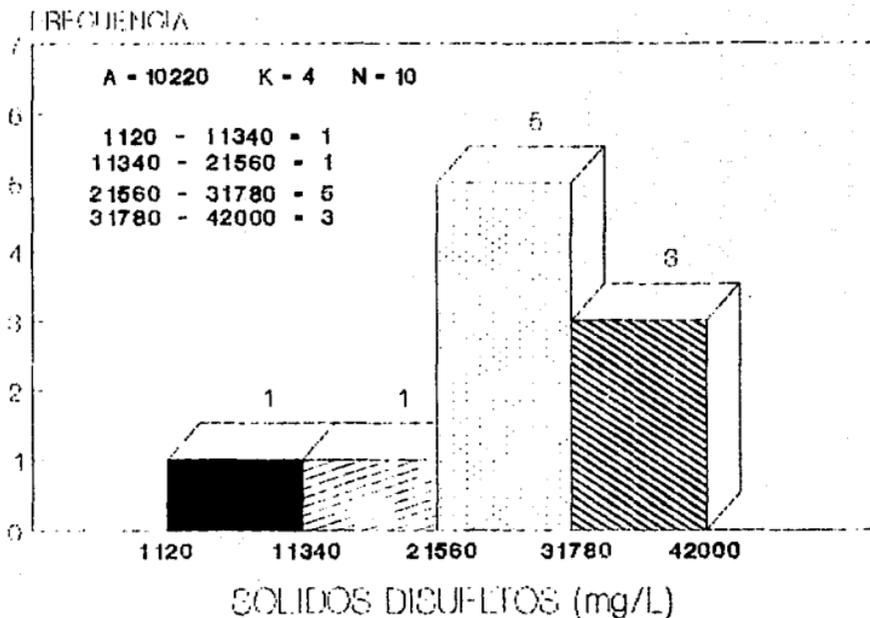
Gráfica No.2

## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS SEDIMENTABLES)



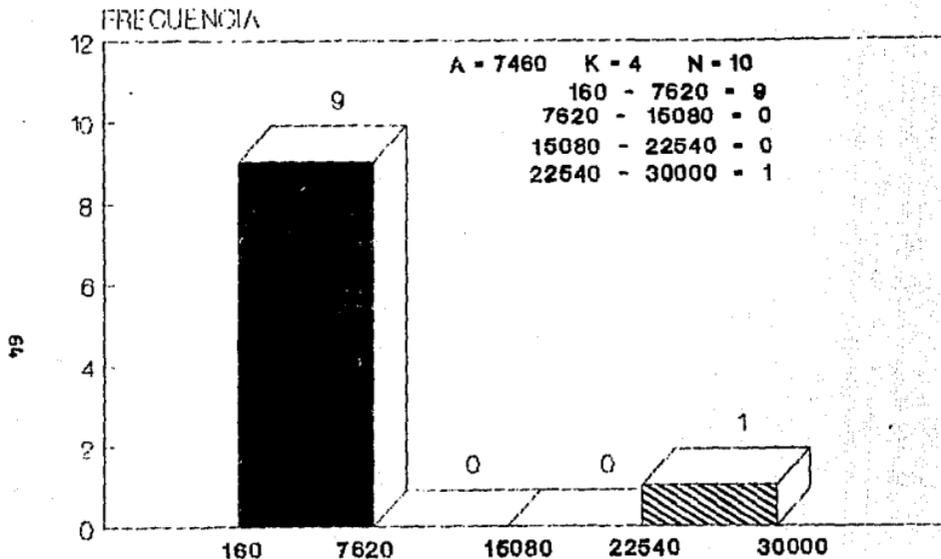
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE  
GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS DISUELTOS)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

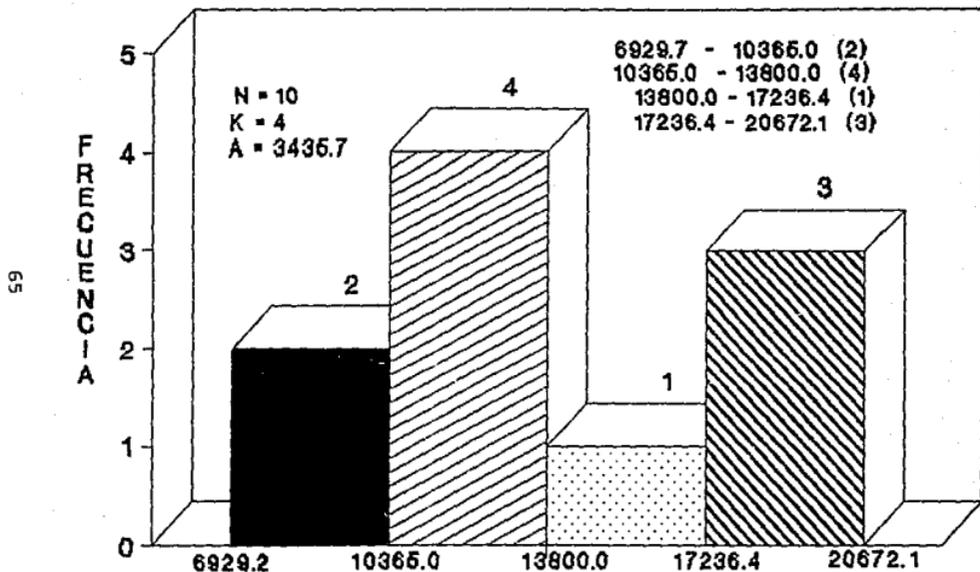
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (GRASAS Y ACEITES)



GRASAS Y ACEITES (mg/L)

FUENTE : CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO D.Q.O)

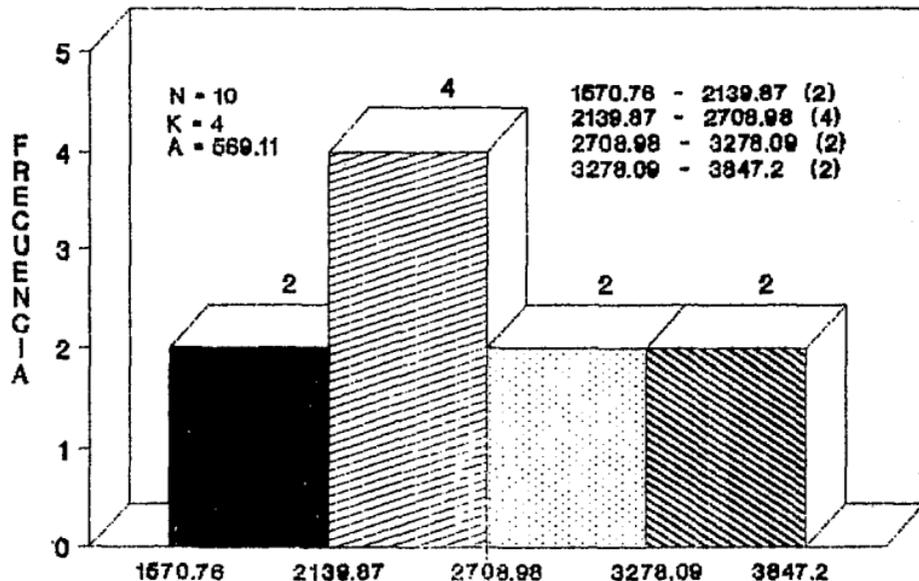


**DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**

1992

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
DEL ESTADO DE GUANAJUATO.

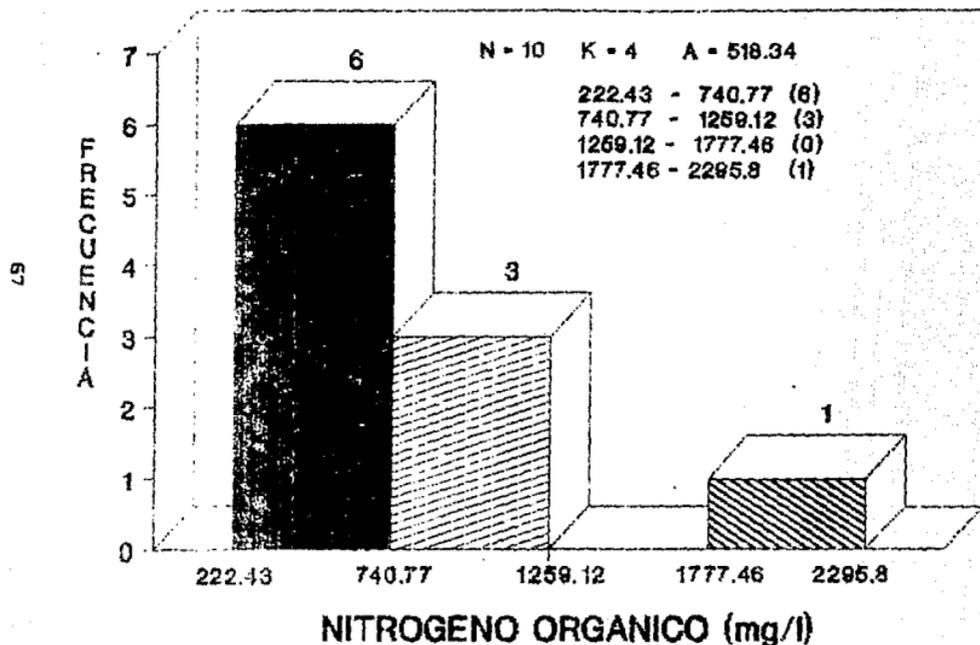
## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO D.B.O)



**DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)**

1992 FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO.

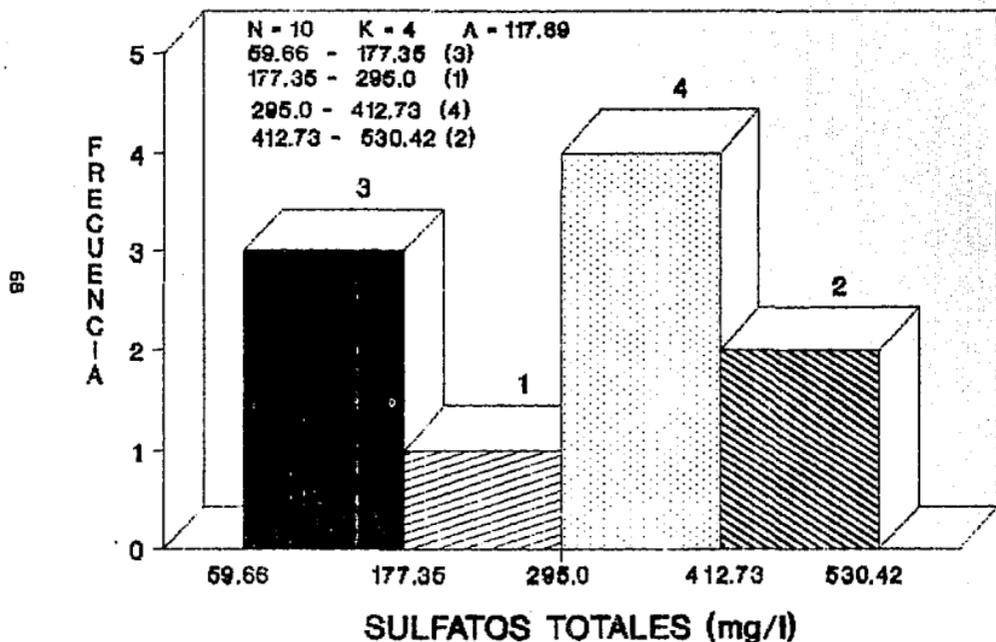
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (NITROGENO ORGANICO)



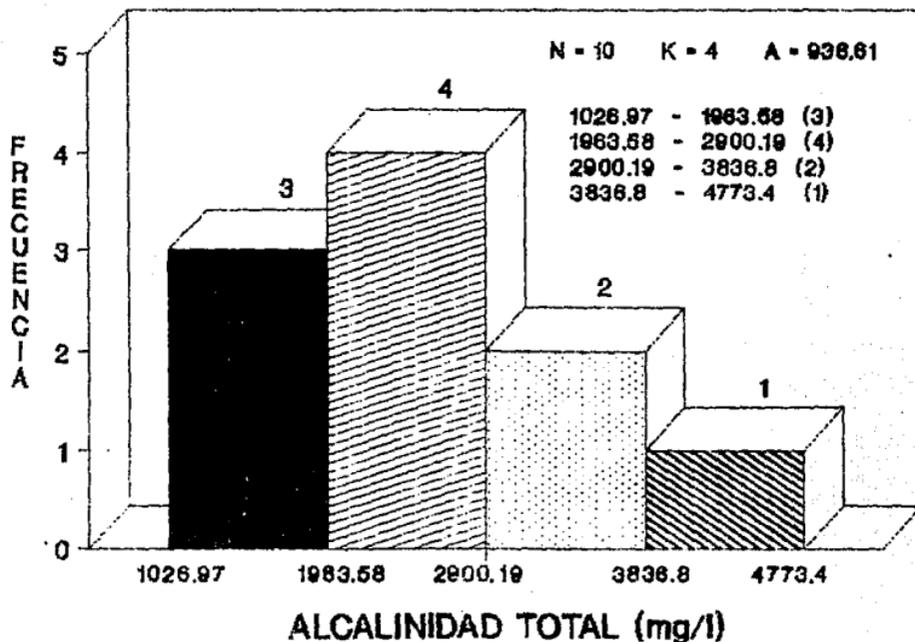
1992

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
DEL ESTADO DE GUANAJUATO.

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SULFATOS TOTALES)

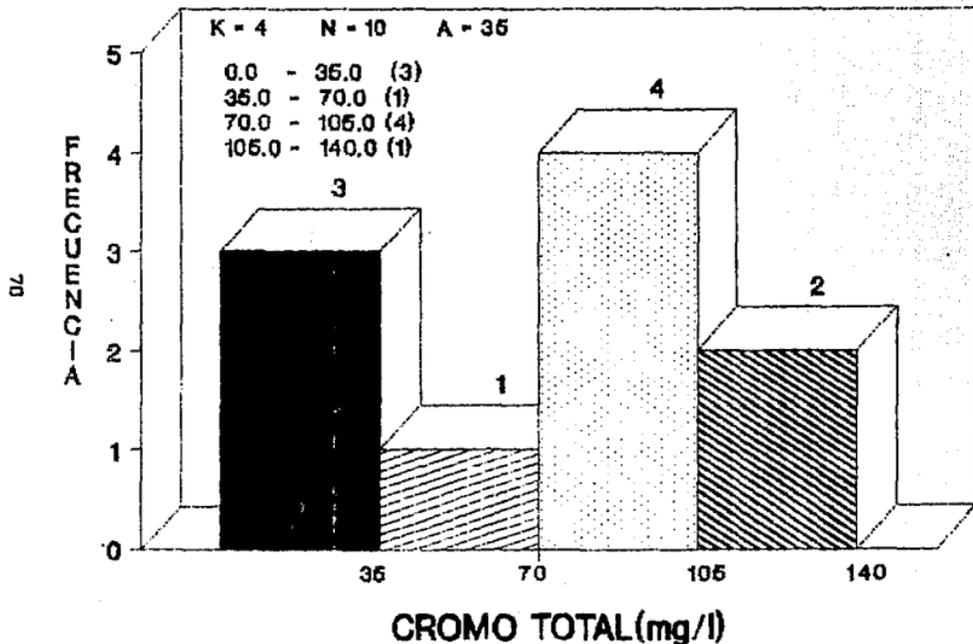


# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (ALCALINIDAD TOTAL)

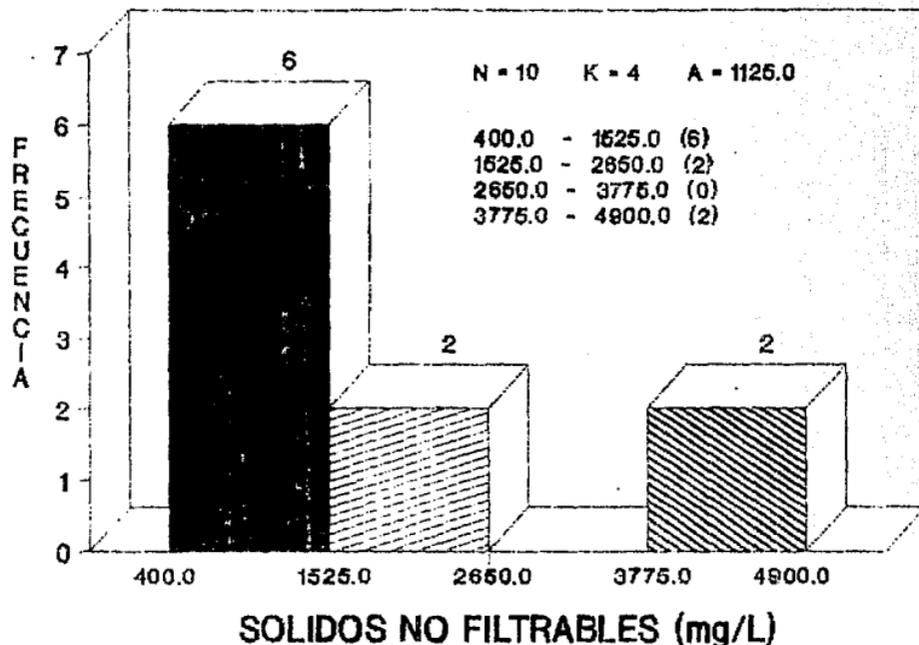


FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA  
DEL ESTADO DE GUANAJUATO.

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO TOTAL)

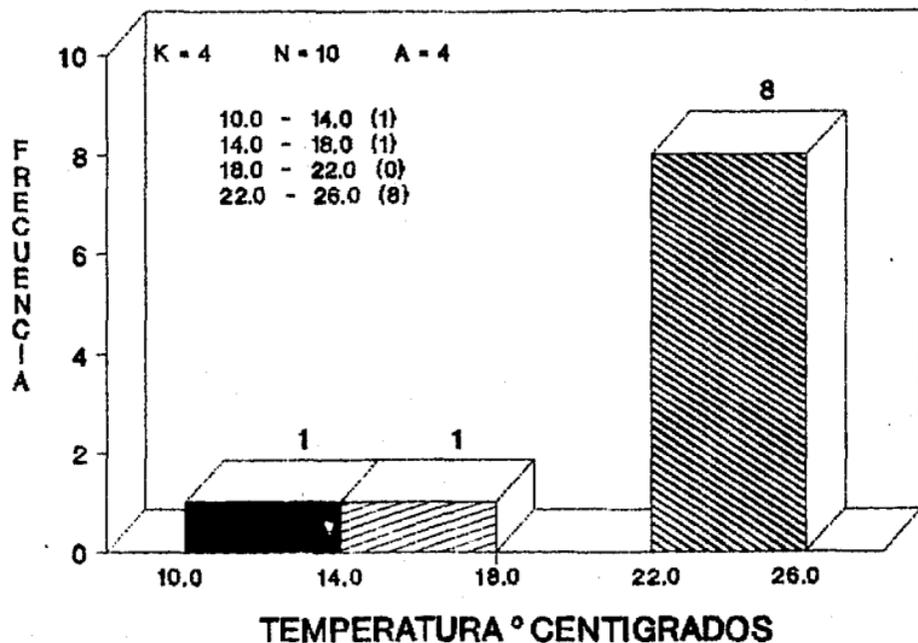


## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS NO FILTRABLES)



71

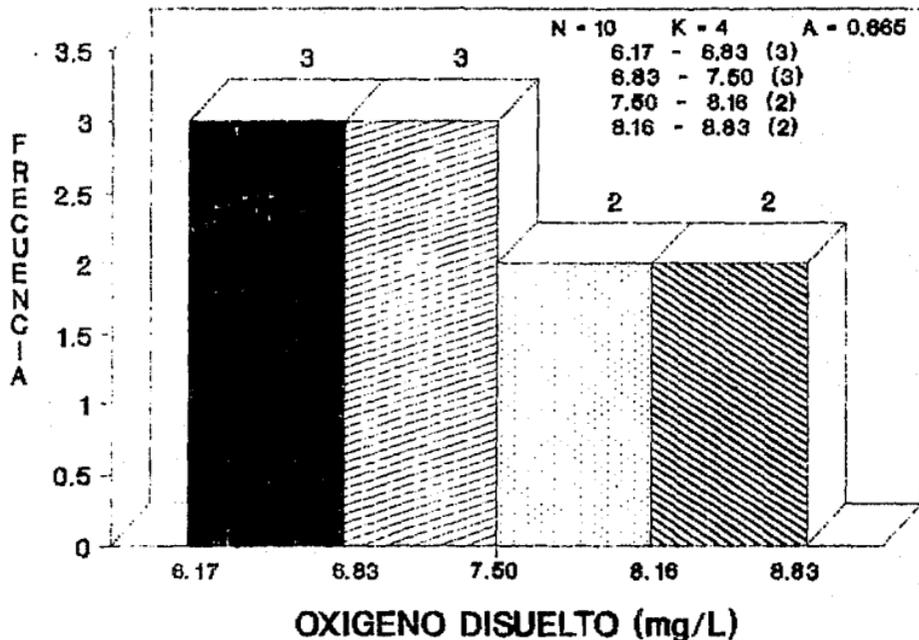
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (TEMPERATURA)



**TEMPERATURA ° CENTIGRADOS**

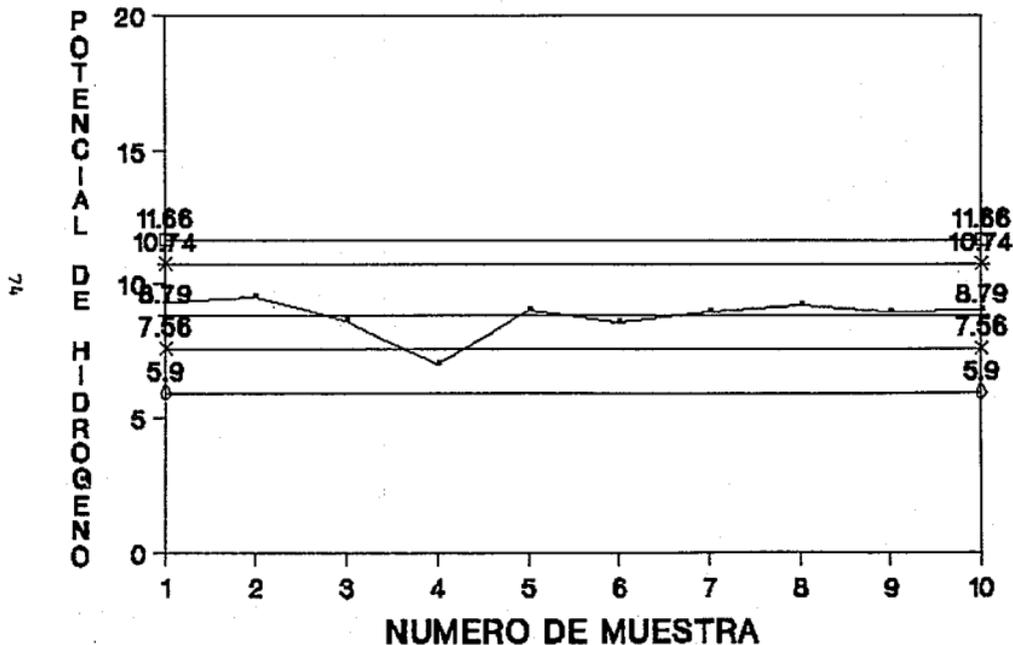
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (OXIGENO DISUELTO)



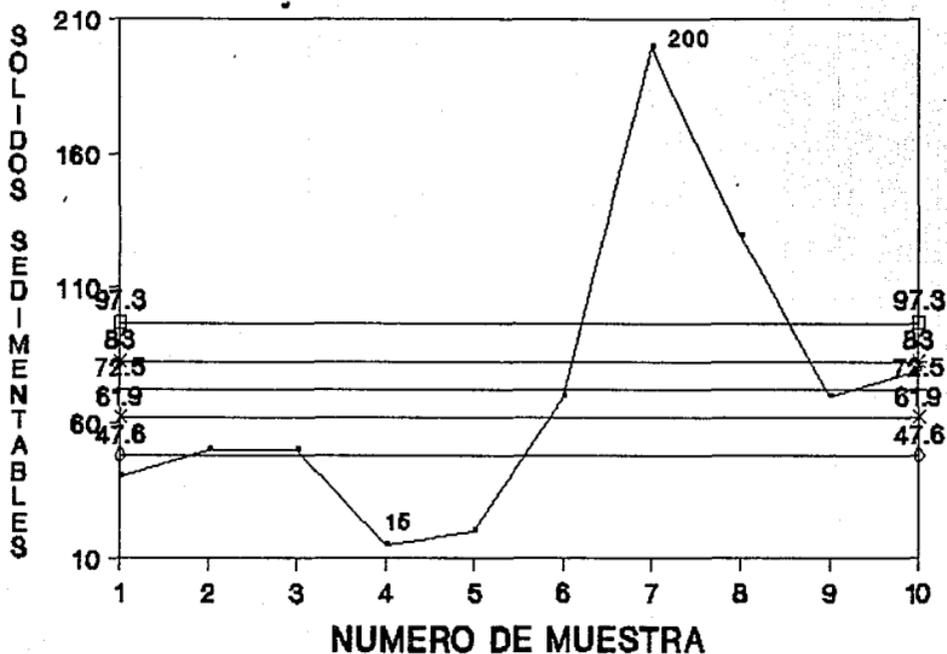
73

## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)



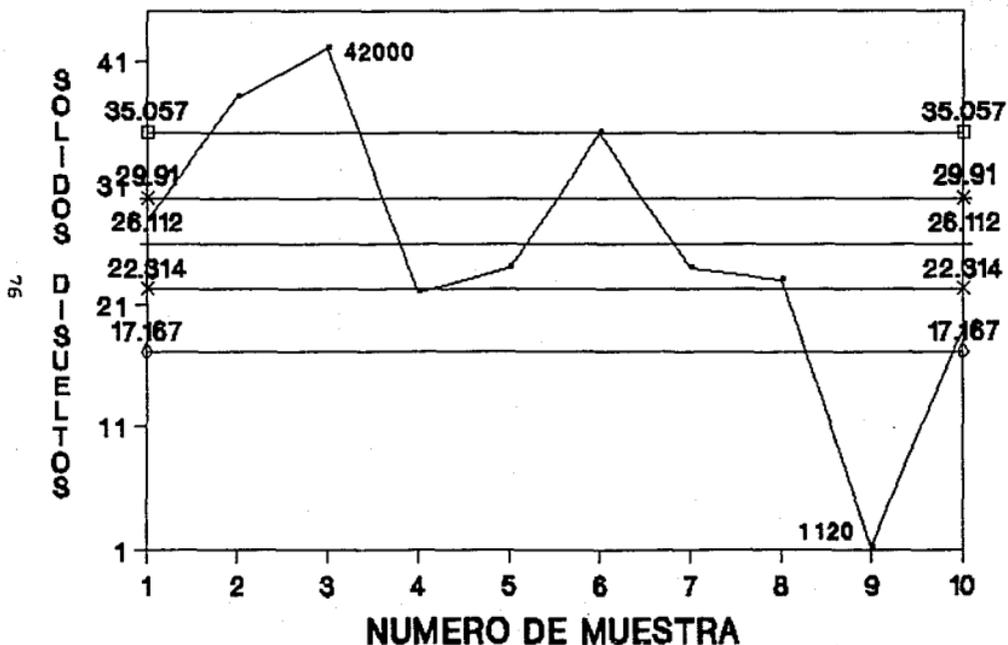
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS SEDIMENTABLES)



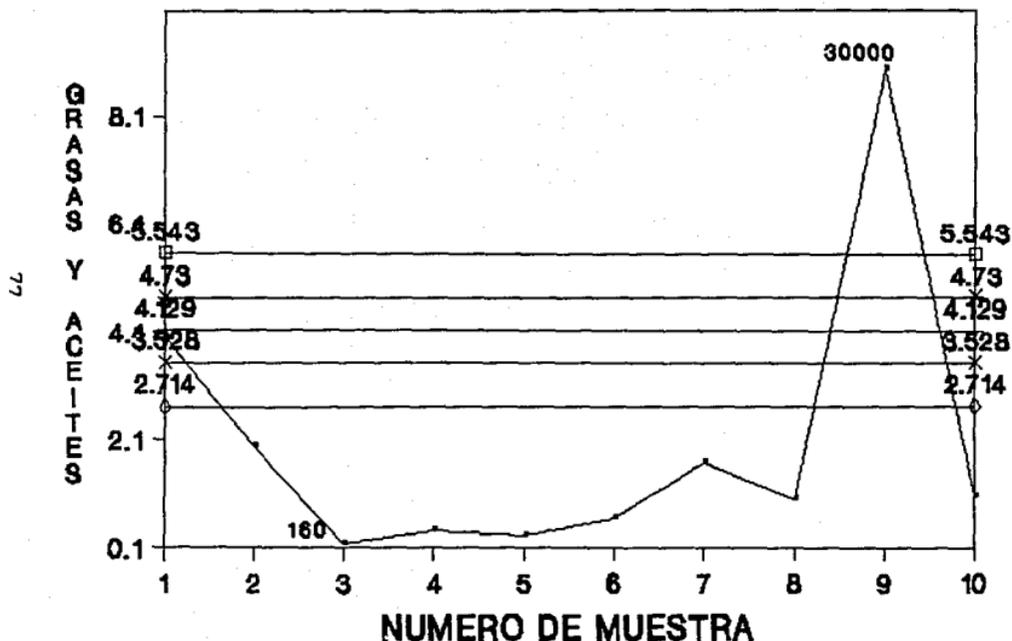
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS DISUELTOS)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

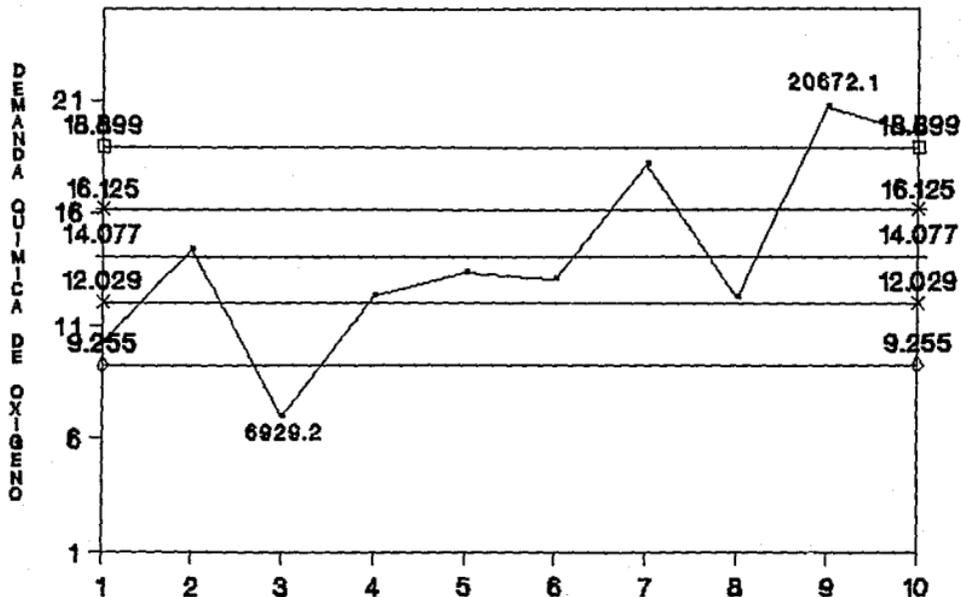
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (GRASAS Y ACEITES)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Gráfica No. 18

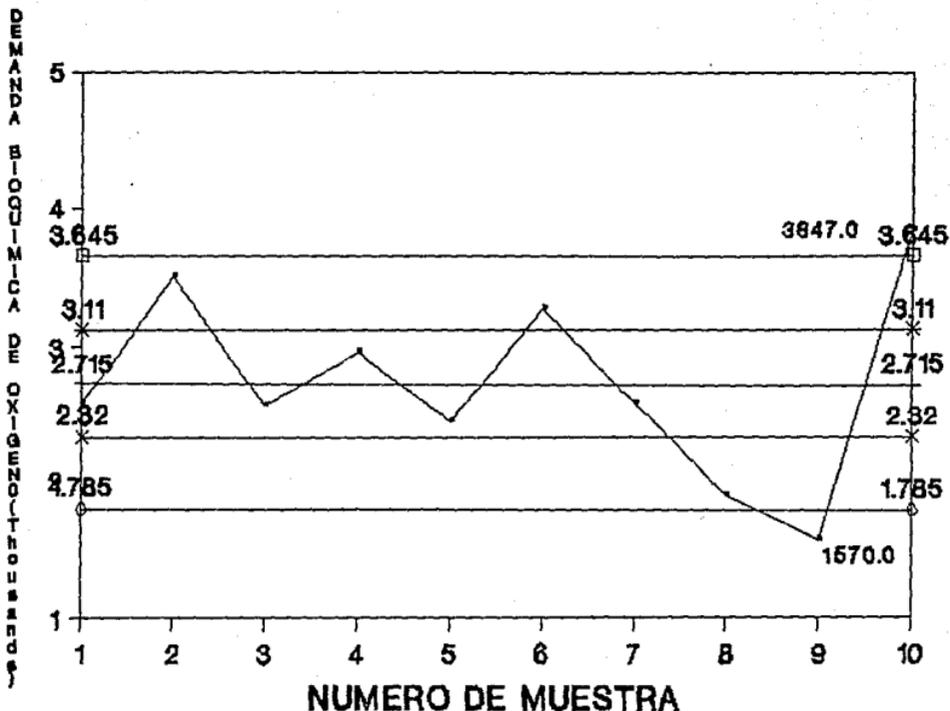
## INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO))



NUMERO DE MUESTRA

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL  
ESTADO DE GUANAJUATO

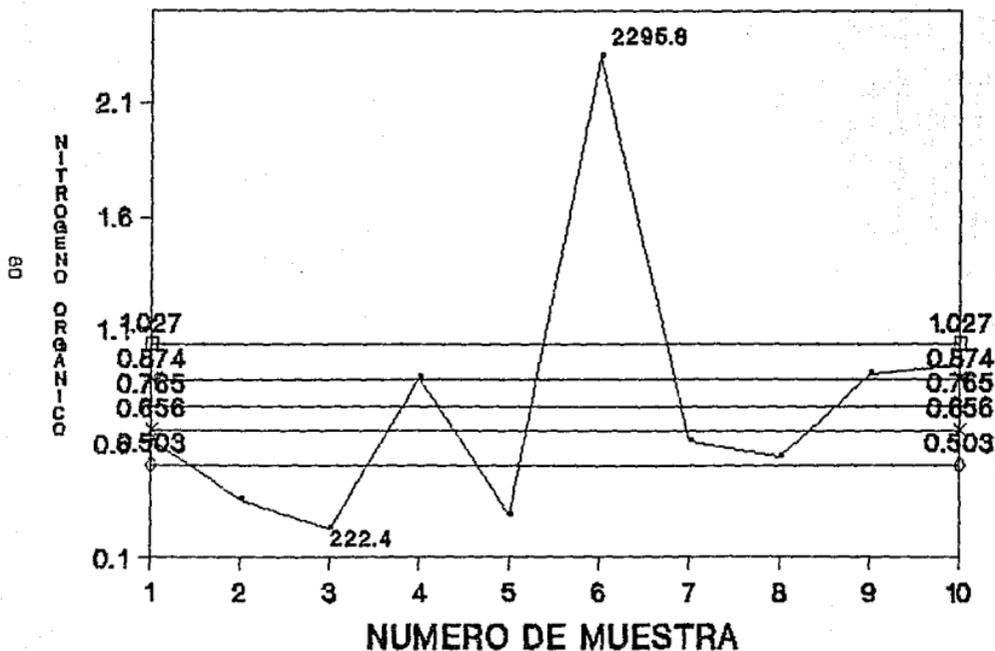
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO))



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

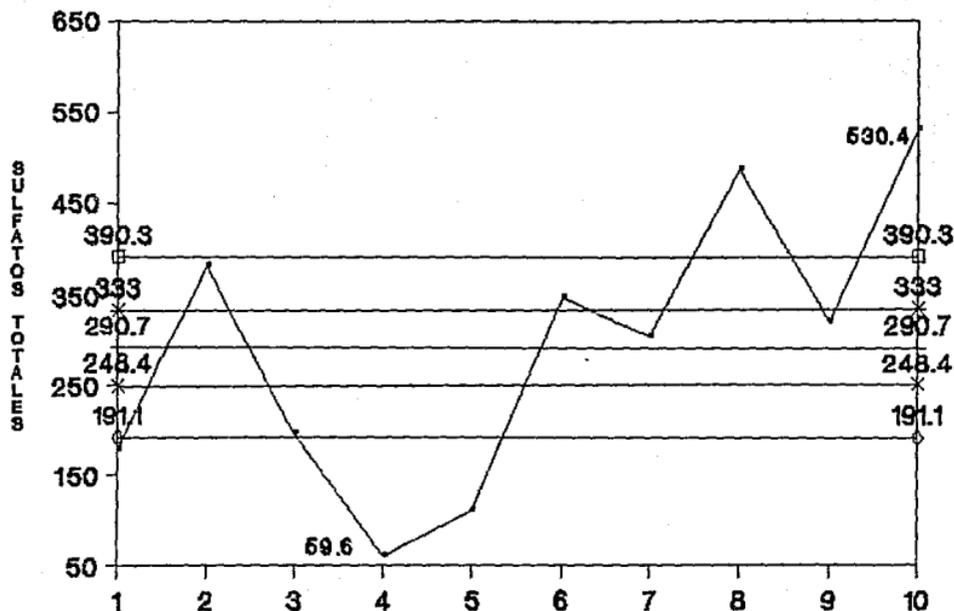
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (NITROGENO ORGANICO)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL  
ESTADO DE GUANAJUATO

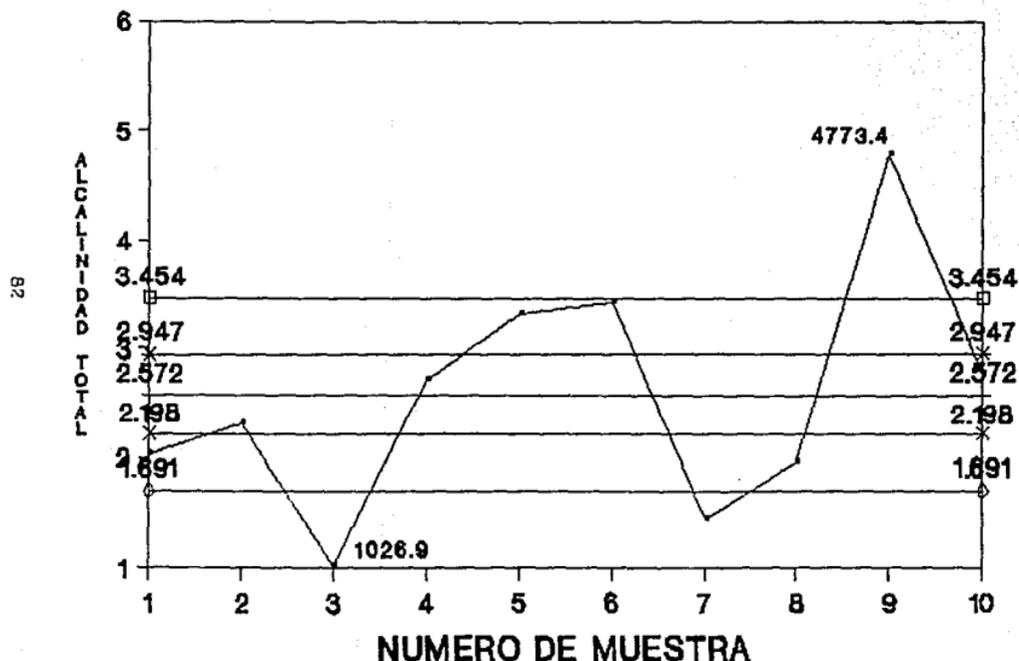
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SULFATOS TOTALES)



NUMERO DE MUESTRA

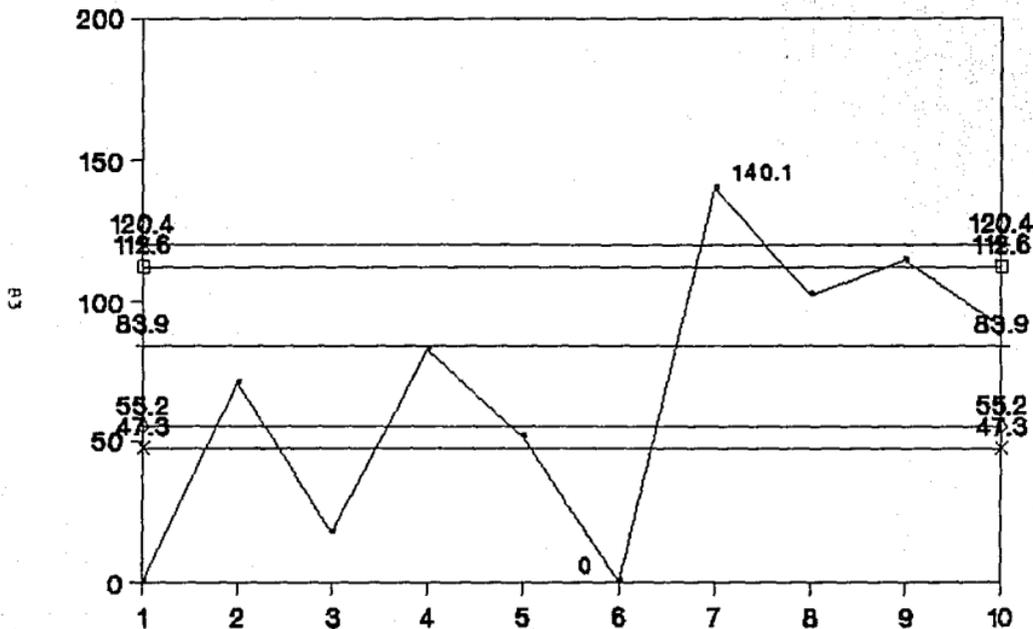
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL  
ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (ALCALINIDAD TOTAL)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL  
ESTADO DE GUANAJUATO

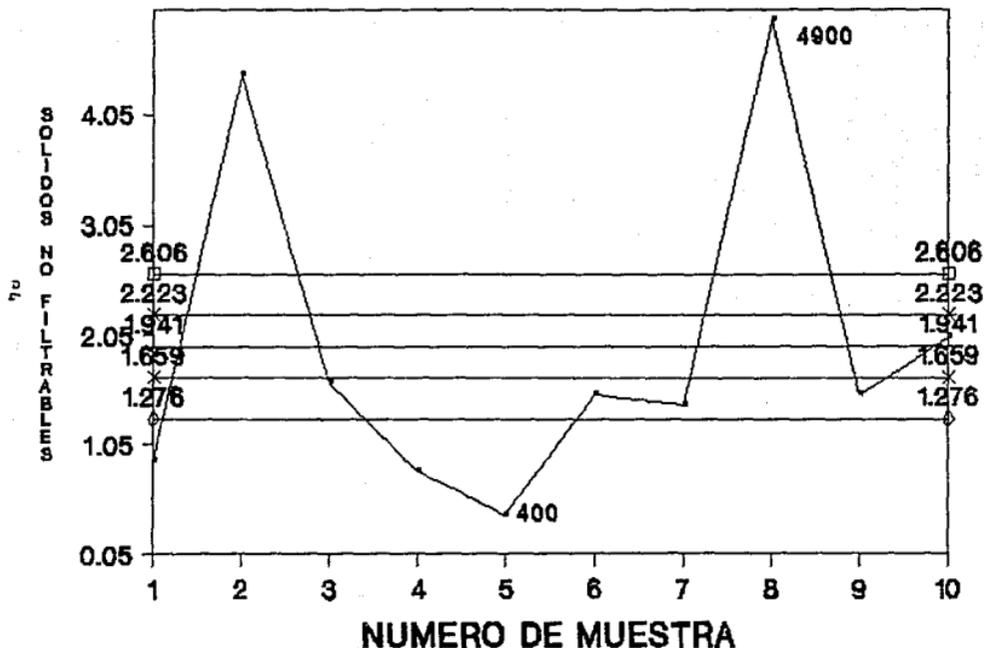
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO TOTAL)



**NUMERO DE MUESTRA**

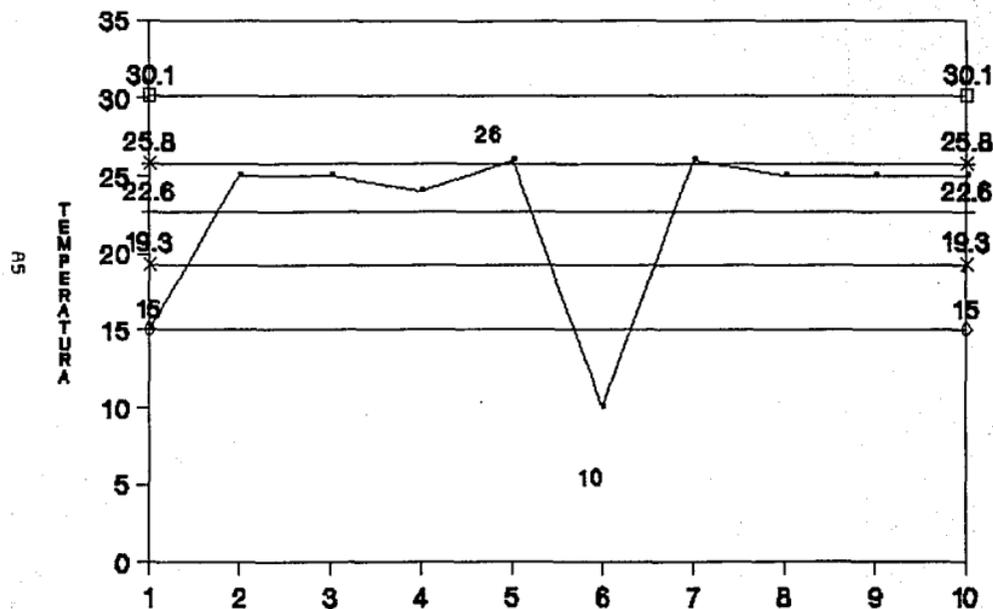
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS NO FILTRABLES)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (TEMPERATURA)

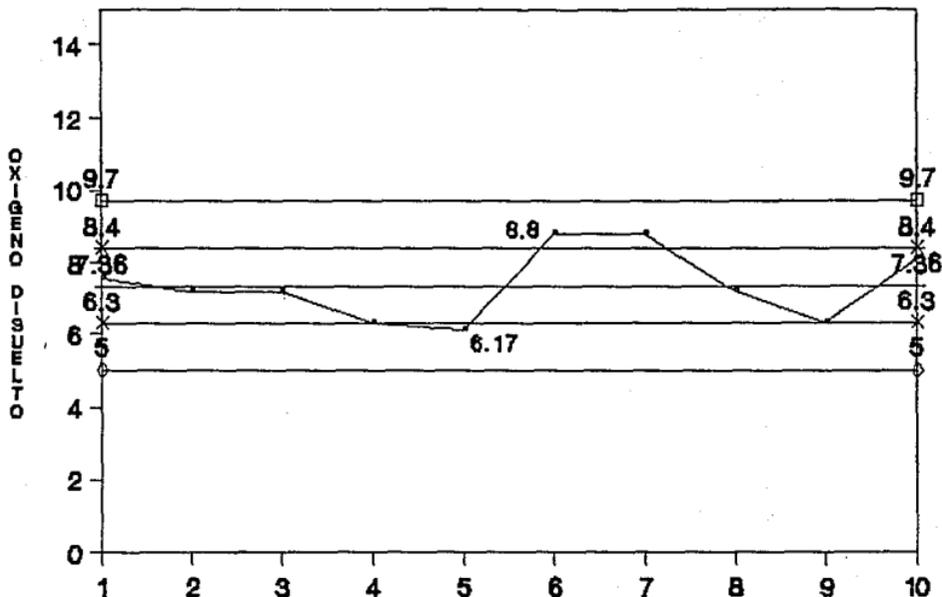


NUMERO DE MUESTRA

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL  
ESTADO DE GUANAJUATO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (OXIGENO DISUELTO)

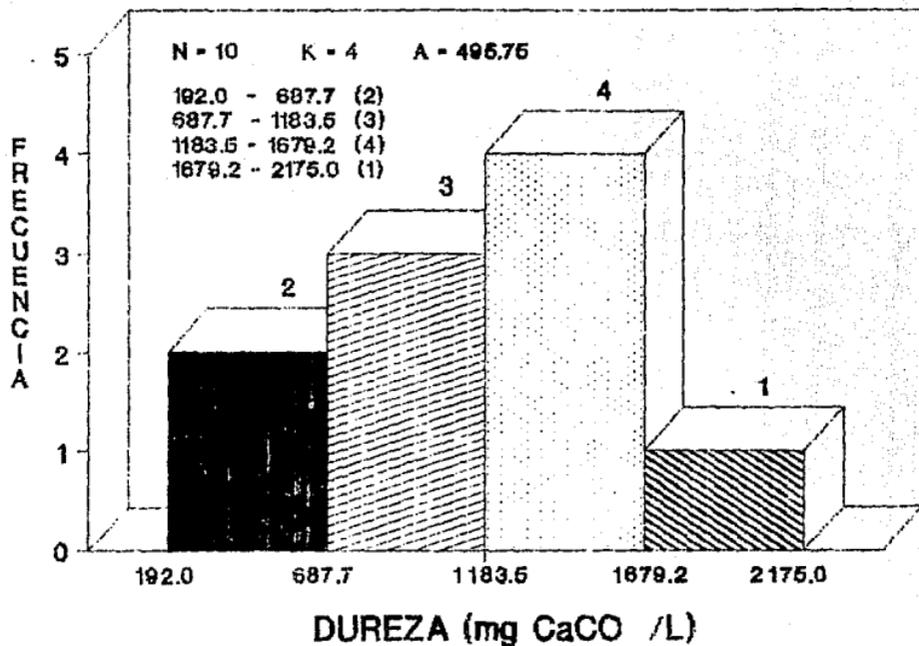
96



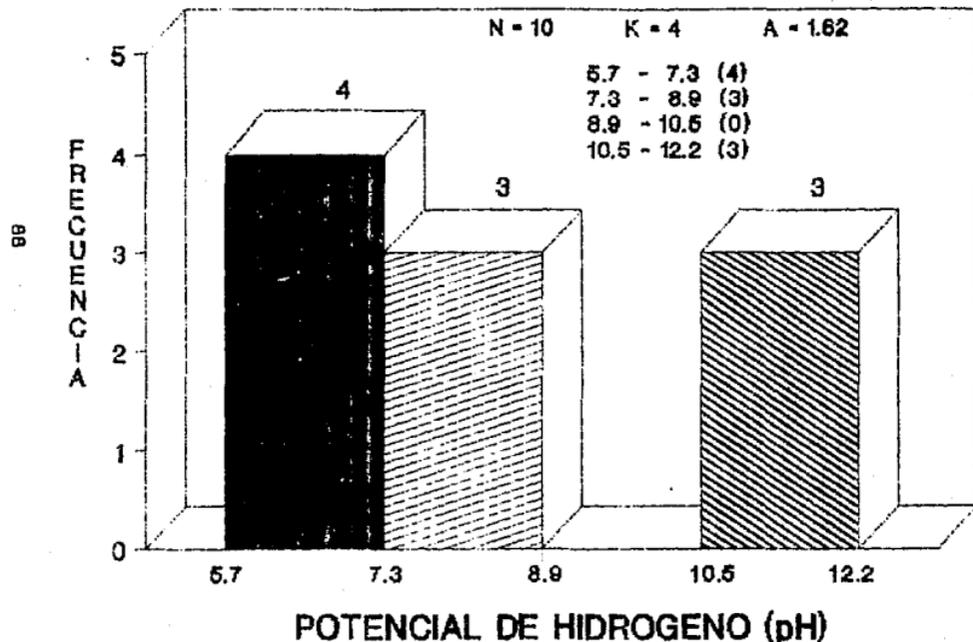
NUMERO DE MUESTRA

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

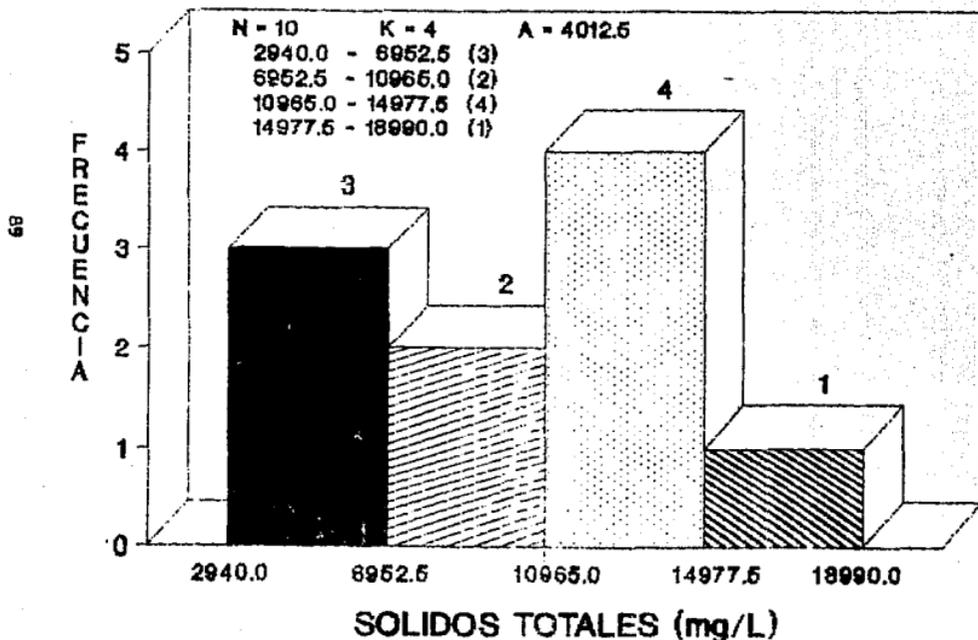
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DUREZA)



# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)

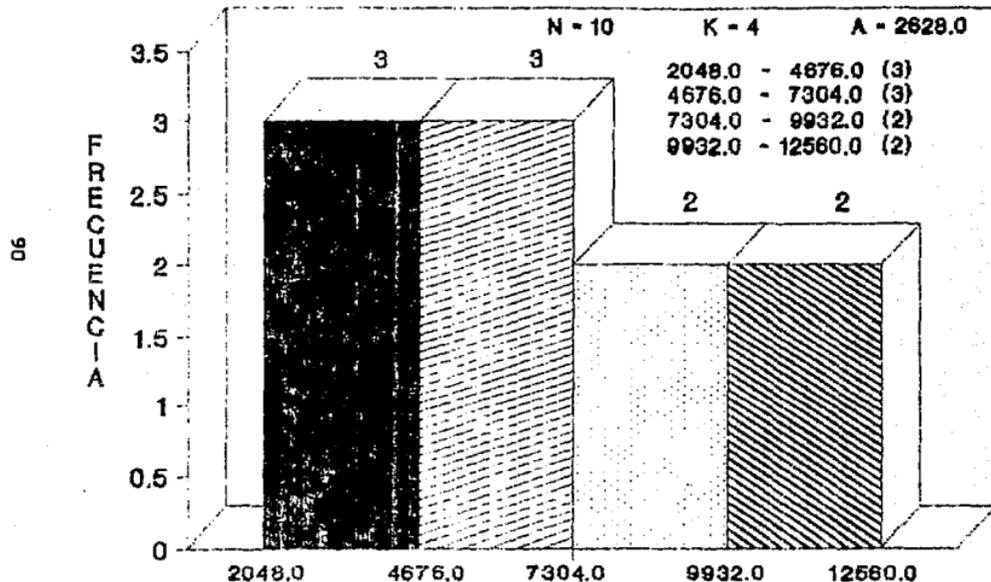


# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA SOLIDOS TOTALES



# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA

## SOLIDOS DISUELTOS



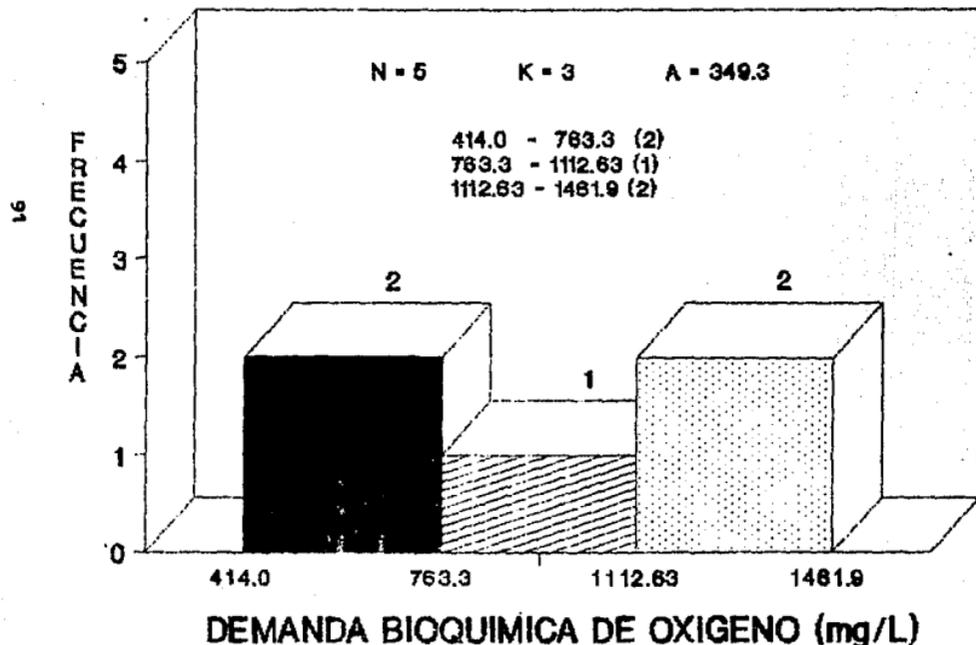
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

Gráfica No.31

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA

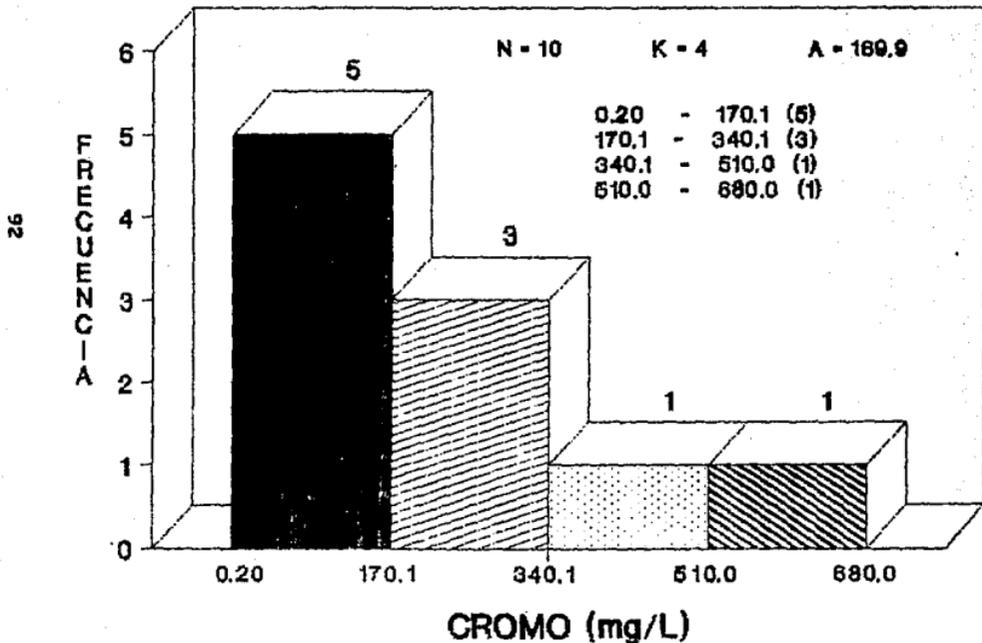
## DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO D.B.O.



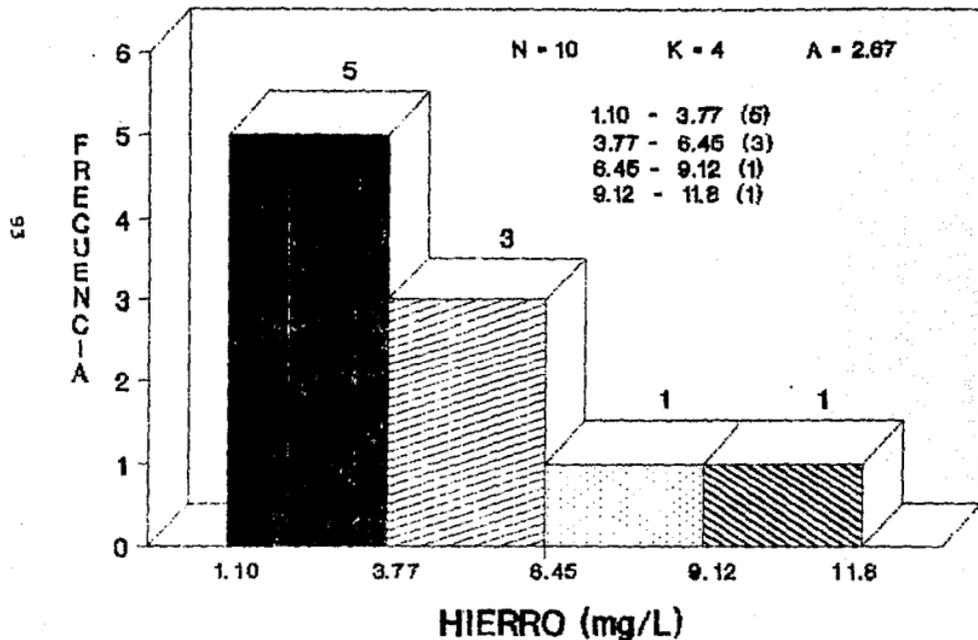
1985

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO)



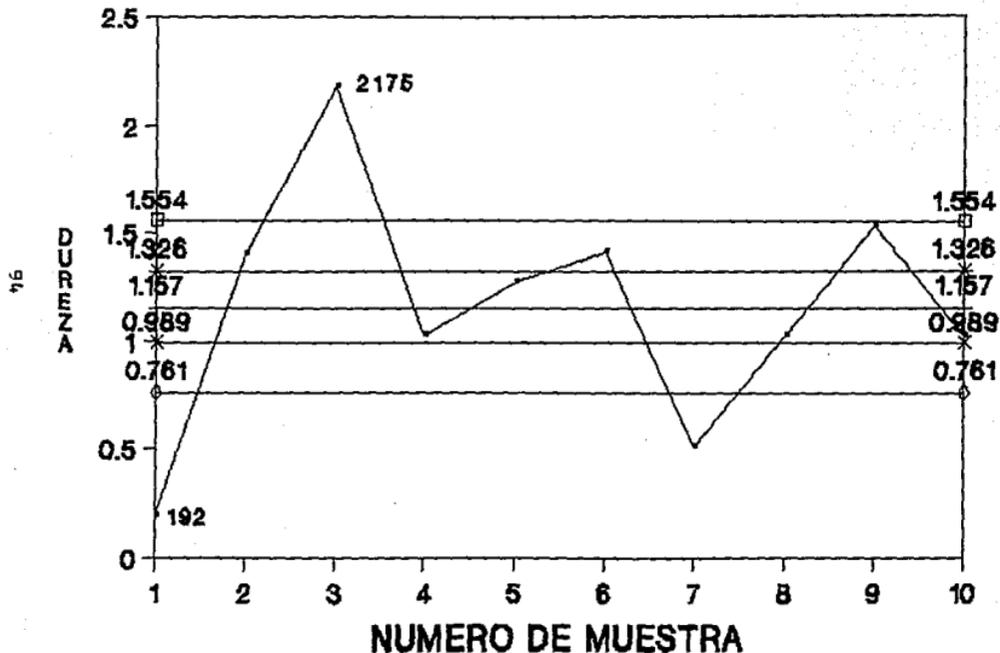
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (HIERRO)



1986

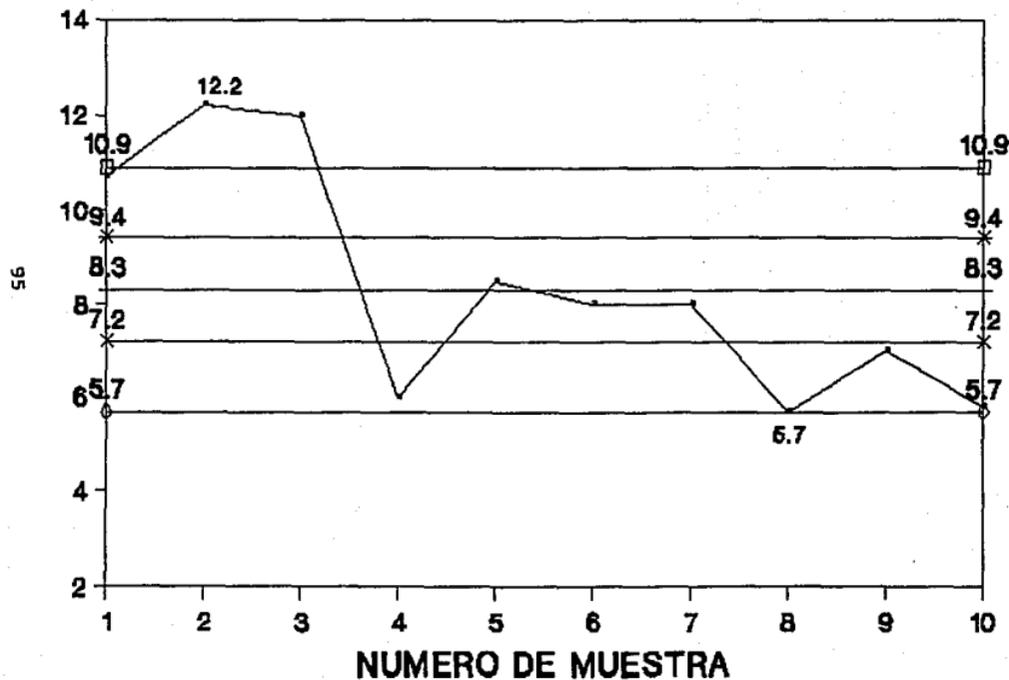
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DUREZA)



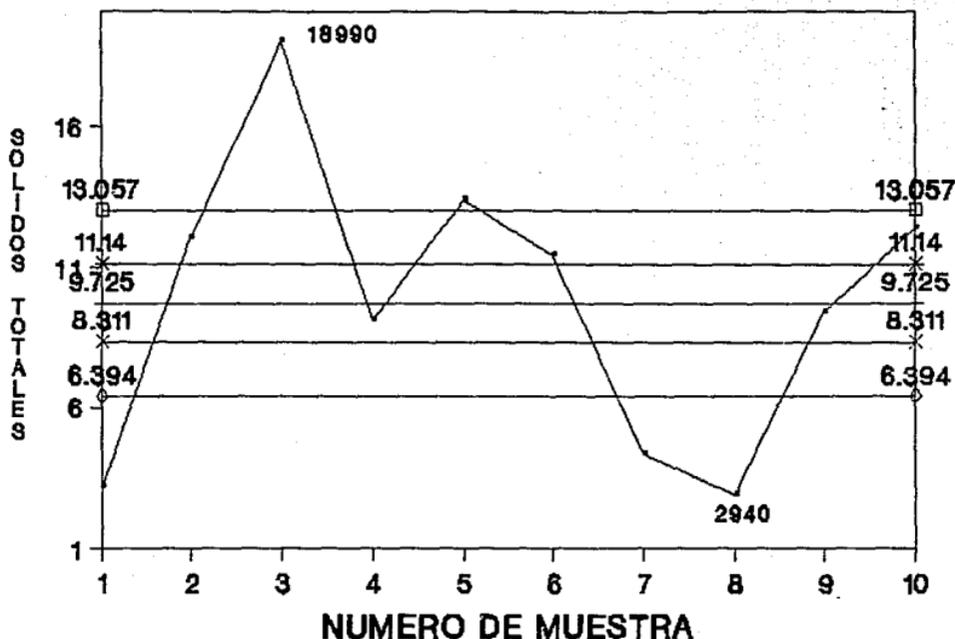
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)



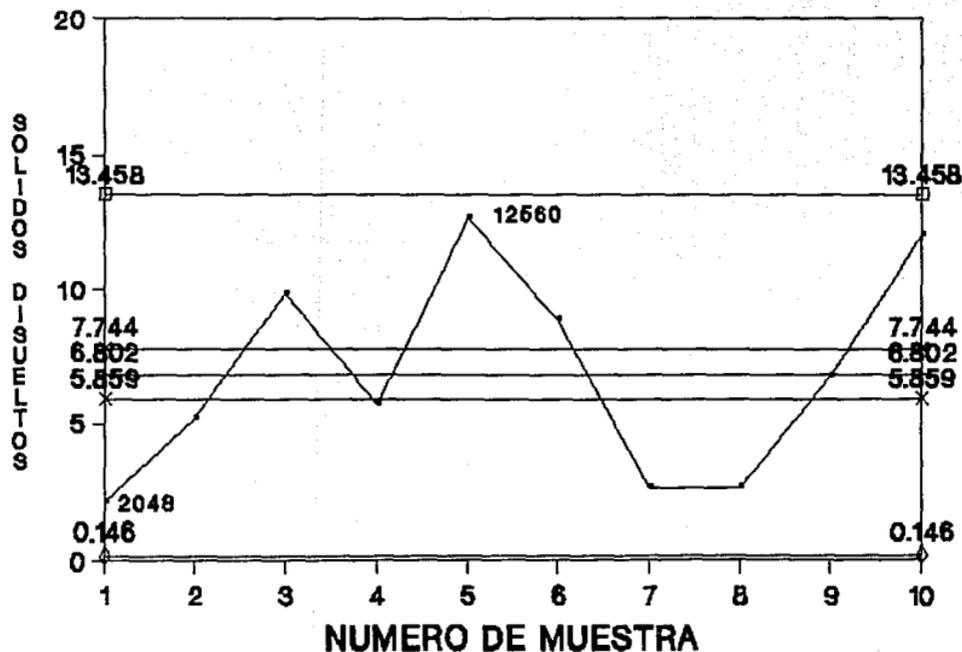
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS TOTALES)



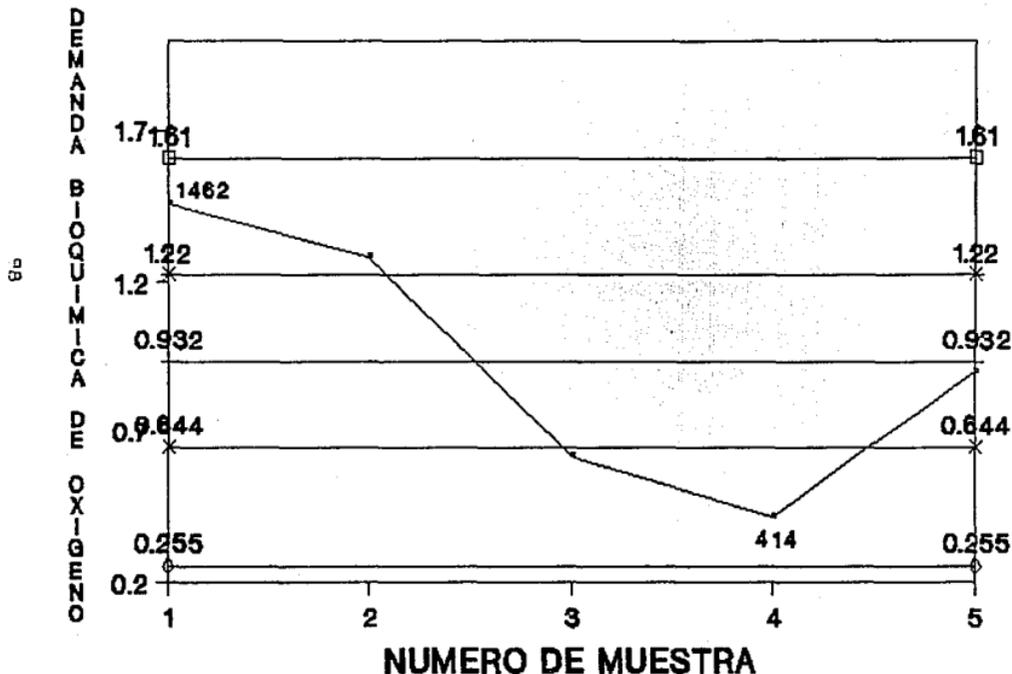
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS DISUELTOS)



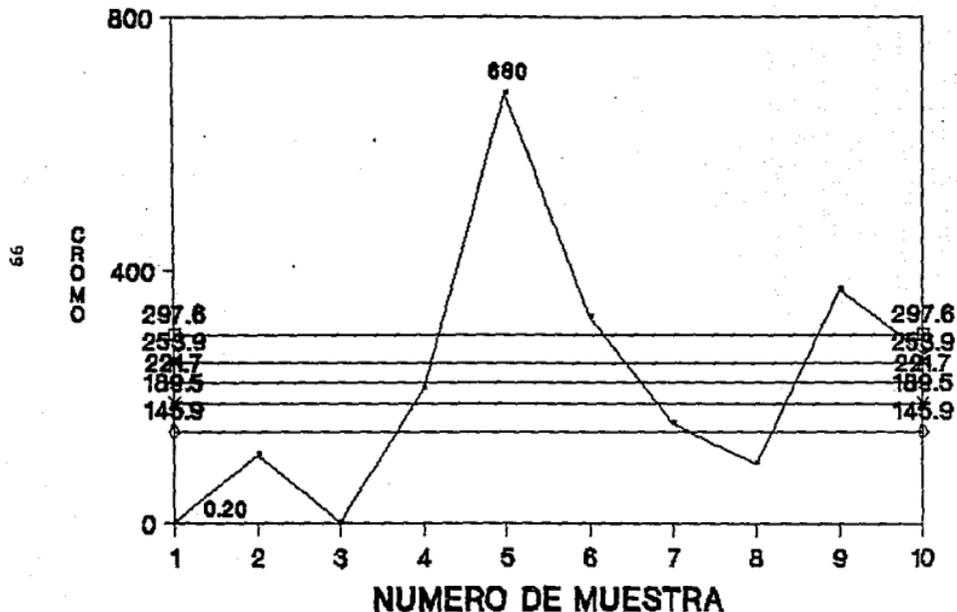
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO)



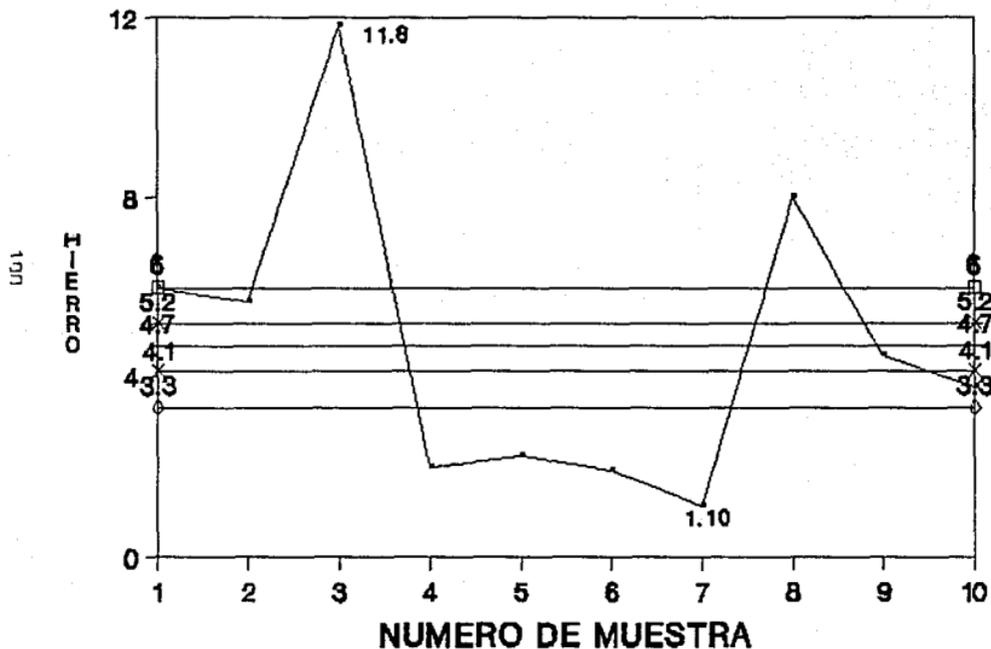
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO)



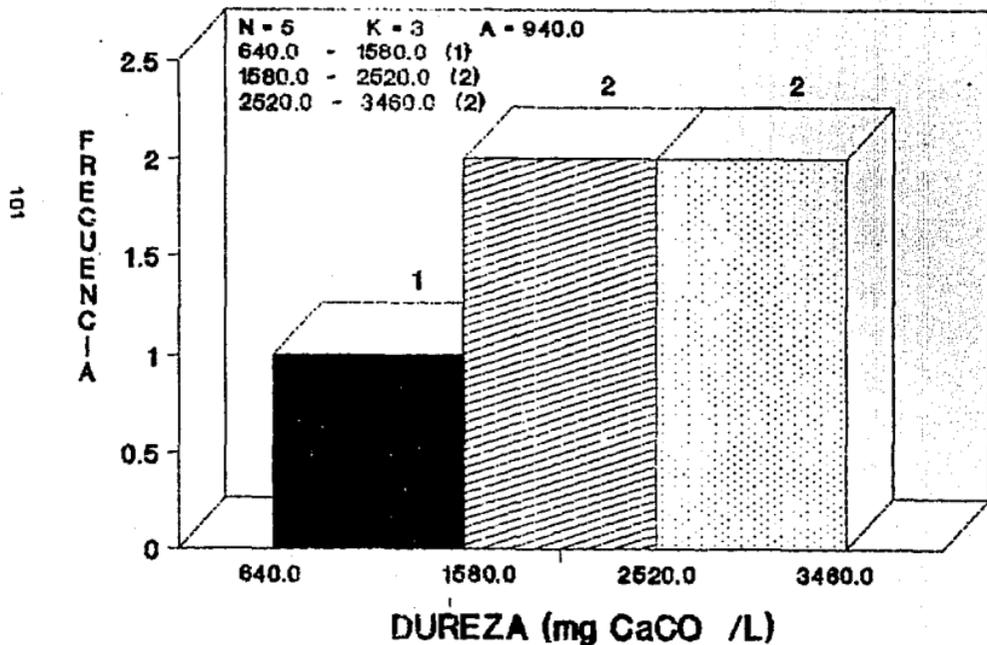
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (HIERRO)

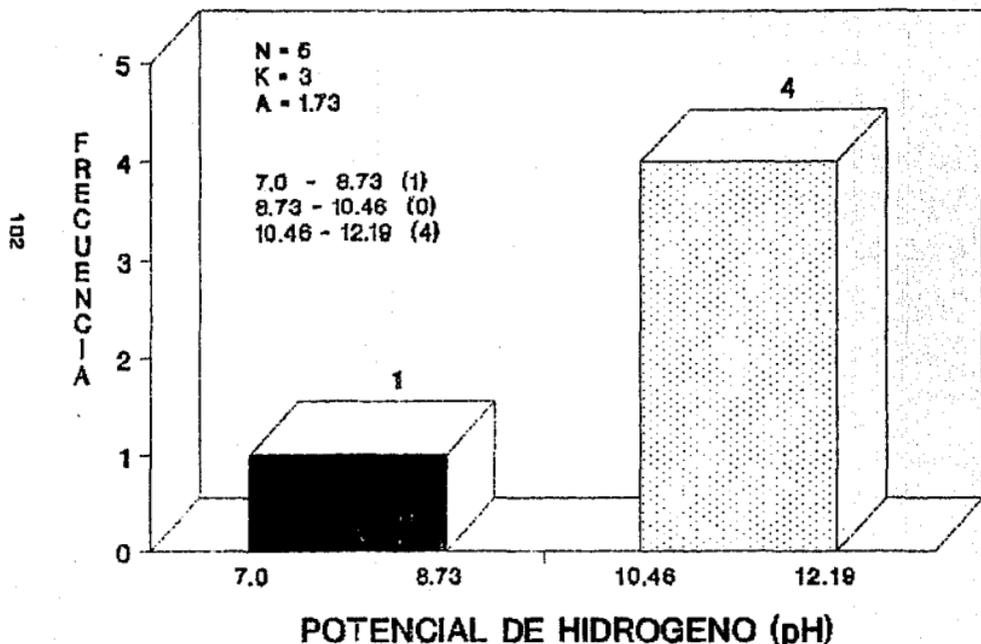


FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

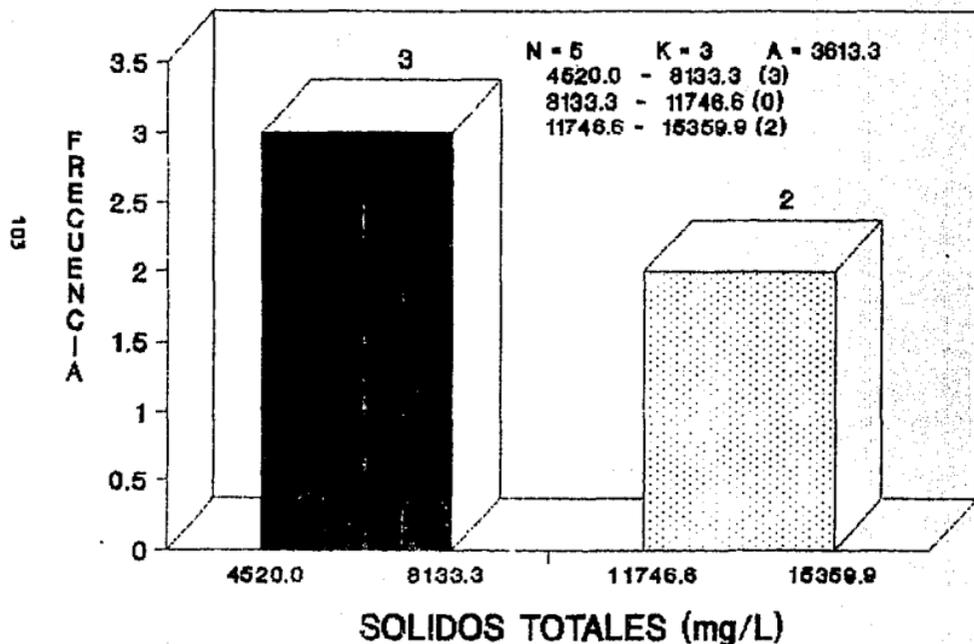
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DUREZA)



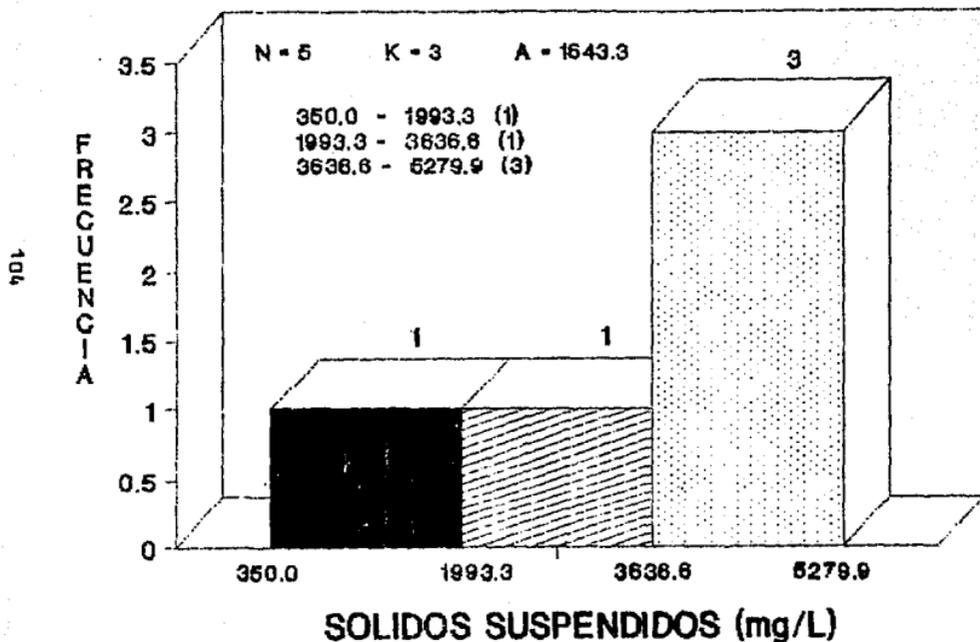
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)



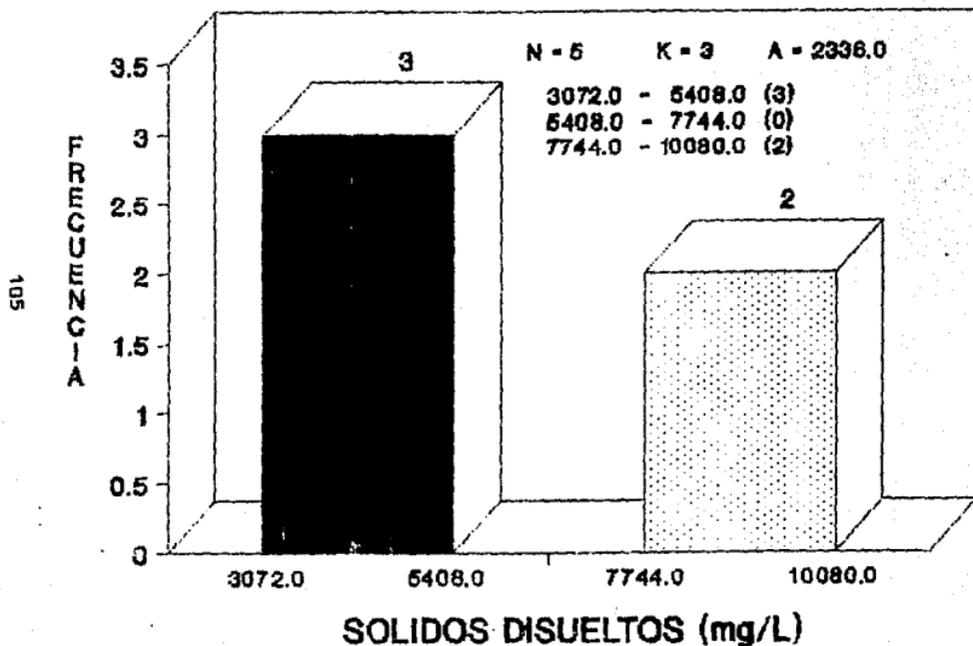
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS TOTALES)



# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS SUSPENDIDOS)

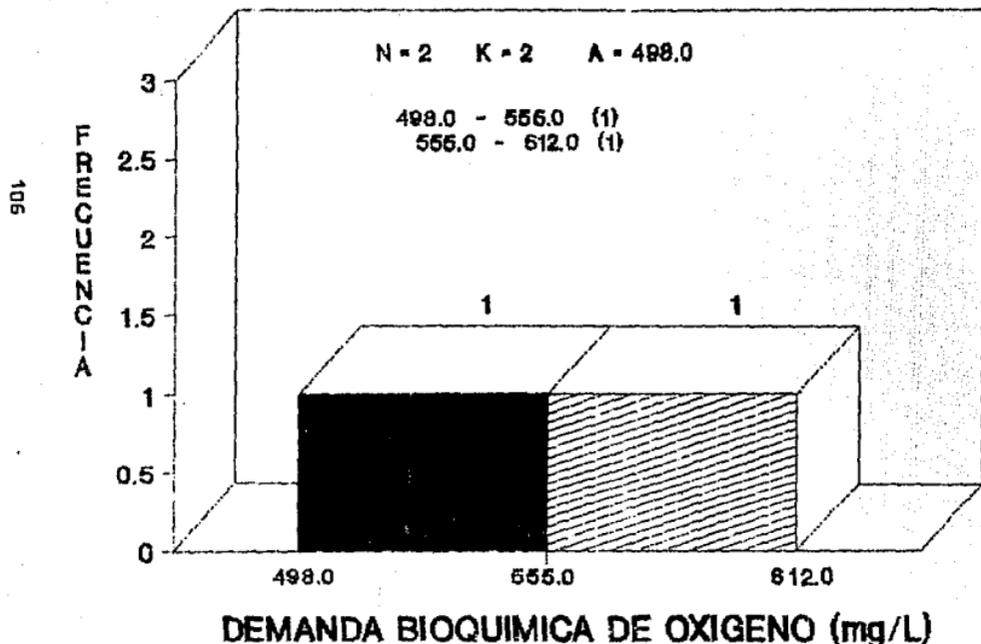


# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS DISUELTOS)

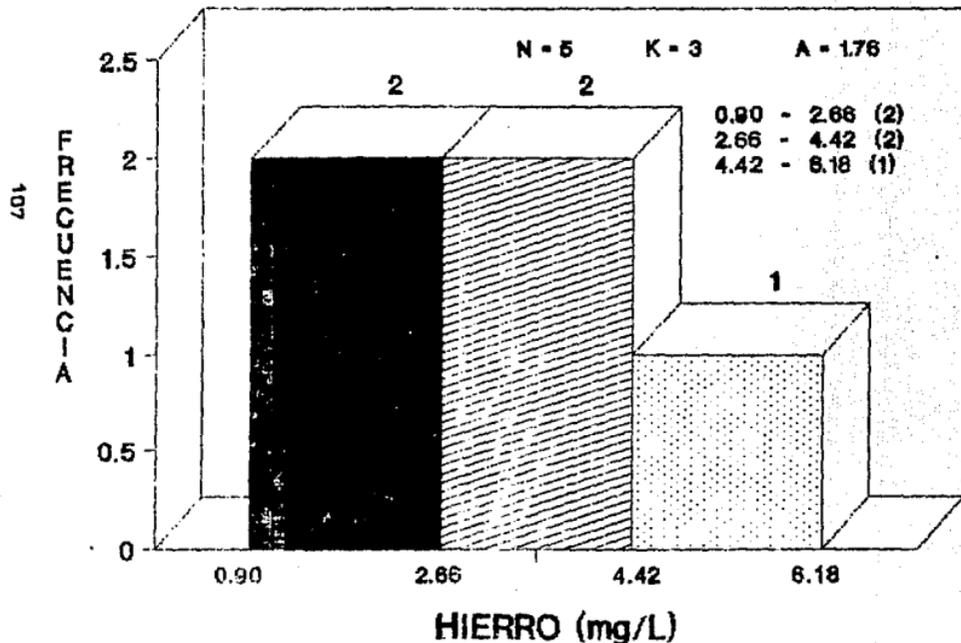


FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO))

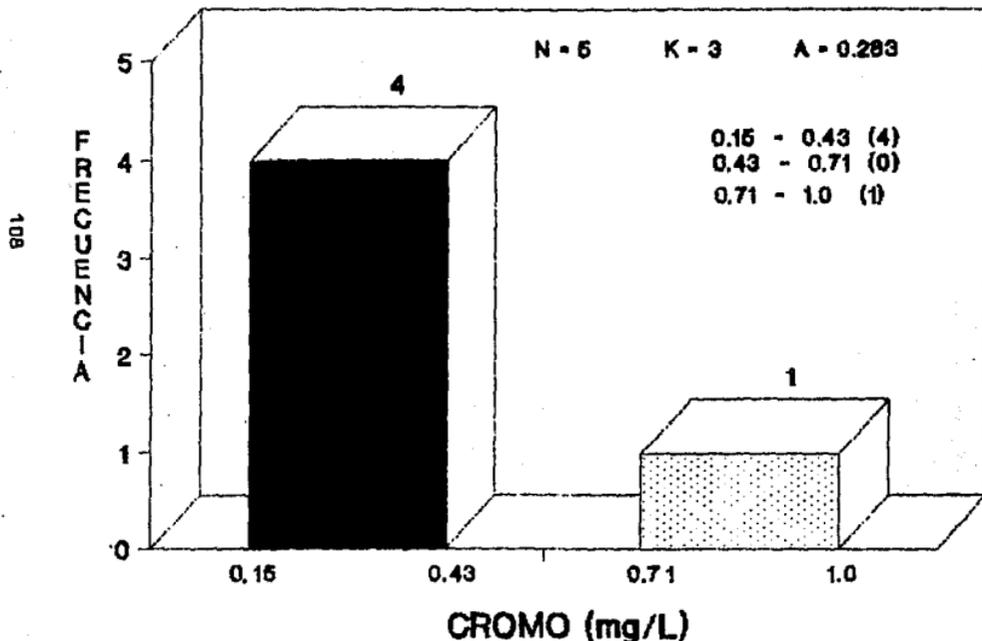


# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (HIERRO)

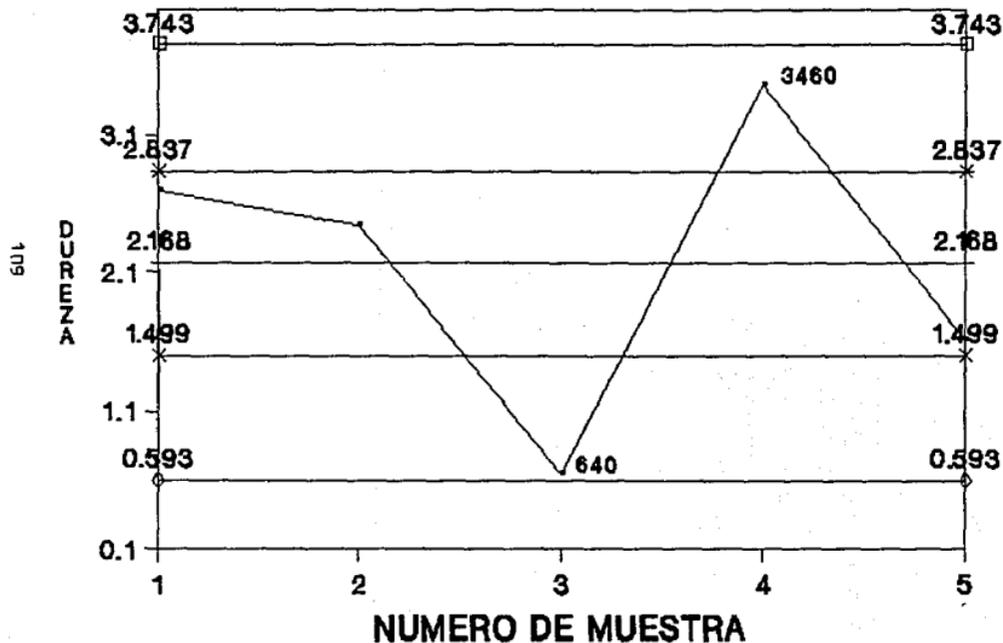


FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO)

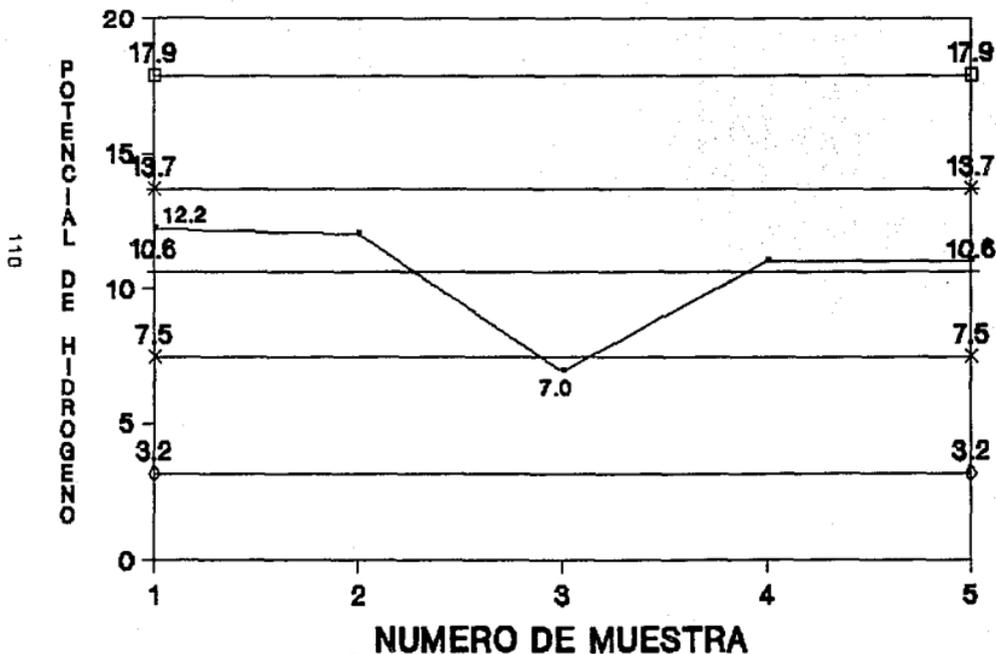


# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DUREZA)



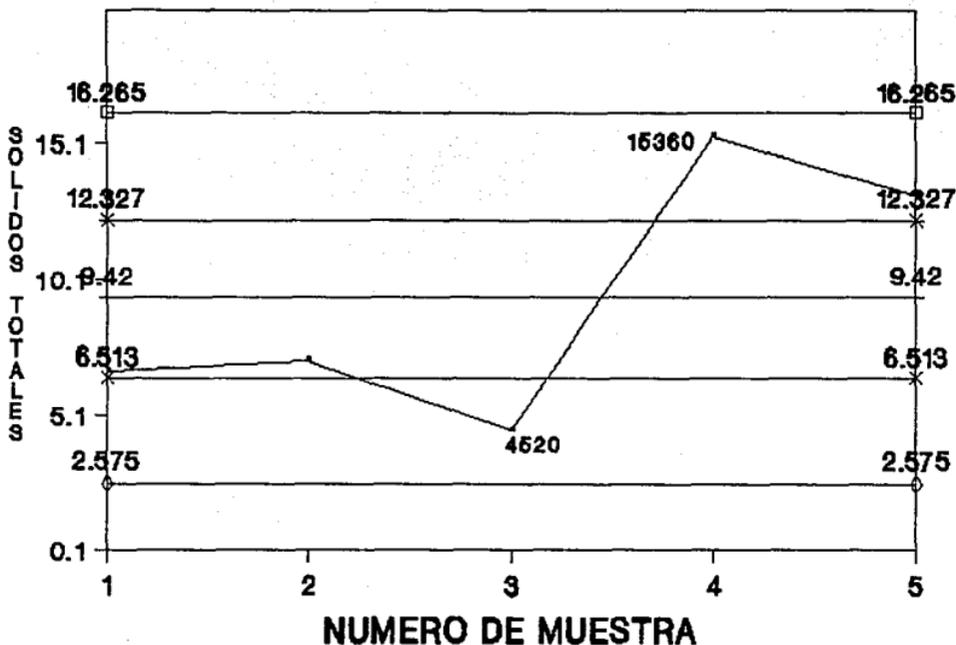
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (POTENCIAL DE HIDROGENO)



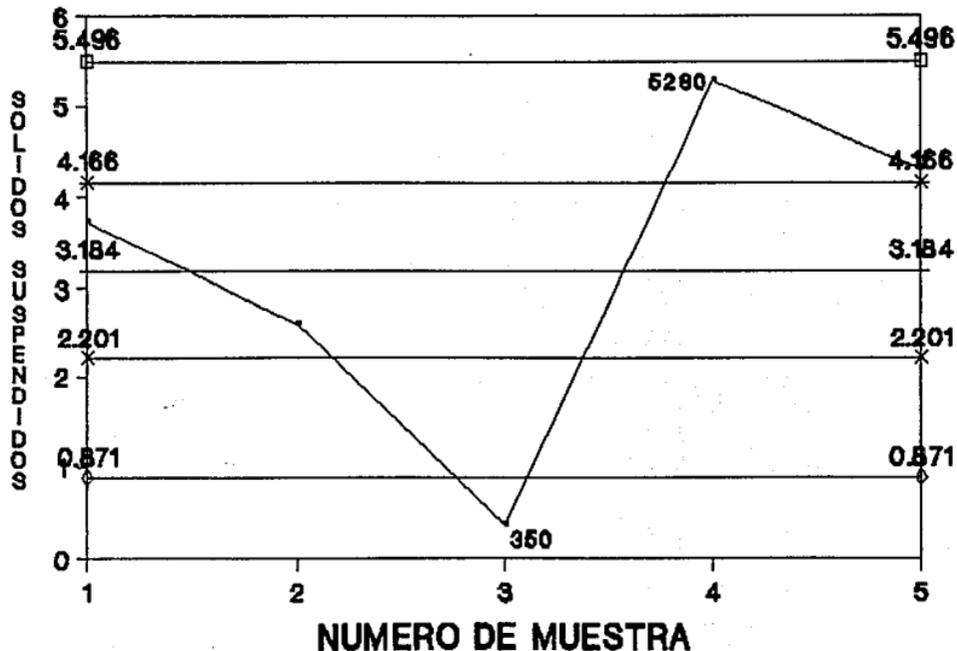
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS TOTALES)



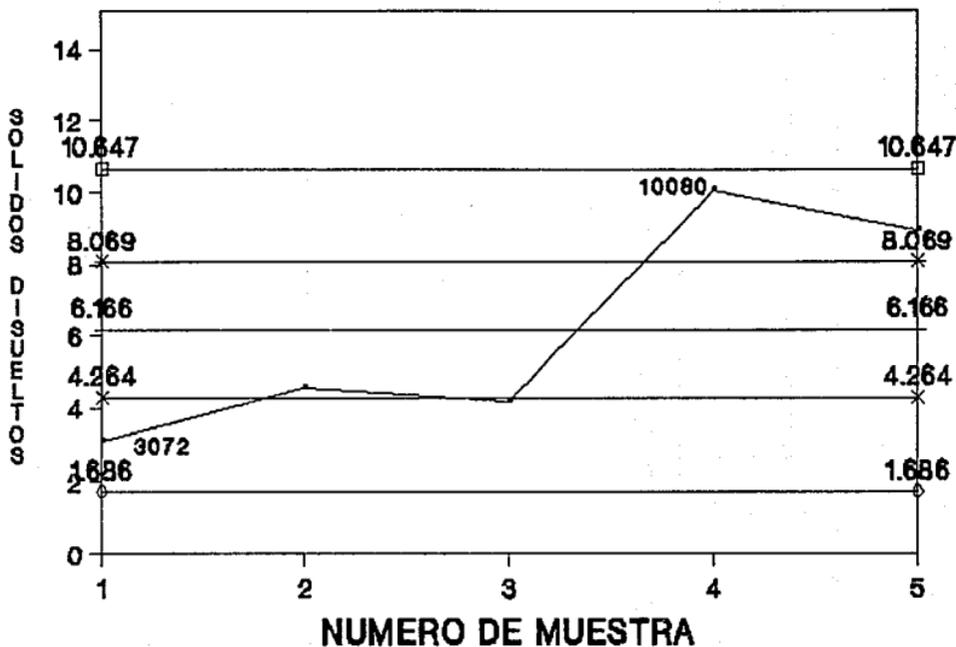
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS SUSPENDIDOS)



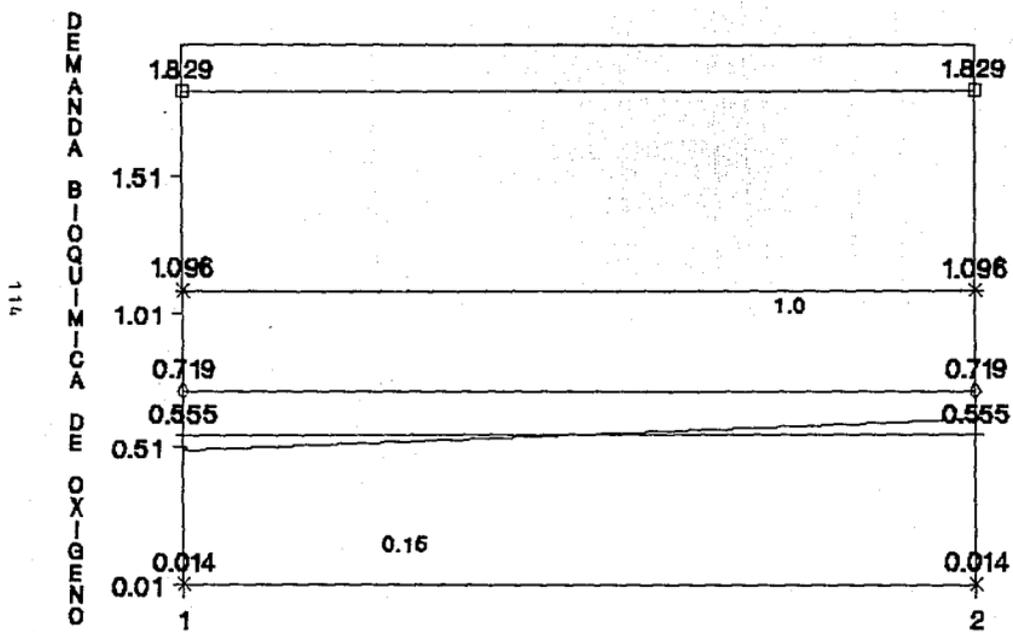
FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (SOLIDOS DISUELTOS)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

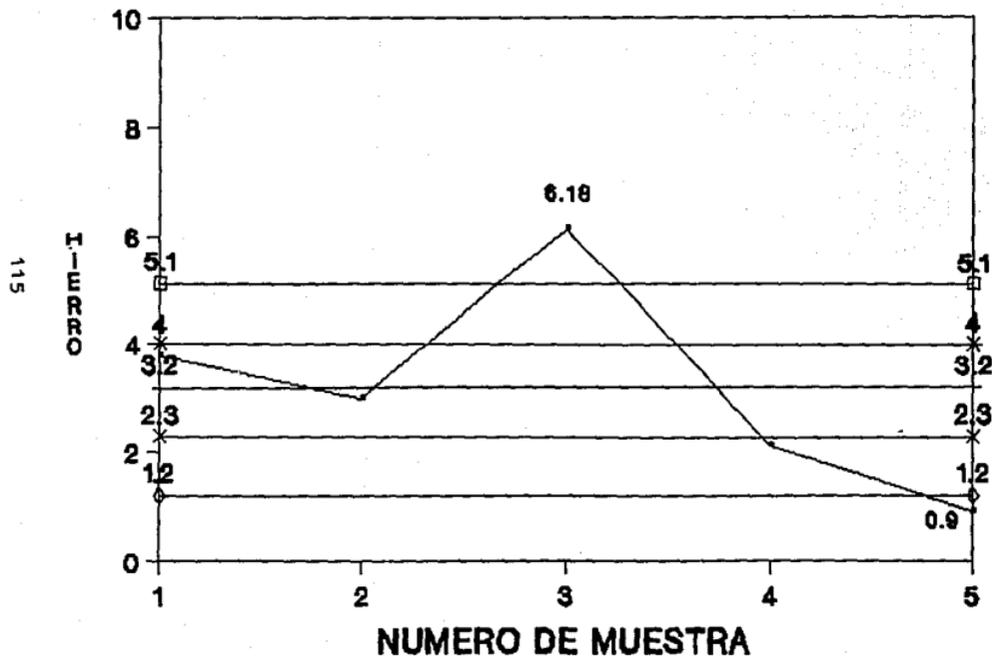
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO)



NUMERO DE MUESTRA

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

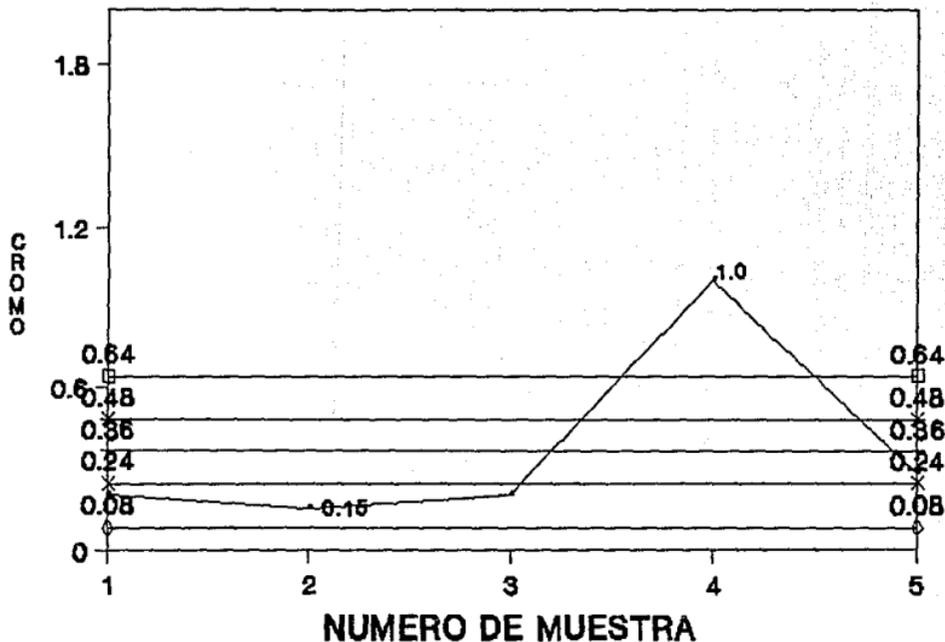
# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (HIERRO)



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

# INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA (CROMO)

116



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

## RELACION ENTRE VOLUMENES DE PRODUCCION Y AGUA CONSUMIDA EN UNA CURTIDURIA .

VOLUMEN DE AGUA (L/Kg)



31682

31682

33773

34727

30909

VOLUMEN DE PRODUCCION (Kg/dia)

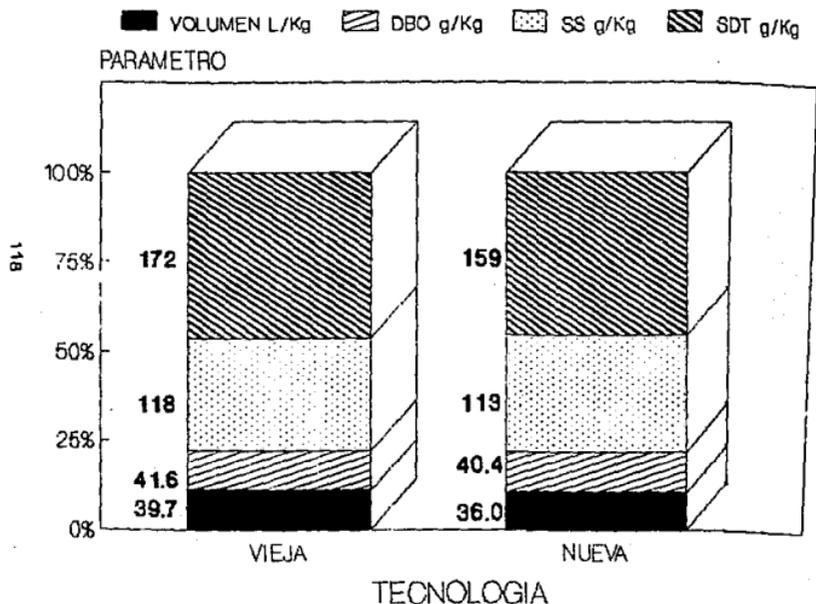
EN E.U.A.

FUERON 25 MEDICIONES EN 6 MESES  
MIDIENDO LAS DESCARGAS EN AGUAS  
RESIDUALES

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.  
DIAGNOSTICO DEL SECTOR, 1989, 1990, 1988.

Gráfica No.58

## VOLUMEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN CURTIDURIAS



SE TOMA COMO BASE EL CUERO TERMINADO

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

### **2.3 Sistemas de tratamiento para remoción de contaminantes**

Por las condiciones del proceso uno de los problemas más fuertes son los efluentes acuosos, los cuales pueden ser intermitentes o continuos ya que el agua es la base del proceso por los diferentes baños y lavados.

Estos efluentes pueden tener los siguientes caminos:

- Enviar el agua a un tratamiento antes de descargarla al drenaje municipal.
- Disponer directamente el agua a una planta municipal de tratamiento general de agua.

Para poder hacer una mejor valoración de los contaminantes de la industria es necesario conocer el tipo de muestreo y análisis que se van a realizar. (Considerando que son las técnicas y métodos generales más económicos y tecnológicamente factibles).

#### **2.3.1 Muestreo.**

Esta considerada como la parte determinante para una valoración adecuada de los contaminantes y sus concentraciones.

##### **2.3.1.1 Muestreo de agua.**

Considerando estas aguas como las de la industria en general que no son constantes en cuanto a su composición presentando enormes diferencias. Dependiendo de la fuente, precipitados, desechos contaminantes, temperatura y procesos industriales deben tener por lo tanto dos requisitos indispensables, en el muestreo que son:

- Tomar una muestra la cual será representativa del problema.
- Tomar una muestra en cantidad suficiente para todos los diferentes análisis.

Se utilizan por lo tanto las siguientes medidas:

\* Identificar las muestras correctamente \*

colocando:

- Etiqueta en el envase con los datos: Nombre tenería  
Lugar de muestreo  
(área)  
Fecha  
Hora
- Llevar una hoja con los datos de: Consumo de agua  
Condiciones  
atmosféricas  
Potencial de hidrógeno  
Oxígeno disuelto  
Acido sulfhídrico  
Lugar de muestreo  
Observaciones

Los recipientes deberán ser de una capacidad mínima de dos litros, estar perfectamente lavados con detergente, enjuagados con agua destilada y lavados con el agua que se va a muestrear. El material deberá ser de preferencia de plástico y cuando las muestras sean de fácil descomposición deberán mantenerse ha una temperatura de cuatro grados centígrados.

El muestreo puede ser :

- Muestreo simple, el cual consiste en tomar una sola muestra de agua por analizar, teniendo el defecto de no indicar las variaciones en la calidad que pudiera haber en el suministro de agua.
- Muestreo promedio, se obtiene a partir del promedio aritmético de los resultados de varias muestras simples a intervalos de horas, días, etcetera y proporciona una estadística de las variaciones de la calidad del agua.

En el caso de la industria de la curtiduría se haran cada tercer día,(un día si y otro no), cada cuatro horas y dependiendo del área se podrán hacer cada hora, como en el área de cal.

En el caso de la industria de la curtiduría el muestreo se puede hacer utilizando el método que consiste en tomar una muestra a partir de varias muestras considerando la proporción del gasto de agua.

Selección del lugar de muestreo y equipo necesario. Se toman en lugares donde por las características del flujo la concentración de la muestra deberá ser homogénea. Como es el caso de pozos y tanques elevados se toma la muestra en un recipiente de plástico limpio y después de que la bomba haya estado operando o cayendo el agua por gravedad de 5 a 10 minutos para desalojar el agua estacionada y así evitar contaminaciones por hierro insoluble.

Para otros tipos de recipientes la muestra se deberá tomar en un frasco de plástico limpio y en la línea de salida del tanque para que sea representativa del volumen total revisando que sea tomada abajo del nivel para evitar contaminaciones.

En el caso de canales y colectores se usarán frascos de vidrio con tapón esmerilado desconectable por medio de un cordón. Asegurando tomar la muestra en la mitad del área de flujo para evitar contaminaciones. Estos frascos deberán estar pesados.

Al tomar las muestras en las industrias se considerará la cantidad de capital en giro, el cual nos dará el tamaño de la industria y con ello toda la información para una mejor planeación del muestreo.

Las muestras deberán prepararse de manera inmediata debido a la fácil descomposición a la cual están expuestas por contener bacterias u otros microorganismos. Tratando de hacer el análisis lo más pronto posible y en caso contrario preservar las muestras hasta sus análisis.

Determinándose en el campo algunas características como: pH, turbiedad, olor, temperatura.

Por las características de cada parámetro se necesitan condiciones físicas y sustancias químicas para evitar problemas de descomposición.

## PARAMETROS Y CONDICIONES DE CONSERVACION

PARAMETRO	CONDICION
ALCALINIDAD	REFRIGERACION 4 CENTIGRADOS
CARBONATOS	REFRIGERACION 4 CENTIGRADOS
CLORUROS	NO NECESITA
CROMATOS	RECIPIENTE LLENO
DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO.	REFRIGERACION A 4°CENTIGRADOS
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	REFRIGERACION A 4°CENTIGRADOS
DUREZA TOTAL	RECIPIENTE LLENO
HIERRO TOTAL	REFRIGERACION A 4°CENTIGRADOS
NITROGENO TOTAL CONCENTRADO	0.8 ml. DE ACIDO SULFURICO
OLOR	REFRIGERACION A 4°CENTIGRADOS
PH	DETERMINAR EN EL LUGAR
PROTEINAS	REFRIGERACION A 4°CENTIGRADOS
SOLIDOS DISUELTOS	NO NECESITA
SOLIDOS SEDIMENTABLES	RECIPIENTE EN MOVIMIENTO
SOLIDOS SUSPENDIDOS	RECIPIENTE EN MOVIMIENTO
SULFUROS	2 ml DE ACETATO DE ZINC/L
TANINOS Y LIGNINAS	RECIPIENTE LLENO
TEMPERATURA	DETERMINAR EN EL LUGAR
TURBIEDAD	1 gr./LITRO DE CLORURO DE MERCURIO

FUENTE: METCALF & EDDY ; Ingenieria sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales; 2a. Ed.; EDITORIAL LABOR S.A.; 1985

### **2.3.1.2 Muestreo de aire.**

Otro de los problemas provocado por esta industria es la contaminación atmosférica por lo tanto surge la necesidad de tomar muestras de aire.

El problema se ubica por una mala combustión de la caldera, desprendimiento de polvo de piel producido en el proceso de lijado y a la salida de solventes en forma gaseosa (vapores) propia del departamento de acabado.

En este caso los métodos de muestreo a seguir son:

**2.3.1.2.1 Análisis Directo.-** Muestreo que consiste en hacer pasar parte de la corriente circulante a través de un pequeño ducto conectado a un aparato de análisis Orsat. El aire se bombea a través del ducto y cruza las diferentes celdas del aparato absorbiéndose. La cantidad absorbida nos dará a conocer la concentración del contaminante en el aire.

**2.3.1.2.2. Análisis Indirecto.-** Consiste en hacer pasar parte del fluido gaseoso en estudio a través de un ducto provisto de un filtro, en el cual se depositarán las partículas existentes, pasando a través de el filtro el aire limpio. La bomba de vacío utilizada permite un mejor flujo y adecuada determinación. El filtro se analiza y posteriormente se interpreta bajo una escala previamente fijada, conociéndose así la concentración de las partículas suspendidas dentro del ducto.

La técnica más utilizada es hacer un pequeño orificio al conducto con un diámetro lo suficientemente grande que permita introducir la boquilla por la cual entrará el aire que se va a analizar o tomar la muestra en el recipiente y bolsas de preferencia de plástico herméticamente cerrados para evitar contacto con el exterior y no dañar la muestra antes de su análisis.

Para planear un programa de análisis se considera:

- Analizar que punto del sistema necesita control y por lo cual es necesario analizar su composición.
- Dada la toxicidad y concentración determinar cuales son los contaminates que requieren control.

- Analizar cual es el método a utilizar para evaluar la cantidad de cada contaminante en particular.
- Determinar con que frecuencia el contaminante deberá ser analizado cuantitativamente.

El uso de métodos analíticos cualitativos o semicuantitativos rutinarios tales como las técnicas de emisión ópticas o colorimétricas pueden ayudar a determinar la cantidad de contaminantes y tipo de contaminantes.

Después de haber conocido los elementos presentes en el agua se deberá elegir un método adecuado para su cuantificación directa o indirecta.

Como la determinación de pH y oxígeno disuelto cuyo valor numérico nos da indirectamente la presencia o ausencia de acidez o alcalinidad y la presencia o ausencia de materia orgánica o inorgánica reductiva.

Al seleccionar el método de análisis se debe considerar:

- A) Parámetros
- B) Posibles interferencias
- C) Precisión y exactitud (dentro de un rango)
- D) Rapidez y bajo costo de análisis

### **2.3.2 Posibles Métodos de Análisis**

**2.3.2.1 Aceites y grasas emulsionados.**- Para aceites y grasas emulsionados o disueltos: se extraen de la siguiente manera. Se vierte la muestra de un litro en un embudo de separación de suficiente capacidad. Se acidula la muestra con 5 ml. de ácido sulfúrico por litro. Se lava el frasco de muestra cuidadosamente con 15 ml. de éter de petróleo y se agregan los lavados de éter al embudo de separación.

Se agregan al embudo 25 ml. adicionales de éter, agitándose vigorosamente por 2 minutos. Se deja separar la capa eterea y se vierte la porción acuosa de la muestra a un recipiente limpio, pasándose la capa del disolvente a un matraz de destilación limpio y tarado, con una capacidad mínima de tres veces el volumen del disolvente. Despues de pasar el eter de dos extracciones, se lava el embudo y el papel filtro por dos ocasiones, con porciones adicionales de 5 ml. de éter de petróleo. Se regresa la muestra al embudo de separación, se lava el recipiente con 15 ml. de éter y se agrega este lavado y un volumen adicional de 25 ml. de éter al embudo de separación que se agita por otros 2 minutos.

Se deja separar la capa eterea y se desecha la porción acuosa. Se agrega el extracto etereo al matraz tarado y se lava el embudo de separación con 20 ml. de éter que se pasan al matraz de destilación tarado. Se destilan los extractos (70° Centigrados) dejando 10 ml. remanentes. Se vaporiza el resto del disolvente del matraz tarado secandolo en baño Maria. Se eliminan los vapores, se enfria el desecador por 30 minutos y se pesa. Los cálculos se haran de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{mg/litro de Aceite} = (\text{mg de aumento} - \text{mg del residuo del solvente}) \times \frac{1,000}{\text{mL de muestra}}$$

**2.3.2.2 Alcalinidad.**- Por lo general la alcalinidad se debe a los componentes de bicarbonato, carbonato e hidróxido de un agua natural o tratada. Para su determinación, se procede así:

Se recomienda que se usen volúmenes de muestra que necesiten menos de 50 ml. de la solución tituladora pues se obtiene un vire mas preciso. Alcalinidad total con el indicador mixto de verde de bromocresol y rojo de metilo: se agregan 0.15ml. de indicador (3 gotas) a la muestra por analizar, de 50 a 100 ml. si es posible, contenida en un matraz erlenmeyer. Se titula sobre una superficie blanca con ácido valorado 0.02 N (generalmente se usa ácido clorhídrico), hasta el punto de equivalencia adecuado. El indicador da los siguientes vires de color: azul verdoso arriba de pH de 5.2; Azul claro a gris, a pH de 5; gris rojizo claro con tonos azulosos a pH de 4.8 y rosa claro a pH de 4.6.

El indicador se prepara con 0.02 gramos de rojo de metilo y 0.1 gramo de verde de bromocresol en 100 ml. de alcohol etílico.

Alcalinidad= (ml de ácido valorado) (normalidad del ácido x 50, ml de muestra)

**2.3.2.3. Cromo.-** El cromo se puede presentar en las aguas tanto en la forma trivalente como hexavalente. A la muestra en un matraz erlenmeyer, se agregan 5 ml. de ácido sulfúrico y 1 ml. de solución de sulfito de sodio; se deja reposar durante 10 minutos para la reducción íntegra del cromo hexavalente; se agregan 3 perlas de vidrio y se cubre el matraz con un pequeño embudo que actúa como condensador de reflujo; se evapora y se mantiene en digestión por 15 minutos o hasta que clarifique. Se enfría y se diluye cuidadosamente a unos 50-80 ml. se lleva a ebullición y se agrega permanganato de potasio a gotas hasta que persista un ligero color rosa por 10 minutos (0.1 N). Se agrega la solución de  $\text{NaNO}_2$  (0.5 gramos en 100 ml.) hasta que la solución sea incolora. Se enfría la muestra. Se colocan en tubos de Nessler y se compara visualmente con patrones que contengan de 0.003 A 0.20 miligramos/litro de cromo. Se prepara una curva de calibración en el ámbito de cromo de 0.005 A 0.40 miligramos /litro aplicándose la medición fotométrica a 540  $\mu$  (espectrofotómetro).

**2.3.2.4 Dureza.-** La presencia de sales de calcio y magnesio en el agua son las causantes directas de su dureza, siendo el grado de está directamente proporcional a la cantidad de los metales presentes. La dureza del agua esta relacionada íntimamente con las fuentes de las cuales proviene y su importancia radica en los usos a los cuales este encaminada.

#### LA CLASIFICACION GENERAL DE AGUAS ES:

Menos de 15 ppm	agua muy suave
15 - 50 ppm	agua suave
50 - 100 ppm	agua medianamente dura
100 - 200 ppm	agua dura
Mas de 200 ppm	agua muy dura

La dureza se remover mediante ablandamientos con cal sodada, ablandamientos con intercambio iónico o medianamente el uso de otros procedimientos.

La prueba está basada en la determinación de calcio y magnesio en la muestra, mediante una titulación en presencia de un colorante orgánico. El punto final lo determinará el vire de un color rojo a un azul, dentro de la solución. En 50 ml. de la muestra y transfiriendola a una capsula de porcelana de 210 ml. Adicionar 0.2 gramos de reactivo amortiguador de dureza y agite la muestra. Agregue 0.2 gramos de indicador de dureza, agitando simultaneamente. Si la dureza esta presente, la muestra tomará un color rojo. Adicionar la solución tituladora (1ml = 1mg de CaCO<sub>3</sub>), mediante una bureta hasta que la solución empiece a mostrar una tenue coloración azul, pero persistiendo el color rojo. El punto final de la titulación lo dará el color azul, definitivo en la solución.

$$\text{Dureza como CaCO}_3 = \frac{\text{ml de solución tituladora} \times 1000}{\text{ml de muestra}} \text{ ppm}$$

**2.3.2.5 Potencial de Hidrógeno (pH).**- El pH es un número localizado en una escala entre 1 y 14, el cual nos da el grado de acidez o alcalinidad en una solución. El agua neutra tiene un pH de 7. Valores menores de 7 y que se aproximan a uno van aumentando su acidez mientras que los que van de 7 a 14 van incrementando su alcalinidad. Existen varios métodos para determinar el pH, en este caso mencionaremos el método colorimétrico el cual se basa en el uso de indicadores, los cuales al entrar en contacto con la solución muestreada, cambian su color, y este último comparado con una escala prefijada, da a conocer el valor del pH de la solución. La determinación debe hacerse preferentemente en muestras frescas evitando lo mas posible, entrar en contacto con el aire. La muestra previamente agitada se pone en contacto con el papel indicador líquido según sea el caso, produciendose de inmediato cambio en el color original. La semejanza de este último con uno de los colores de la escala, se traduce en el resultado cuantitativo buscado.

**2.3.2.6 Sólidos Totales, Sólidos suspendidos, sólidos disueltos.**- Los sólidos suspendidos son aquellos que no se encuentran verdaderamente en la solución y que pueden ser removidos por filtración. Los sólidos totales representan la suma de los sólidos disueltos y suspendidos. Los primeros tienen su origen en la acción que como solvente, ejerce el agua sobre los minerales de la tierra. Los últimos acompañan al agua como resultado de la acción turbulenta de esta sobre los suelos.

Los sólidos disueltos están compuestos generalmente por sulfatos, bicarbonatos y cloruros de calcio, magnesio y sodio. Su remoción puede seguir varios caminos, siendo el ablandamiento con zeolitas de sodio, uno de ellos. Para los sólidos suspendidos la coagulación y/o la filtración, son buenos procedimientos de eliminación. Las pruebas de análisis están basadas en la evaporación de la muestra a sequedad, con el subsecuente pesado del residuo sólido finalmente formado.

**2.3.2.6.1 Sólidos Totales.-** Evaporar hasta sequedad, 100 ml. de la muestra, contenidos en un crisol a 103°C Centígrados durante una hora. El incremento en peso del crisol en miligramos multiplicado por 10 es igual a los ppm de los sólidos totales.

**2.3.2.6.2 Sólidos Disueltos.-** La muestra deberá ser filtrada hasta reducir la turbidez a menos de una unidad; se toman 100 ml. del filtrado y se sigue la rutina de sólidos totales.

**2.3.2.6.3 Los sólidos suspendidos.-** se determinan efectuando la diferencia cuantitativa entre sólidos totales y disueltos previamente analizados.

**2.3.2.7 Hierro Total.-** El hierro existe en dos estados, ferroso y férrico. Su determinación es importante dentro del campo de la corrosión en general y de las reacciones internas en particular. La prueba está basada en la formación de un complejo naranja producto de la reacción del ion ferroso con fenantrolina. El color originado es comparado con una escala de soluciones preparadas con tubos Nessler. La preparación de las soluciones es:

A 50 ml. de agua destilada (con hierro libre), la solución de hierro (10 ppm de hierro) en incrementos de 1 ml.. Cada ml. adicionado es 0.1 ppm de hierro. Se agregan 2 ml. de ácido clorhídrico 10% y se afora a 100 ml. con agua destilada. La solución se pasa a un frasco de 250 ml.. Se agregan 10 ml. de reactivo de hidroxilamina y se agita. Se adicionan los 10 ml. de reactivo de ortofenantrolina removiendo el contenido. Se llenan los tubos de Nessler con la solución final formada. Para analizar el hierro total se hace lo siguiente: se toman 100 ml. de la solución final se pasan a un frasco de 250 ml.



sulfuros) los cuales reaccionan con el oxígeno disuelto.

La técnica es la siguiente; se elabora una dilución, la cual esta compuesta por agua destilada a la que se le adiciona 10 ml. de solución amortiguadora de fosfatos (disolver 8.5 g. de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 21.75 g. de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 33.4 g. de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; y 1.7 g. de  $\text{NaCl}$  en 500 ml. de agua destilada aforando a un litro), 10 ml. de una solución de cloruro de calcio (disolviendo 27.5 g. de cloruro de calcio anhidro en un litro de agua destilada), 10 ml. de una solución de sulfato de magnesio (disolviendo 22.5 g. de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en un litro de agua destilada) y 10 ml. de una solución de cloruro férrico. (disolviendo 0.25 g. de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en un litro de agua destilada).

La solución anterior se satura de oxígeno durante 20 minutos usando una bomba de vacío.

Se toman los mililitros de muestra según sea el grado de contaminación que tenga se disuelve en un litro de agua de dilución (generalmente se trabaja con 0.1 a 0.5 % de dilución, en aguas muy contaminadas). Se llenan 3 frascos con esta última solución, dos de los cuales se meten a la incubadora para su análisis en 5 días posteriores y el tercero se estudia así: se le agregan 2 ml. de una solución de sulfato de magnesio y 2 ml. de solución de alcali yoduro. Se espera un tiempo para permitir el asentamiento del precipitado el cual se disuelve con ácido sulfúrico. Se toman 100 ml. los cuales se titularán con una solución de almidón como indicador y el vire de azul a blanco determina el punto final de la titulación. Registrando el volumen gastado.

El resultado se obtiene con la siguiente expresión:

$$\text{DBO} = \frac{(a - b) \times 2.04}{\text{por ciento de dilución de la muestra.}}$$

Donde:

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno

a = mililitros gastados en la titulación al momento de fijar la muestra.

b = mililitros gastados en la titulación después de que pasaron los 5 días.

**2.3.2.10 Demanda Química de Oxígeno(DQO).**- El principio se basa en la destrucción que sufre la materia orgánica bajo la acción de cromo y ácido sulfúrico. La muestra se pone a reflujo con cantidades conocidas de dicromato de potasio y ácido sulfúrico y el exceso de dicromato se titula con sulfato de amonio ferroso. La cantidad de materia orgánica consumida es proporcional al exceso de dicromato de potasio usado.

En un frasco redondo se adiciona; 0.4 gramos de  $HgSO_4$ ; 20 ml. de muestra; 10 ml. de dicromato de potasio 0.25 N; y 30 ml. de una solución de ácido sulfúrico y sulfato de plata. Poniéndose a reflujo durante una hora. Se enfría el matraz y el contenido se lava con agua destilada de 4 a 5 veces usando aproximadamente el volumen original. Se adiciona el indicador de ferroína y se titula. El cambio del color amarillo a rojo bermellón determina el punto final.

Un testigo se prepara con 50 ml. de agua destilada, junto con todos los reactivos utilizados y pasos seguidos. La titulación indica el orden de ml. por gastar y el vire del color final. La obtención del resultado numérico se da por la siguiente expresión:

$$DQO \text{ ppm} = \frac{(a - b) c \times 8000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

a: Volumen de sal de Mohr que gasta el testigo

b: Volumen de sal de Mohr que gasta el problema

c: normalidad de la sal de Mohr, generalmente se usa  $N = 0.1$

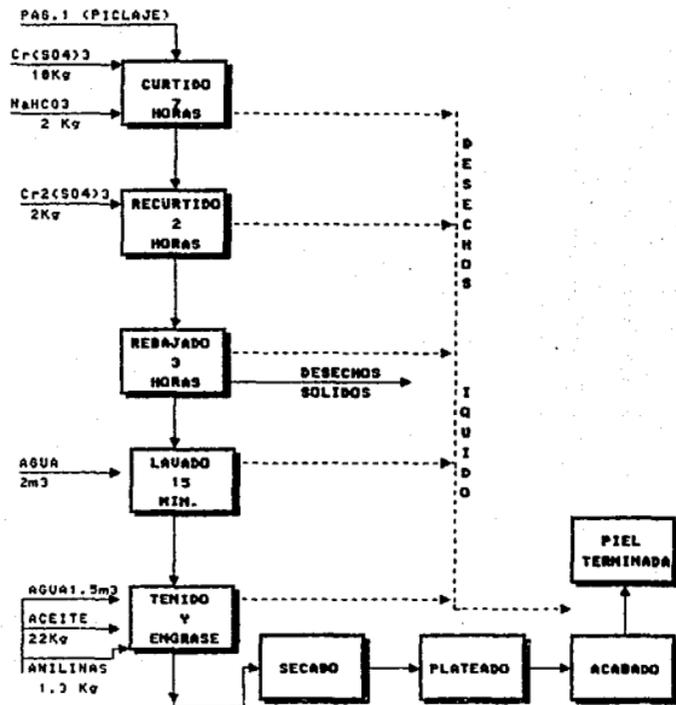
**2.3.2.11 Nitrógeno Orgánico .-** El nitrógeno orgánico puede ser determinado por digestión de la muestra después de haber liberado el amoníaco libre, con una subsecuente titulación con ácido previa una destilación de la solución que se esté trabajando.

<sup>10</sup> METCALF & EDDY ; Ingeniería sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales; 2a. Ed.; EDITORIAL LABOR S.A.; 1985



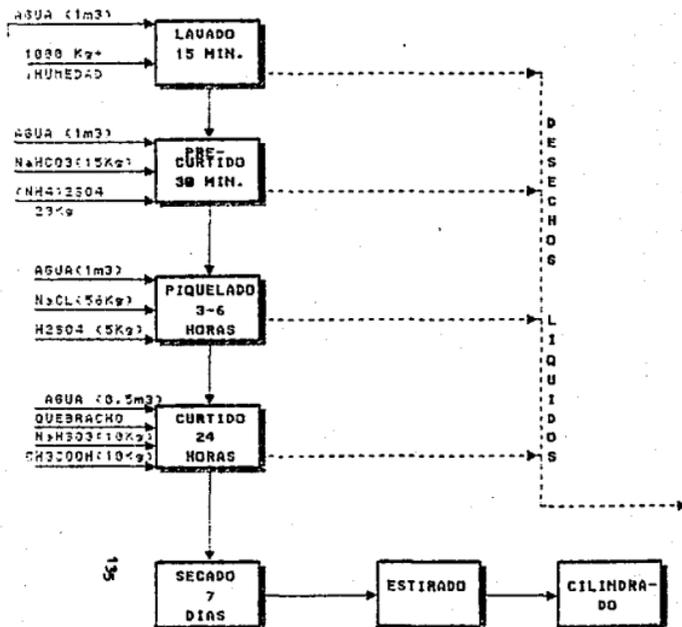


# PROCESO DE PRODUCCION BAQUETA (CURTIDO AL CROMO)



PROCESO DE PRODUCCION  
 PARA SUELA ( EN ALGUNOS LUGARES )

FIGURA No.5



**2.3.2.12 Sustancias Químicas utilizadas generalmente en el proceso de curtido**

Nombre	Formula
Sulfito de Sodio	$\text{Na}_2\text{S}$
Hidróxido de Calcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Acido Clorhídrico	HCL
Sulfato de Amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Bisulfito de Sodio	$\text{NaHSO}_4$
Cloruro de Sodio	NaCl
Acido Sulfúrico	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Carbonato de Sodio	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Sulfito de Sodio	$\text{Na}_2\text{SO}_3$
Sales de Cromo	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
Curtientes Vegetales	Acacia Casalote, etc.
Bactericidas	varios
Soluciones Alcalinas	varios
Aceites	varios

**Sustancias Químicas usadas en el acabado**

Butano	Tolueno
Acetato de Etilo	Tricloroetileno
Acido Fórmico	
Monoclorobenzeno	
Ciclohexano	
Xileno	
Etilenglicol	

Tomando en cuenta el proceso de curtido en general así como todo lo anterior ( parámetros, métodos de muestreo, métodos de análisis) podemos plantear lo siguiente:

Los sistemas de tratamiento para remoción de los contaminantes de esta industria consideraran. Los diagramas de flujo de los diferentes sistemas de agua.

Medición y estimación del gasto de agua, tanto del efluente final como de sus componentes, así como de la corriente de dilución receptora.

### **2.3.3 TIPOS DE TRATAMIENTO**

Existen tres tipos de tratamiento a seguir los cuales dependiendo del grado de contaminación se utilizarán. En el caso de la industria de la curtiduría por el tipo de contaminantes se pueden llegar ha utilizar los tres, que son<sup>4</sup>:

- ) Tratamiento Primario
- ) Tratamiento Secundario o Biológico
- ) Tratamiento Terciario o Avanzado

#### **2.3.3.1 Tratamiento Primario.**

Se utiliza para eliminar sólidos grandes ejemplos: pedazos de madera, desperdicios, arena, aceite, etcetera. Que puedan dañar los equipos de bombeo y de control de gasto. Asimismo para disminuir la carga de contaminantes en los tratamientos posteriores.

El equipo que se puede utilizar es:

- Cribas o rejillas para retener el material grande.
- Tanques desarenadores, eliminan arena y partículas pequeñas.
- Tanques de neutralización. Estos funcionan almacenando agua ácida o alcalina para efectuar su neutralización y para aglomerar o flocular los sólidos suspendidos y en caso necesario para hacer flotar el aceite y grasa por medio de aire.

<sup>4</sup> METCALF & EDDY; Ingeniería sanitaria, tratamiento, evacuacion y reutilizacion de aguas residuales; 2a. Ed.; EDITORIAL LABOR S.A.; 1985.

En los tanques de sedimentación se separa aceite, grasa y los sólidos fácilmente sedimentables del proceso anterior, ya sea por sedimentación natural o por medio de rastrillos mecánicos de movimiento lento.

### 2.3.3.2 Tratamiento secundario

Estos tratamientos tomarán como base el control de los procesos naturales que dan en el agua contaminada al volverse a purificar. Los procesos se llevan a cabo por la adaptabilidad que tienen las bacterias saprofitas de vivir con diferentes cantidades de oxígeno disuelto. Las bacterias anaerobias toman oxígeno disuelto del agua para destruir la materia orgánica y transformar el nitrógeno amoniacal a nitratos y las anaerobias de oxígeno en ausencia de oxígeno disuelto toman el oxígeno de los nitratos transformándolos a nitritos, etcetera.

#### 2.3.3.2.1 Clasificación de equipos.

Los tratamientos biológicos se clasifican en aerobio y anaerobio, mientras que los equipos se clasifican en :

2.3.3.2.1.1 Lagunas de Oxidación.- En las cuales el mecanismo de tratamiento depende de la interacción y convivencia entre las bacterias y las algas. Las bacterias convierten la materia orgánica propia de la descomposición en productos más estables y al hacerlo liberan elementos nutritivos indispensables para el crecimiento de las algas. Las algas al utilizar estos productos nutritivos, producen oxígeno mediante fotosíntesis y por lo tanto, crean y mantienen condiciones aerobias para las bacterias.

2.3.3.2.1.2 Filtros Percoladores.- O lechos de oxidación biológica, en los cuales el agua que sale por las toberas de un brazo móvil se rocía encima de una cama de gravas en las cuales se desarrollan los microorganismos que desdoblán la materia orgánica a compuestos simples y el agua tratada se recolecta en el fondo.

2.3.3.2.1.3 Tratamiento con Lodos Activados.- El cual se basa en poner en contacto íntimo el agua por tratar en un tanque rectangular con lodos biológicamente activados, los cuales oxidan la materia orgánica ayudados por la aereación y los sólidos en suspensión y los coloides coagulan formando un precipitado que sedimenta reposadamente, aclarando el agua, lo cual se hace en un clarifloculador. Se clasifican en: convencional, estabilización de contacto y aereación por etapas.

### 2.3.3.3 Tratamiento terciario

2.3.3.3.1 Requieren de procesos físicos tales como: filtración, flotación, absorción, separación de espuma, ósmosis inversa y diálisis. También químicos como: neutralización, coagulación, oxidación química reducción, precipitación, intercambio iónico, etcetera<sup>5</sup>.

2.3.3.3.2 Equipos que pueden ser utilizados:

2.3.3.3.2.1 Clarifloculadores, con el fin de bajar más los sólidos suspendidos, DBO, DQO y fosfatos (estos son clarifloculadores).

2.3.3.3.2.2 Filtros para eliminar los sólidos suspendidos o reducirlos a un valor mínimo.

2.3.3.3.2.3 Torres de arrastre con aire y absorción en carbón activado, para bajar otros compuestos orgánicos.

Otras alternativas son :

- 1.- Cambios en el proceso
- 2.- Cambios en la materia prima
- 3.- Realizar un balance de materia adecuado para evitar desperdicios.
- 4.- Mantenimiento preventivo y correctivo eficiente
- 5.- Capacitación del personal de producción y en general
- 6.- Instalación de equipo de monitoreo para detectar variaciones en las cantidades de contaminantes.
- 7.- Tratamiento a químicos para ser reutilizados
- 8.- Aprovechamiento al máximo del material

<sup>5</sup> UNEP/IEO - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT OFFICE; TECHNICAL REPORT SERIES No.4; TANNERIES AND THE ENVIRONMENT A TECHNICAL GUIDE. 1991.

A lo largo de su historia esta industria no ha podido establecer criterios de control por la gran variedad de procedimientos utilizados.

A pesar de esto se ha tratado de seguir una idea de flujo a contracorriente de esta manera se utilizarían al máximo todos los reactivos, disminuyendo de esta manera la concentración en los efluentes finales además de considerar un uso de agua restringido.

La sustitución de ingredientes químicos con gran poder contaminante, por aquellos que sin modificar la esencia del proceso, permiten bajar el grado de contaminación, ha tenido gran aceptación.

La introducción de balances de materiales adecuados a cada proceso podría ser de gran ayuda.

Se ha encontrado que la industria en algunos casos maneja un uso excesivo de materiales principalmente agua y sulfuros, los cuales no permiten un tratamiento de ellos y por lo tanto impiden una eficiente prevención del problema.

Los problemas industriales de drenaje se ven frecuentemente complicados o intensificados por el mantenimiento, en servicio de equipo obsoleto o en malas condiciones. Esto permite el desperdicio del material y productos aprovechables, impidiendo el control de la operación y encareciendo los costos de ésta. Es recomendable si las características económicas, de la empresa lo permiten cambiar o reparar el equipo, manteniendo el personal adecuado para tal actividad.

En la actualidad se cuenta con equipo automático de control el cual en un determinado momento, evita al máximo tanto accidentes como errores humanos en la manipulación de muestras.

La forma más eficiente de eliminar los contaminantes producidos por las tenerías y disminuir el volumen de efluentes es reutilizando el agua empleada y utilizando materiales químicos recuperables. Aparentemente el costo de recuperación puede ser elevado, pero comparándolo con el costo que implicaría el tratamiento de los efluentes se compensa la inversión. Otra forma es usar los desperdicios para otras actividades como abonos.

Existe un ejemplo de uso de desechos que es la evaporación de licores de taninos vegetales con el fin de utilizar dichos concentrados como agentes acondicionadores de agua y también el aprovechamiento de aguas de cal en algunos distritos agrícolas. Un ejemplo más es la recuperación de licores de curtido del cromo.

Se ha obtenido una recuperación anual de 125,000 libras de cromo como  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  de operaciones de curtido que producen 15,000 a 20,000 galones de licor de cromo desperdiciados por día. Los licores son tratados con sosa cáustica o con carbonato de sodio para ajustar el pH y permitir que el cromo precipite en forma de hidróxido<sup>6</sup>.

Se filtra el precipitado y se disuelve con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Después de ajustar la basicidad, la solución esta lista para usarse en el curtido.

Se ha encontrado que dichos efluentes de cromo se pueden recircular llevando al metal a su mínimo nivel dentro del efluente total.

Otro ejemplo de esta operación es cuando se recuperan proteínas llegandose ha producir hasta 500 kilogramos por cada 1000 cueros curtidos<sup>6</sup>.

Los métodos anticontaminantes para esta industria pueden ser físicos, químicos y biológicos. Así como la combinación de ellos. Estos metodos es posible aplicarlos tanto a flujos de cada parte del proceso como ha la recolección final que sería una mezcla de todos los diferentes efluentes de cada paso.

O también cuando se mezclan con el drenaje municipal o aguas residuales de otro tipo de industrias. Siendo entonces tratados en plantas de tipo municipal o de la industria en particular.

Una forma más de disminuir la carga contaminante de las aguas es no mezclar los efluentes menos contaminados con los que llevan una carga contaminante mayor. Reduciendo de esta manera el tamaño del equipo, costos y obteniendo una mayor eficiencia en el proceso de remoción de contaminantes. Los efluentes menos contaminantes se pueden someter a otros sistemas menos costoso, o si es posible reutilizarse.

<sup>6</sup> CAMARGO A. J. G.; "Diseño de un sistema para tratamiento de aguas residuales en la industria de la curtiduría"; TESIS, Facultad de Química, UNAM; 1976.

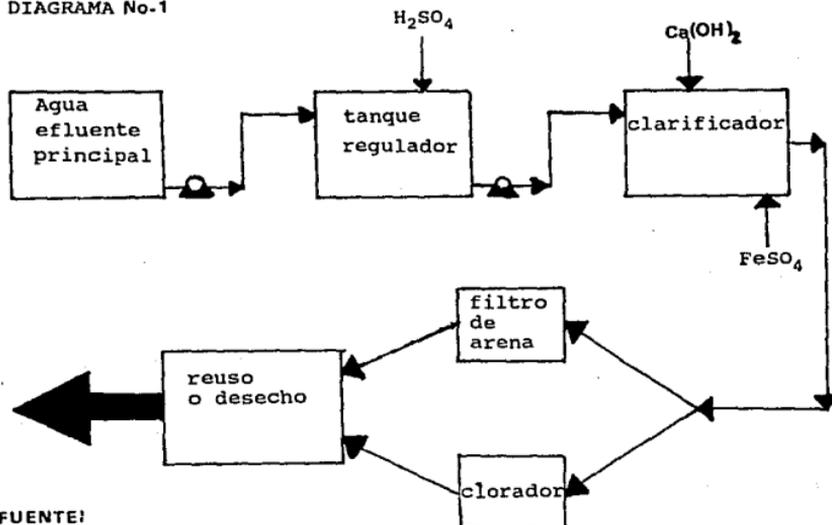
A continuación se muestra un tratamiento que se puede utilizar por este tipo de industria.

Es un tratamiento primario en él se consideraron los diferentes problemas que envuelven a este tipo de industrias. Los parámetros que se van a eliminar con el tratamiento principalmente son: sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, pH, cromo, DBO, DQO. Se toma el agua que proviene del área de cal donde se puede colocar un sistema con un clarificador el cual se puede sustituir por un filtro continuo pero solo se podrán eliminar los sólidos más grandes y una pequeña cantidad de DBO.

Si el agua llegase del área de curtido, se tendrá que utilizar un tratamiento secundario, por la gran cantidad de compuestos químicos usados y generados a la vez.

El tratamiento se llevará a cabo de acuerdo al siguiente diagrama:

DIAGRAMA No-1



FUENTE:

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO; DIAGNOSTICO DEL SECTOR, 1992.

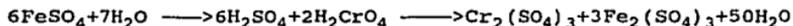
La explicación del diagrama es la siguiente: el agua es recolectada en el tanque principal a un tanque receptor, para estabilizar el flujo ya que por las características del proceso es de carácter intermitente, se ajusta el pH y se dejan sedimentar todos los sólidos mas grandes o gruesos. El agua saldrá de este tanque regulador, se mandara al clarifloculador, donde se efectúa la remoción de la mayor parte de contaminantes. Unos se sedimentarán por gravedad y otros se precipitarán.

El agua se pondrá en contacto con un clorador (con  $\text{NaClO}_3$  en concentración de 2 a 3 ppm). Se puede usar una botella de plástico con la concentración adecuada para agregar el  $\text{NaClO}_3$ . La sedimentación, separación y filtración se consideran como tratamientos físicos, disminuyendo de esta manera la DBO.

El tratamiento químico va a ayudar a eliminar la dureza, cromo, DQO y pH.

Las reacciones que ocurren son:

#### Para Cromo



Existe otra alternativa para tratar los efluentes con cromo y es utilizando sales ferrosas y también una solución de anhídrido sulfuroso que se alimenta al efluente en una cantidad suficiente para decolorar el desecho que es una forma de observar la reducción de cromo hexavalente, coloreado a cromo trivalente el cual no da color al desecho. Se agrega también hidróxido de calcio en cantidades suficientes para elevar el pH de la solución a un valor de 8.5 aproximadamente, permitiendo de esta manera precipitar el cromo trivalente en forma de hidróxido y de esta manera obtener su precipitación. Este precipitado se puede eliminar como lodo que se queda depositado en el fondo del tanque.

**Para Dureza<sup>7</sup>**



En el caso de pH se puede agregar ácido sulfúrico en exceso, además de que se utiliza para poder reducir el cromo.

El agua que sale de todo lo anterior no es potable pero su carga contaminante es menor (tratando de no sobrepasar los límites de descarga). Esta agua se puede enviar al drenaje municipal.

También se puede pasar por un filtro de arena, que tiene como objetivo eliminar del agua toda clase de sólidos y partículas remanentes.

<sup>7</sup> UNEP/IEO -UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME INDUSTRY AND ENVIRONMENT OFFICE; TECHNICAL REPORT SERIES No.4; TANNERIES AND THE ENVIROMENT A TECHNICAL GUIDE. 1991

#### 2.3.4 Contaminación atmosférica

Los problemas presentados en este punto por la industria de la curtiduría se ubican en las siguientes áreas:

- A) Calderas
- B) Operaciones de lijado y cepillado de la piel
- C) Aplicación de pintura (área de acabado)

El primer punto se debe a un mal funcionamiento de calderas pero si la empresa vigila el buen funcionamiento los límites estarán dentro de los valores mínimos de emisión de acuerdo a las normas establecidas nacionales o internacionales.

En la práctica se observó un buen cuidado en este punto por lo cual la recomendación sería seguir un mantenimiento general de calderas para continuar con ese punto a favor de los curtidores.

En el caso de los polvos producidos por el área de lijado y cepillado de piel se puede tratar de disminuir con equipo especial colocado en la máquina con el fin de recoger los polvos, dichos polvos serían aspirados y depositados en sacos que periódicamente se vacían, disminuyendo la emisión de contaminantes al medio ambiente.

Existen en el mercado una gran variedad de equipos para tal efecto o en su defecto se debe pedir un estudio de ingeniería propio para cada equipo. Considerando que en este punto existen equipos semejantes se podría hacer una inversión entre varios curtidores disminuyendo el costo de inversión.

Para el caso de evaporación de solventes se puede considerar instalar un hidrofiltro de camas empacadas, el cual trabaja poniendo en contacto el aire con un solvente, el agua es el solvente, esta por absorción elimina del aire aquello que lo contamina.

También se puede contemplar la instalación de un sistema completo de acondicionamiento de aire, en el cual se obliga a al aire a circular por ductos contruidos y llevarlo hasta un hidrofiltro de camas empacadas, removiend de esta manera toda partícula de solvente del aire, con este sistema se tiene la ventaja de que no solo se tiene una cama de agua se pueden tener varias dependiendo del flujo.

Cuadro No.2

## Efectividad de las operaciones y procesos unitarios en la remoción de contaminantes

Grupo de contaminantes y/o parámetros FOB	Operación y/o proceso unitario																							
	Sedimentación	Floculación	Remoción de detergentes	Filtros rotatorios	Lodos activados	Lagunas de aereación	Lagunas de estabilización	Contacto anaeróbico	Biodiscos	Cloración	Ozonación	Irradiación	Microfiltrado	Clarificación	Filtros rápidos	Filtros con diatomitas	Aclaración	Oxidación química	Electrodiálisis	Intercambio iónico	Ósmosis inversa	Precipitación química	Nitrificación - denitrificación	Desaerificación
Físicos	●	○		●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Minerales	●	○	—	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sólidos	●	○	—	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nutrientes	○	○	—	○	A	A	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Metales alcalinos y alcalinotérreos totales	○	○	—	○	A	A	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Metales alcalinotérreos y alcalinos sólidos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Metales pesados totales	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Biológicos	○	○	—	A	A	A	○	A	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Materia orgánica	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Grasas y aceites	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Substancias activas al azul de metileno	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hidrocarburos alifáticos halogenados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hidrocarburos aromáticos halogenados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hidrocarburos aromáticos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hidrocarburos poliaromáticos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hidrocarburos poliaromáticos halogenados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Eteres halogenados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nitrocompuestos alifáticos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nitrocompuestos aromáticos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fenoles	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fenoles clorados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Policloro bifenilos	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Pesticidas clorados	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Esteres del ácido láctico	○	○	—	○	○	○	○	○	○	A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

## Remoción

○ = 0 %  
 ● < 25 %  
 ○ > 50 %  
 ● > 50 %

— No se tiene información

A = aumento  
 I = interferencia

## FUENTE:

CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO, SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA, (SEDUE); Recopilación del primer seminario internacional sobre control de la contaminación de la Trinidad, Tlaxcala; 1988, 16-30p.

Cuadro No. 3

## Restricciones funcionales de los procesos de tratamiento

Nivel	Descripción del sistema	Disponibilidad de tecnología	Capacidad de tratamiento		Sensibilidad del proceso a variaciones del		Especificidad	
			Mantenimiento	Costo	Mantenimiento	Costo		
Preliminar	Remoción de sólidos gruesos	1. Criado	10	10	10	10	10	10
	2. Demarcación	10	10	10	10	10	10	
Remoción de grasas y aceites	1. Separador de placas paralelas	20	20	20	80	30	40	
	2. Flotación con aire diámetro	40	30	20	30	80	70	
Primario	Remoción de sólidos en sus reactivos	1. Sedimentación	10	10	10	40	20	10
	2. Criado fino	30	20	30	10	20	40	
Remoción de sólidos con uso de reactivos	1. Coagulación y sedimentación	10	30	10	20	20	20	
	2. Coagulación y floculación	10	30	10	30	80	80	
Secundario	Remoción de materia orgánica	1. Aireación extendida	10	80	100	10	10	20
		2. Aireación convencional	10	30	30	30	40	20
		3. Aireación de alta tasa	10	20	20	50	80	40
		4. Aireación modificada	10	20	20	100	100	80
		5. Estabilización por contacto	30	20	10	10	70	80
		6. Zanja de oxidación*	40	10	10	10	10	90
		7. Laguna a riego mecánicamente	20	10	20	20	20	20
		8. Laguna de estabilización	10	30	10	30	20	20
		9. Laguna con plantas acuáticas*	20	100	40	80	30	60
		10. Filtro racocador*	40	30	20	80	80	70
		11. Disco biológico*	70	10	30	30	20	100
Terciario	Remoción de nitrógeno por medios biológicos*	1. Medio suspendido-fuente de carbón externa	60	20	30	20	80	80
		2. Medio suspendido-fuente de carbón interna	80	10	20	20	80	100
		3. Medio fijo-fuente de carbón externa	60	30	30	50	30	80
		4. Medio fijo-fuente de carbón interna	80	20	20	50	30	100
Remoción de nitrógeno por medios físico-químicos	1. Aires de levada de amoníaco	50	10	10	80	10	30	
	2. Oxidación al punto de quiebre	40	40	20	30	30	60	
	3. Intercambio iónico	30	80	10	50	100	40	
Remoción de fósforo por medios biológicos*	1. Adsorción en medio suspendido	60	10	20	20	60	100	
Remoción de fósforo por medios físico-químicos	1. Coagulación y sedimentación	10	10	10	30	30	10	
	2. Carbón activado*	100	30	10	40	80	40	
Remoción de partículas sólidas finas	1. Filtración en medio mixto (arena arena)	10	40	10	50	80	10	
	2. Filtración mecánica	40	20	10	20	30	80	
Remoción de metales pesados	1. Clarificación convencional	10	60	20	30	30	10	
	2. Clarificación con dióxido de cloro*	80	30	30	50	30	80	
Remoción de metales pesados	1. Oxidación	60	100	30	10	80	80	
	2. Intercambio iónico	20	20	10	60	100	40	
Remoción de metales pesados (iones tóxicos metales pesados y virus)	1. Ósmosis inversa*	70	60	100	80	100	100	
	2. Coagulación-sedimentación	10	30	10	30	10	10	
	3. Carbón activado*	100	50	10	20	80	10	
	4. Carbón activado*	100	50	10	20	80	10	

10 = satisfacción y proceso que presentan pocas restricciones funcionales  
100 = satisfacción y proceso que presentan restricciones funcionales muy restringidas

FUENTE:  
CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO,  
SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA, (SEDUE); Recopilación del  
primer seminario internacional sobre control de la  
contaminación de la Trinidad, Tlaxcala; 1988, 16-30p.

#### **2.4 Matris Comparativa de Normalización entre Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea y México**

A nivel internacional, existe ya una conciencia general sobre la protección del medio ambiente y el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales.

Se hace necesario que la industria mexicana de la curtiduría cumpla las normas de protección al ambiente adecuadas, no solo para poder competir a nivel nacional e internacional sino también para conservar sus recursos y su medio ambiente.

La creación de normas es actualmente uno de los métodos más importantes y dinámicos de regulación, control y promoción de las actividades de una industria. Así como la protección a la ecología.

Cada país posee su propio sistema de normalización, de acuerdo con sus intereses y objetivos particulares de desarrollo u orientación de su actividad económica.

En la actualidad se puede observar una tendencia importante hacia la internacionalización y la regionalización de los sistemas de normalización, la globalización y la tendencia hacia una gran apertura comercial mundial ha tenido un gran impacto en la reglamentación. Como por ejemplo, podemos observar el caso de empresas que exigen que todos sus proveedores sean industrias no contaminantes. Aunando a lo anterior el desarrollo de normas de producción y las normas importación / exportación las cuales tienen un especial cuidado en la protección al medio ambiente.

Por lo anterior se considera cada estado como responsable de su desarrollo que debe ser duradero y ecológicamente sólido, siendo aplicable este concepto a países en desarrollo e industrializados.

Numerosos países en desarrollo tienen grandes dificultades en llevar a cabo reformas estructurales basadas en la ecología, debido a las necesidades básicas e insatisfechas de su población y a los costos de la protección del medio ambiente.

A menudo una situación económica cada vez más difícil, considerando el crecimiento del endeudamiento, obliga a explotar excesivamente los propios recursos. Sin embargo, los países en desarrollo necesitan también protección del medio ambiente y de los recursos.

Cabe comentar: el consumo desenfrenado de los recursos naturales no resuelve los problemas cuando más los problemas se transfieren a otros sitios.

Por otra parte los países industrializados tienen que reducir el consumo de sus recursos y limitar de forma eficaz la contaminación del medio ambiente, mediante una consecuente política nacional de prevision ambiental. Su tarea deberá consistir además en impulsar el desarrollo de tecnologías compatibles con el medio ambiente y ponerlas a disposición de todo el mundo.

En la siguiente figura se representa esquemáticamente la inversión realizada por los países de la Comunidad Económica Europea y Estados Unidos en relación al medio ambiente.

FIGURANo.6



FUENTE: Embajada Alemana

En el caso de la Comunidad Económica Europea, la mayoría de sus miembros han tomado serias medidas en el aspecto de medio ambiente, siendo demasiado exigentes en la normalización.

Tomando como ejemplo Alemania que en los últimos años ha alcanzado un alto nivel en la protección del medio ambiente.

Dado que en todos los sectores se ha desarrollado una conciencia ecológica basada en la política ambiental de ese país. De esta manera la dirección empresarial es orientada hacia la protección del medio ambiente exigiendo una estrategia que abarque todos los sectores de la empresa, tomando en cuenta al medio ambiente al realizarse adquisiciones, al tomar decisiones sobre el diseño de los productos y procesos de producción en la determinación de las condiciones de trabajo hasta llegar a la distribución y mercadotecnia.

La política ecológica exige esta forma de pensar y actuar en especial, también con referencia a los problemas de los desechos. Con el interés de una prevención y reutilización de desechos. Todos aquellos que produzcan o comercialicen productos, tienen que ser responsables de la disposición de sus desechos.

Y a nivel mundial en todas sus gestiones han tratado de mantener las cuestiones relacionadas con el medio ambiente, desarrollo y óptimo aprovechamiento en primer plano.

Otro ejemplo es Suecia país europeo, el cual basa su desarrollo industrial en la Ley de Conservación del Medio Ambiente, de 1969, siendo más severas al pasar los años, como las disposiciones de la Ley de Política Ambiental adoptada en 1988. La industria sueca además participa en forma activa en programas nacionales para reducir las emisiones potencialmente nocivas a la atmósfera, a las corrientes de agua y al suelo.

Por otra parte Estados Unidos se mantiene al día en la reglamentación ambiental con sus normas de la E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica) las cuales consideran los más modernos procesos para la observación, evaluación de contaminantes y parámetros. Así como pone de manifiesto su constante preocupación en el problema de contaminación ambiental en todos los foros del mundo.

México por su parte cuenta desde 1971, con la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en ella se toman en cuenta los recursos de agua, aire y suelo.

En 1973 surge un Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. De este reglamento el 24 y 27 son modificados por un decreto quedando desde 1975 de la siguiente forma. El artículo 24 establece la clasificación de las aguas en función de sus usos y características de calidad, así como las concentraciones máximas permisibles de sustancias tóxicas en aguas receptoras: superficiales, de estuarios y costeras.

El artículo 70, contiene una especie de glosario de terminos.

El artículo 13 de ese reglamento marca los parámetros y dice lo siguiente: "Los responsables de las descargas de aguas residuales que sean arrojados en el alcantarillado de las poblaciones, deberán dentro de un plazo de tres años contados a partir de la fecha de registro de la descarga, ajustarla a la siguiente tabla de máximos tolerables".

#### CUADRO No.4

#### PARAMETROS Y VALORES MAXIMOS TOLERABLES PARA EL AGUA EN 1973

PARAMETRO	VALORES
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1.0 ml/l
GRASAS Y ACEITES	70.0 mg/l
MATERIA FLOTANTE	ninguna que pueda ser retenida por malla de 3mm de claro libre cuadrado.
TEMPERATURA	35.0 °C
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	4.5 - 10.0

**FUENTE:** SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA 1989;  
CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Los métodos de muestreo y análisis de laboratorio para comprobar que los responsables de las descargas se ajustarán a la tabla anterior, serán fijados por la Secretaría de Industria y Comercio, mediante un instructivo que se publicará en el "Diario Oficial de la Federación".

Siendo en 1983 la publicación de estas normas oficiales de muestras y análisis de laboratorio para aguas residuales fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Posteriormente surge la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, elaborada por la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología actual Secretaría de Desarrollo Social la cual se encuentra vigente.

Esta ley da los lineamientos para la Norma técnica ecológica.

Entrando en vigor en 1988".

Por las características de los desechos líquidos de la industria de la curtiduría se consideran mezclas muy complejas y con una composición variable dependiendo del tipo de curtido.

A pesar de eso se pueden considerar los siguientes parámetros como los más significativos:

- DBO<sub>5</sub>
- DQO
- CROMO TOTAL
- GRASA Y ACEITE
- pH
- SULFUROS
- SOLIDOS SUSPENDIDOS
- SOLIDOS TOTALES
- CROMOHEXAVALENTE

Dependiendo del tipo de proceso de curtido y de casos particulares, también se deben evaluar los siguientes parámetros.

- ALCALINIDAD, COMO  $\text{CaCO}_3$
- NITROGENO
- SOLIDOS DISUELTOS
- COLOR
- DUREZA, COMO Ca
- CLORURO DE SODIO
- TEMPERATURA
- TOXICIDAD
- Y EN ALGUNOS CASOS COMPUESTOS DE FOSFORO.

En las siguientes tablas se observa la matriz comparativa de Estados Unidos, países pertenecientes a la Comunidad Económica Europea y México. (Valores y parámetros considerados en cada uno de ellos). Aquí se observa la posición de México en cuanto a valores y parámetros considerados con respecto a otros países.

**MATRIZ COMPARATIVA  
DE MEXICO ESTADOS UNIDOS Y PAISES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD  
ECONOMICA EUROPEA.**

PARAMETROS	E.U.A. Cromo	FRANCIA Cromo	POLONIA mezcla	SUECIA mezcla	MEXICO mezcla
DBO (mg/L)	95	75-90	70	71	140
DQO (mg/L)	260	200-220	233	190	153
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	140	140	70	106	100
SULFUROS (mg/L)	8.5	9	6	-	5.2
CROMO (mg/L)	4.3	6	1.1	2.7	0.8
VOLUMEN DE AGUA (L)	53	65	70	40	36

CARGA DE CONTAMINANTES EN EFLUENTES DE CURTIDURIAS EN EL AÑO DE 1984

(En todos los casos g/Kg de piel, especificando Kg. de piel húmeda y salada)

- LOS SULFUROS ESTAN CONSIDERADOS COMO H<sub>2</sub>S.
- EL CROMO COMO CROMO TRIVALENTE (Cr<sup>+3</sup>)

FUENTE: Techno - economic study on measures to mitigate the environmental impact of leathers industry, particularly in developing countries. AUSTRIA (INNSBRUCK), APRIL, 1984, IV 157p.

FUENTE: MEXICO, SARH "Uso del agua y manejo del agua residual. en la industria de la curtiduría". MEXICO, CORPORACION CREATIVA; S. A. 1976, 33p (SERIE: USOS DEL AGUA Y MANEJO DEL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA).

**MATRIZ COMPARATIVA  
DE MEXICO ESTADOS UNIDOS Y PAISES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD  
ECONOMICA EUROPEA.**

PARAMETROS	E. U. A. -	FRANCIA cromo	POLONIA mezcla	SUECIA mezcla	MEXICO vegetal
DBO (mg/L)	1793	1154-1383	1000	-	3889
DQO (mg/L)	2500	3077-3384	3300	-	4250
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	2500	2154	1000	-	2778
SULFUROS (mg/L)	160	138.5	85	-	144.4
CROMO (mg/L)	70	92.3	15	-	22.2
VOLUMEN DE AGUA (L)	60	65	70	-	36

CARGA DE CONTAMINANTES EN EFLUENTES DE CURTIDURIAS EN EL AÑO DE 1984

(En todos los casos g/Kg de piel, especificando Kg. de piel húmeda y salada)

- LOS SULFUROS ESTAN CONSIDERADOS COMO H<sub>2</sub>S.
- EL CROMO COMO CROMO TRIVALENTE (Cr<sup>-3</sup>)

FUENTE: TECHNO - ECONOMIC STUDY ON MEASURES TO MITIGATE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF LEATHERS INDUSTRY, PARTICULARLY IN DEVELOPING COUNTRIES. AUSTRIA (INNSBRUCK), APRIL, 1984, IV 157p.

FUENTE: MEXICO SARH, " Uso del agua y manejo del agua residual en la industria de la curtidería". MEXICO, CORPORACION CREATIVA; S.A. 1976. 33p. (SERIE: USOS DEL AGUA Y MANEJO DEL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA).

**MATRIZ COMPARATIVA**  
**DE MEXICO ESTADOS UNIDOS Y PAISES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD**  
**ECONOMICA EUROPEA.**  
**LIMITES DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PARA LA INDUSTRIA DE**  
**LA CURTIDURIA.**

PARAMETRO	MEXICO	FRANCIA	ALEMANIA	ITALIA	POLONIA	ESPAÑA	GRAN BRETAÑA
POTENCIAL DE HIDROGENO pH	6-9	6.5-9	6.5-10	5.5-9.5	6.5-9	5.5-9.5	6.0-10
D.B.O. (mg/L)	250	-	-	250	700	300	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	250	-	-	200	350	300	-
GRASAS Y ACEITES (mg/L)	50	-	250	40	50	40	50-500
CROMO TOTAL (mg/L)	5	-	-	-	0.5	-	-
CROMO HEXALENTE (mg/L)	0.1	-	0.5	0.2	0.2	0.5	0.5-1.0
SULFUROS (mg/L)	25	-	2.0	2.0	3.0	2.0	5.0

FUENTE: REVISTA LEATHER, OCTUBRE DE 1989

**MATRIZ COMPARATIVA**  
**DE MEXICO ESTADOS UNIDOS Y PAISES MIEMBROS DE LA COMUNIDAD**  
**ECONOMICA EUROPEA.**  
**LIMITES DE DESCARGAS ESTANDARES DEL AGUA UTILIZADA EN LAS**  
**TENERIAS DE DIFERENTES PAISES.**

PARAMETRO	MEXICO	FRANCIA	ALEMANIA	ITALIA	SUIZA	DINAMARCA	U.S.A.
POTENCIAL DE HIDROGENO pH	6 - 9	5.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6 - 9
TEMPERATURA *CENTIGRADOS	-	30	-	25	-	30	-
D.B.O. (mg/L)	250	40-200	20-25	250	20	-	40
D.Q.O. (mg/L)	-	-	200-250	500	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	250	30-100	-	40	20	30	60
GRASAS Y ACEITES (mg/L)	50	-	-	30	20	5	-
CROMO TOTAL (mg/L)	5	-	-	-	-	0.2	1.0
CROMO HEXAVALENTE (mg/L)	0.1	0.1	0.5	0.2	-	-	-
CROMO (III) (mg/L)	25	-	-	-	-	-	-

FUENTE : UNEP/ IEO - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT OFFICE, TECHNICAL REPORT SERIES No. 4 TANNERIES AND THE ENVIRONMENT A TECHNICAL GUIDE. UNIDO, IN COLLABORATION WITH UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPEMENT ORGANIZATION. 1991 ADMINISTRATIVE AND REGULATION FRAMEWORK EDITADO POR LA ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS 1991.

### **3. ALTERNATIVAS DE SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA**

En este estudio se tomarán en cuenta tres tipos de acción para la problemática.

- Alternativas técnicas.
- Alternativas financieras.
- Alternativas legales.

#### **3.1 Alternativas Técnicas.**

Por las características del proceso el agua es uno de los principales puntos a resolver.

El reaprovechamiento del agua empleada en la industria es un factor básico y determinante en la economía del proceso.

Por lo cual deberán considerarse costos totales como: el costo del agua cruda y su tratamiento para condicionarla al proceso.

La cantidad de agua utilizada.

Anteriormente se consideraba el reuso multiple solo cuando era necesario por el suministro limitado de agua de buena calidad y el costo era alto. Actualmente por las condiciones legales y de impacto ambiental es necesario pensar en el reuso de aguas residuales y en su tratamiento para poder regresarlas a su medio sin alterar el ecosistema.

Dentro de las alternativas técnicas está apoyar todos los estudios e investigaciones de los diferentes institutos y centros de estudios superiores que investiguen y/o desarrollo tecnología para esta industria.

Como es el caso de desarrollar curtientes a partir de sustancias naturales un ejemplo es la extraccion de taninos a partir de la vaina de cascalote.

En México no existe la capacidad instalada para satisfacer la demanda nacional de materiales curtientes tanto vegetales como sintéticos de manera que la importación anual de curtientes de origen vegetal en nuestro país ha sido aproximadamente de 10,000 toneladas en los últimos 7 años, representando una erogación por concepto de divisas cerca a los 9 millones de dólares.

La vaina de cascalote representa uno de los materiales con mayor potencialidad ya que se han alcanzado rendimientos de hasta 50% aproximadamente. Por esa razón en el Instituto Tecnológico de Celaya se llevo a cabo una investigación en una planta piloto con las siguientes características.

El estudio se llevo acabo con la vaina de cascalote (divi-divi), utilizando un diseño por lotes que relaciona: temperatura, relación soluto solvente, temperatura-tipo de solvente y relación soluto solvente-tamaño de partícula.

El análisis estadístico mostró que solo las siguientes variables afectan significativamente el proceso de extracción, temperatura, tamaño de partícula y relación soluto/solvente. El rendimiento óptimo alcanzado fue del 53 %.

En resumen se puede decir que siguiendo en el campo de la investigación de curtientes naturales se podran encontrar curtientes rentables y que no afecten al medio ambiente

A continuación se muestra un diagrama donde se observa la extracción de taninos vegetales. FIGURA:

<sup>7</sup> CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.  
DIAGNOSTICO DEL SECTOR; 1988, 1989, 1990.

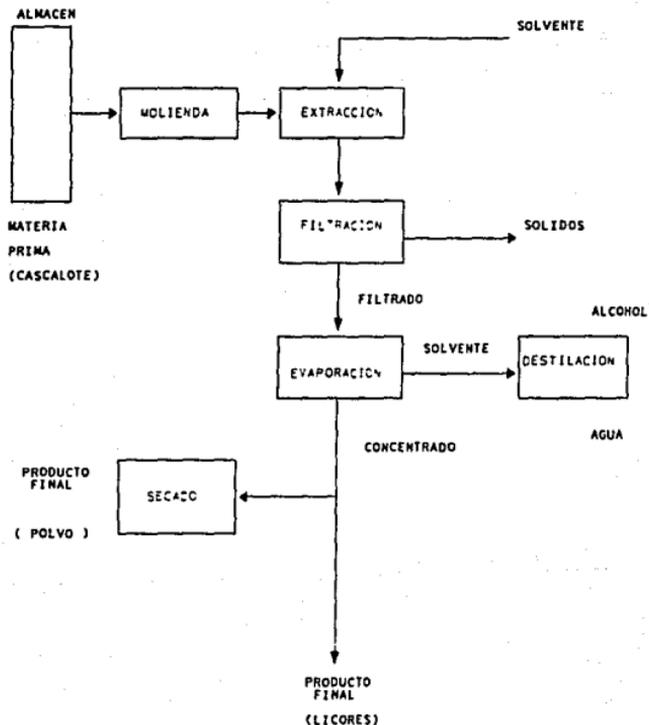


FIGURA No.1

PROCESO PARA LA OBTENCION DE  
TANINOS VEGETALES (CASALOTE)

FUENTE: INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA, GUANACASTE

Lo anterior se completa dando apoyo a las empresas privadas proveedoras de materia prima para la industria de la curtiduría que desarrollen tecnología para mejorar sus productos y ofrecer garantías en calidad, servicio y sobre todo respeto al medio ambiente tal es el caso de una empresa dedicada a proveer tinturas o pinturas para la piel.

Para cubrir todo el espectro de tonos usando el sistema de tricromía con una tintura roja, amarilla y azul, se necesita que las tres tinturas en cuestión estén al borde extremo de un triángulo de color. Practicamente es difícil por lo tanto los proveedores se ven en serio problemas para obtener los tonos deseados.

Tomando como base lo anterior es requisito indispensable para el funcionamiento del sistema de tricromía una buena compatibilidad entre los colorantes que lo componen esto significa que lo ideal es que sean idénticos en todos los parámetros claves en la tintura de cueros, eso es, solubilidad, estabilidad al ácido, sales, y en agua pesada como también en compuestos, agotamiento, uniformidad y condiciones de resistencia al destefido.

Pero más y más tipos de cuero estan apareciendo que han sido curtidos o recurtidos de maneras muy especiales, tales como los que han sido teñidos con los nuevos agentes poliméricos (poliuretanos) o combinaciones de agentes curtidores minerales con curtidores sintéticos o vegetales.

Los agentes curtidores de aluminio estan aplicados cada vez más. Las combinaciones de agentes curtidores aluminio/titanio también estan siendo usadas. Por todo lo anterior se está buscando una combinación que responda en la misma forma a los distintos auxiliares de tinturas.

Y se encontro un complejo de colorantes metalicos 1:2 que desarrollaron encontrando que este compuesto tiene una solubilidad en agua buena, por encima de lo normal y por lo tanto algo hidrofílica. Pero como son de peso molecular alto, no se puede dar por seguro que vayan a impregnar completamente cueros gruesos que han pasado por mas procedimientos húmedos<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> TECNOLOGIA, CIENCIA Y EDUCACION; (REVISTA) EDITADA POR EL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUIMICOS; VOL. VII No.2 1991 13 - 18 p.

En cuanto a la biodegradación de estos se obtuvo que su sistema de emulsión es emulsionado bioquímicamente hasta un 80% por los microorganismos existentes en los depuradores. No obstante se siguen tratando de mejorar las características de estas sustancias.

Otra alternativa, es usar como agente curtiente compuestos de titanio, por su alta cantidad en la naturaleza y baja toxicidad. Caso concreto el óxido de titanio es completamente inerte, al estar en los lodos. En algunos países europeos se están intentando técnicas con compuestos de este elemento para curtir.

### 3.1.1 Acciones conjuntas

Otro ejemplo de alternativas técnico- financiera y sobre todo de un gran respeto hacia el medio ambiente tomando como base la capacidad que tienen los industriales mexicanos de organizarse es el gran proyecto que está en desarrollo en el estado de Guanajuato. Estado dedicado a la curtiduría desde hace muchos años y actualmente sumamente preocupado por los efectos que pueda tener su desarrollo en la ecología.

Este proyecto consiste en lo siguiente:

La industria curtidora de Guanajuato en coordinación con la Cámara Nacional de Curtiduría del Estado y las autoridades competentes, han elaborado un proyecto para la construcción de un parque industrial para la curtiduría.

Actualmente el estado utiliza aproximadamente 5.5 m<sup>3</sup>/seg De agua provenientes de mantos acuíferos subterráneos, semiconfinados. De estos el 3.5 m<sup>3</sup>/seg. Es para uso agrícola y el resto para usos urbanos e industriales.

Por otra parte el volumen de estas aguas negras es de aproximadamente 1.3 m<sup>3</sup>/seg.<sup>9</sup>

Presentándose una escasez delicada de agua pero en lo futuro será más grave.

Las industrias han decidido resolver su problema de efluentes implementando un plan de reubicación de todas ellas al mismo tiempo.

<sup>9</sup> CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO; DIAGNOSTICO DEL SECTOR 1992.

Dentro de los pretratamientos que consideran para llevarse en cada tenería es.

- Que los efluentes con cromo sean reciclados íntegramente al proceso.
- Que los efluentes con sulfuros reciban un tratamiento de oxidación a sulfatos o si es posible reciclarlas al proceso.
- Eliminar al máximo la sal del efluente sacudiendo las pieles o cepillándolas y reutilizar en lo posible esa sustancia.
- Los otros residuos orgánicos se pueden eliminar por cribado homogeneizado y decantado para bajar al máximo la cantidad sólidos en los efluentes.

Lo anterior se hará en cada tenería y para el parque industrial se contará con una planta de tratamiento de efluentes.

En esta planta se realizará lo siguiente:

- Oxidación de sulfuros y clarificación
- Recuperación de cromo
- Eliminación de sales

Estas aguas ya tratadas pasaran a una planta de tratamiento de aguas negras que elimina el problema de alta carga orgánica (la cual es consecuencia de los residuos orgánicos presentes). El agua que salga de esta planta será reutilizada en las curtidurías del parque industrial. FIGURA No.2

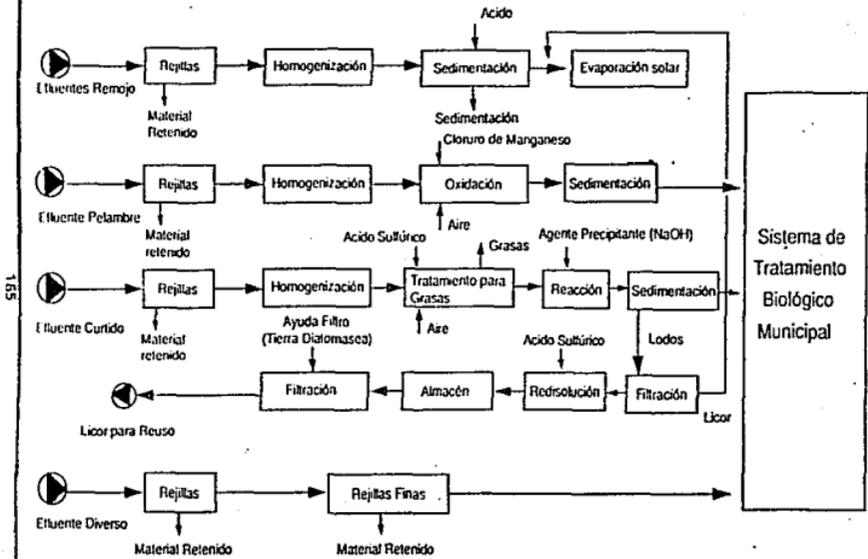
El hecho de tener reunidas las curtidurías en una zona, hace fácil en lo posible implementar métodos anticontaminantes en todas las partes del proceso.

Cabe aclarar que este proyecto cuenta con el apoyo de los Gobiernos Federal y Estatal, así como de todas las dependencias involucradas.

El objetivo principal para los industriales de la curtiduría es conservar el medio ambiente, evitar daños a los ecosistemas y elevar la calidad de sus productos para mantener la competitividad a nivel nacional e internacional.

FIGURA No.2

SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



165

### 3.2 Alternativas financieras

Dentro de las alternativas financieras se puede decir que se dedique un mayor porcentaje de las ganancias a sistemas anticontaminantes que aparentemente es un gasto innecesario pero dadas las condiciones futuras para la industria se pueden considerar como una inversión a largo plazo con beneficios no solo económicos sino también de mejoramiento del medio ambiente.

Por no existir en México, la capacidad técnica, de calidad y cantidad para satisfacer las necesidades de la industria curtidora se tienen que importar una gran cantidad de materia prima para satisfacer a esta área. En la siguiente tabla se observa precios y productos importados en el año de 1983.

TABLA No.1

#### IMPORTACION DE PRODUCTOS QUIMICOS POR LA INDUSTRIA DE CURTIDURIA

( 1983 )

PRODUCTO	COSTO TOTAL *
QUEBRACHO **	40.0
MIMOSA **	18.0
CASTAÑO **	1.4
ACACIA NEGRA **	1.6
OTRAS	20.0

\* MILLONES DE DOLARES AMERICANOS

\*\* CURTIENTES VEGETALES

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.  
DIAGNOSTICO DEL SECTOR; 1989, 1990, 1988.

Los anteriores productos llegan de países como Estados Unidos, Canada, Nueva Zelanda y Brasil. Importandose también pieles fescas saladas, secas, "piqueladas" y pieles de ganado menor húmedas curtidas al cromo (wet-blue).

La producción de cuero de res es la más importante, procesandose la mayor cantidad en las ciudades de León, México, Guadalajara y Orizaba; procesandose las especies menores en el area Metropolitana del Distrito Federal, Puebla, Monterrey y Toluca.

La industria de la curtiduría mexicana tiene serios problemas con el abasto de materia prima para su proceso. Dentro de las alternativas financieras esta el reuso de sustancias curtientes la ecuación muestra, el costo neto del agua, considerando suministro, tratamiento, hasta llegar al producto recuperado.

Costo Neto = Costo de suministro de agua
+
Costo del tatamiento para acondicionarla
+
Costo del tratamiento para desecharla
+
Costo del tratamiento para reuso
+
Costo del tratamiento para recuperar el producto
-----
Valor del Producto recuperado

Costo Neto = Valor del Producto recuperado

Dentro de las alternativas financieras se encuentra una buena administración y organización en las empresas no importando su tamaño y capacidad económica contando siempre con tres principios.

1.- Preparación y capacitación de personal en todos los niveles

2.- Cambio de mentalidad de ser siempre el mejor

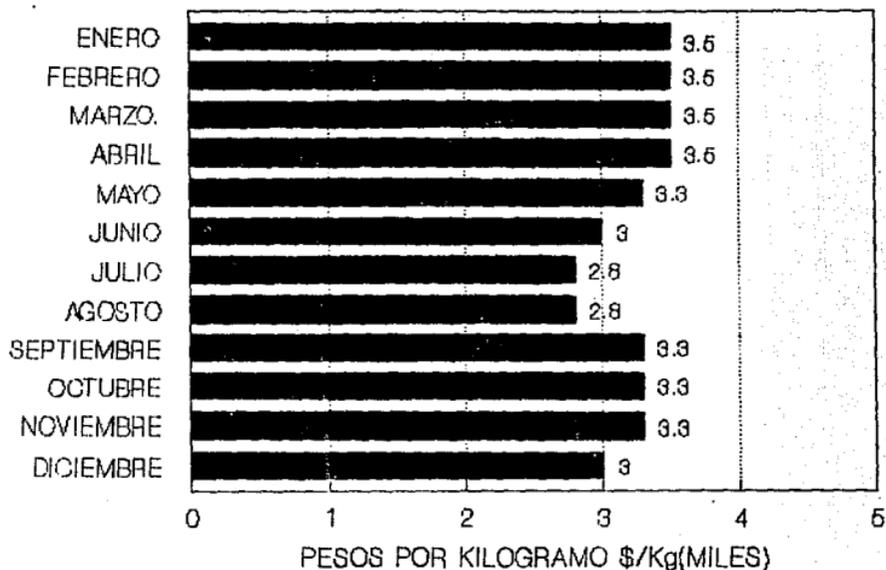
3.- Calidad, servicio y precio.

**Y SOBRE TODO RESPETO A LA ECOLOGIA.**

Gráfica No.1

# CAMBIO DE PRECIO DEL CUERO FRESCO DE BOVINO EN EL RASTRO DE FERRERIA

1990



169

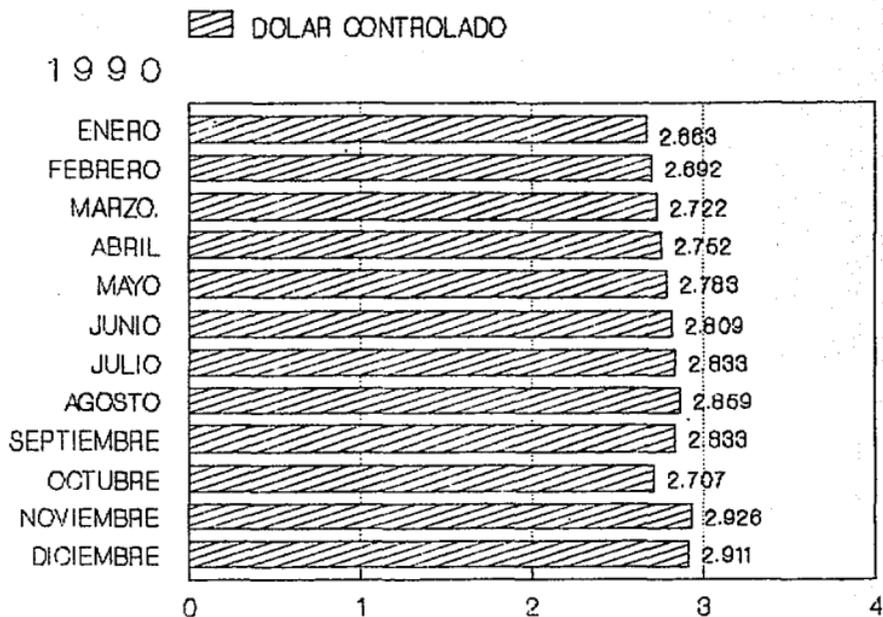
1990

INFORMACION DE LA CAMARA DE LA INDUSTRIA

DE LA CURTIDURIA DE LA CD.DE MEXICO

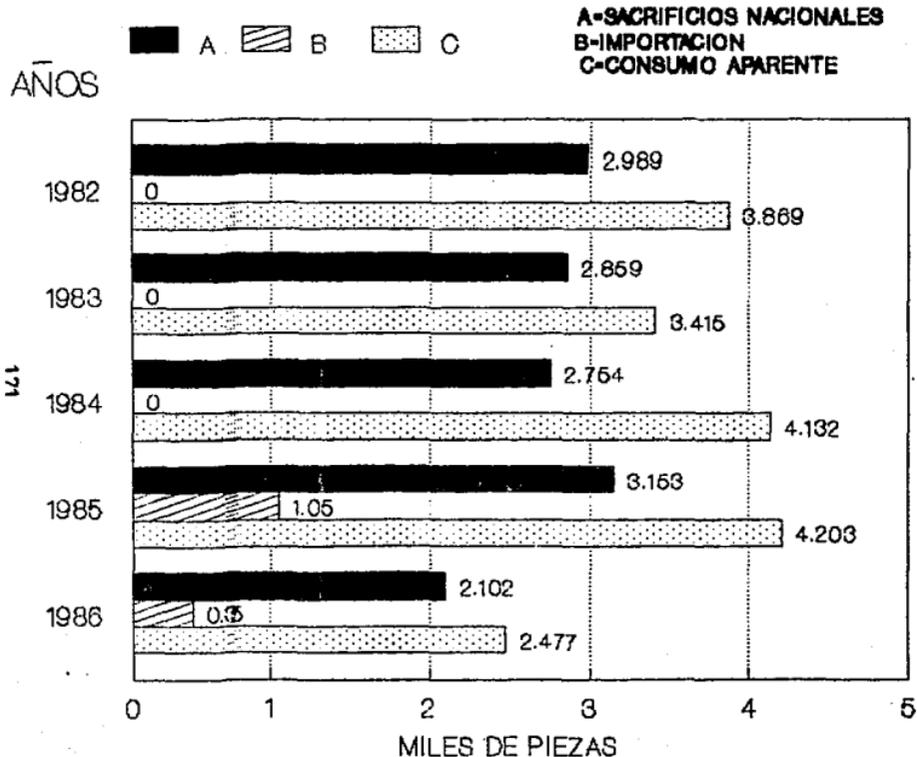
Gráfica No.2

## PRECIO INTERNACIONAL DEL CUERO BUTT BRANDED STEERS



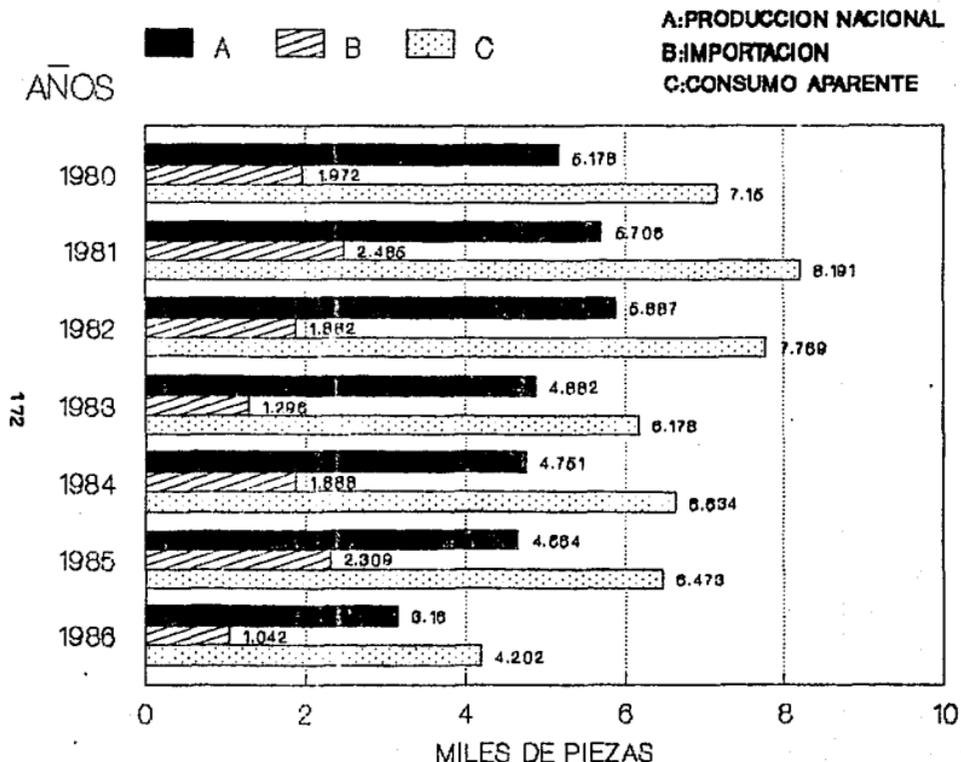
INFORMACION DE LA CAMARA DE LA INDUSTRIA  
DE LA CURTIDURIA DE LA CD.DE MEXICO

1990

**CONSUMO DE CUERO CAPRINO**

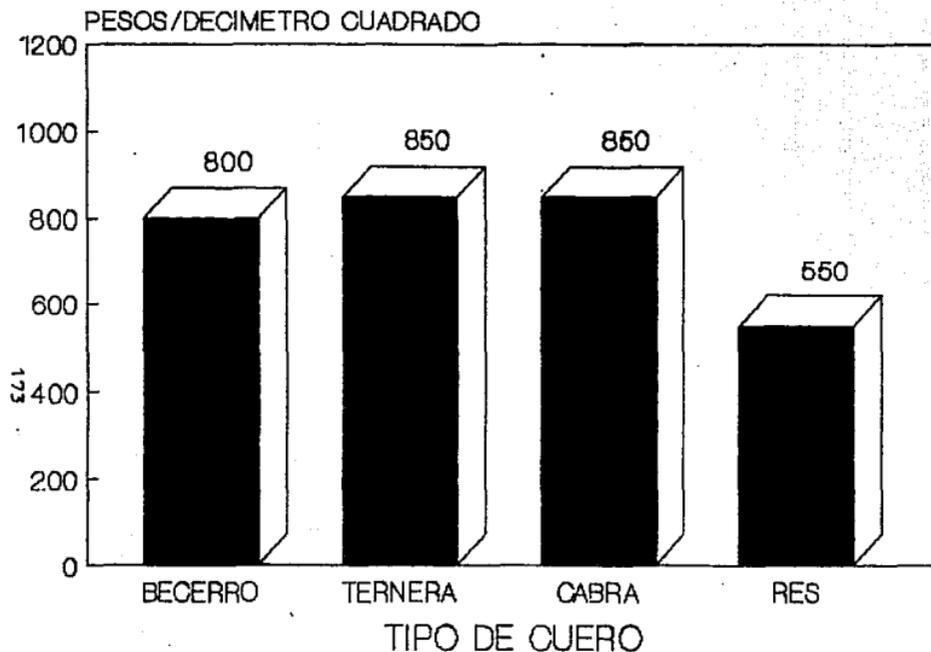
FUENTE: CAMARA DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DE LA C.D. DE MEXICO

Gráfica No.4 **CONSUMO VACUNO APARENTE**



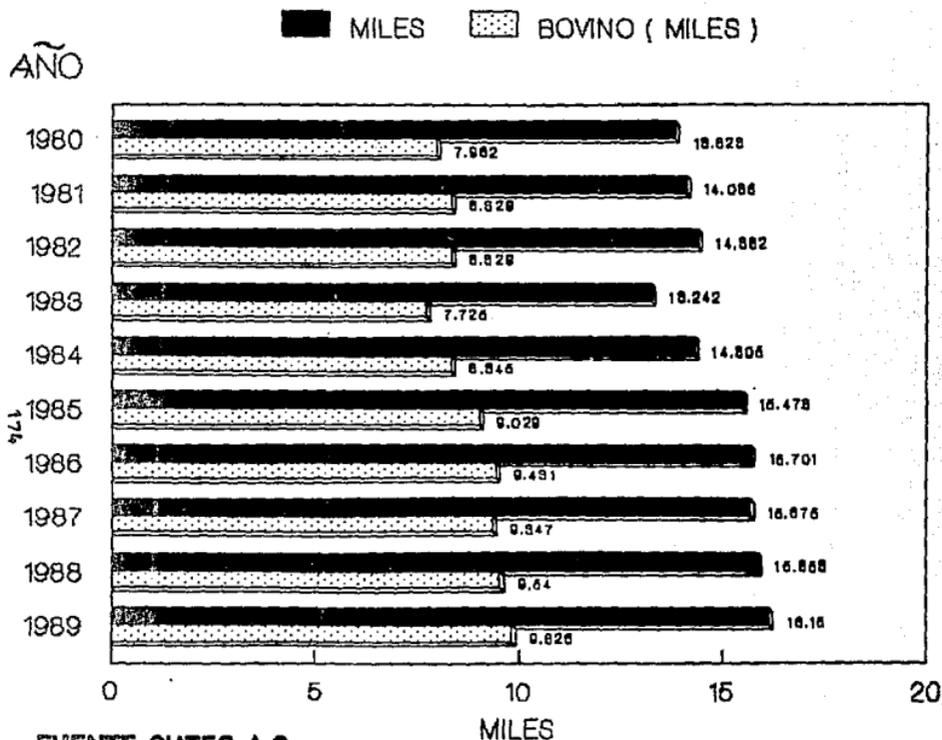
FUENTE: CAMARA DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DE LA C.D. DE MEXICO

Gráfica No.5 **PRECIOS DE CUEROS Y CARNAZAS  
NACIONALES 1990**



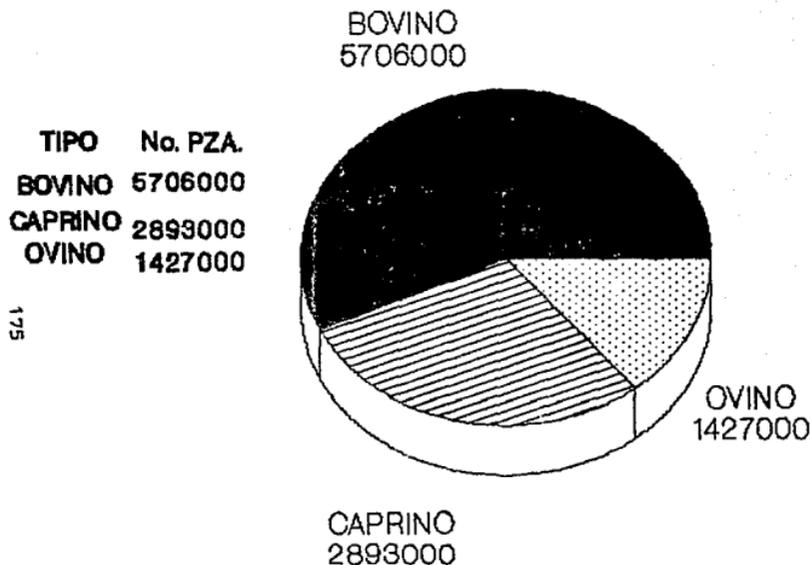
**PROMEDIO NACIONAL JUNIO : FUENTE CIATEG A.C.**

# PRODUCCION NACIONAL DE CUEROS CURTIDOS



FUENTE CIATEG A.C.

Gráfica No.7  
ESTADÍSTICAS OFICIALES DE LA PRODUCCION  
NACIONAL DE CUEROS EN 1981

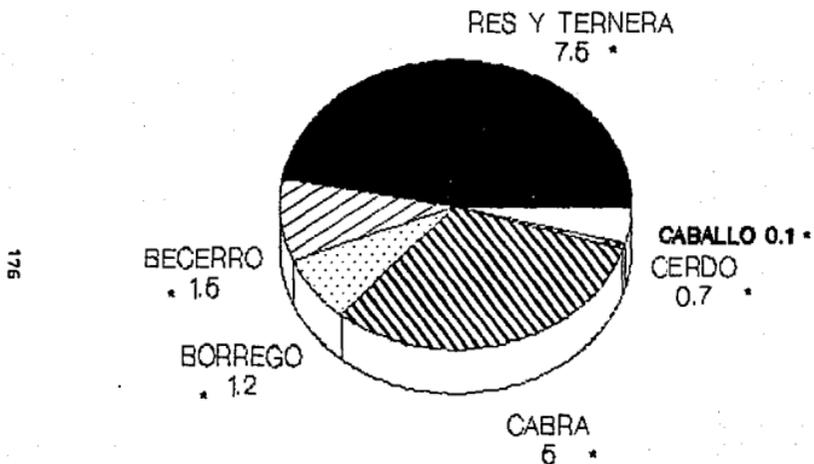


CUEROS PRODUCIDOS

INCLUYE BECERRO Y TERNERA

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO

Gráfica No.8 **PRODUCCION ESTIMADA DE PIELES  
TERMINADAS EN MEXICO 1982**



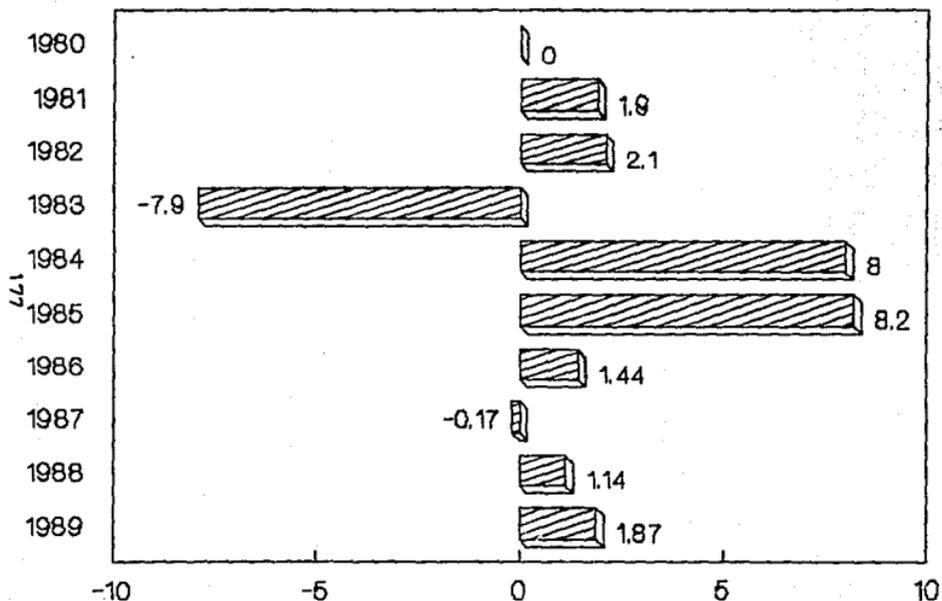
\* MILLONES DE CUEROS Y PIELES

**FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA DE LA CD. DE MEXICO**

**PRODUCCION NACIONAL DE CUEROS CURTIDOS  
TASA DE CRECIMIENTO**

TASA DE CRECIMIENTO

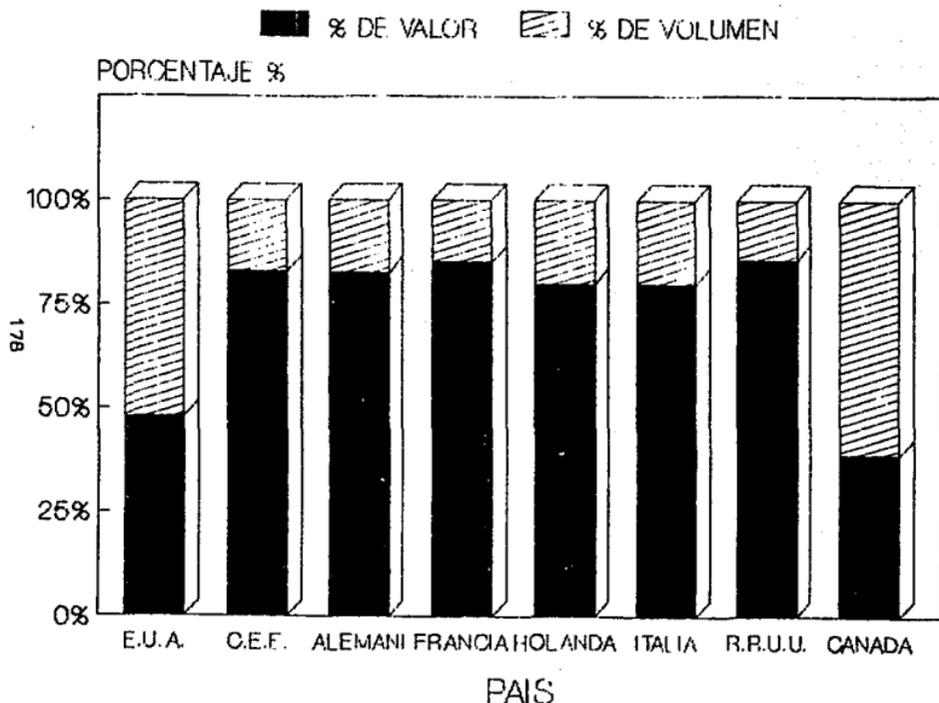
ANO



FUENTE CIATEG A.C.

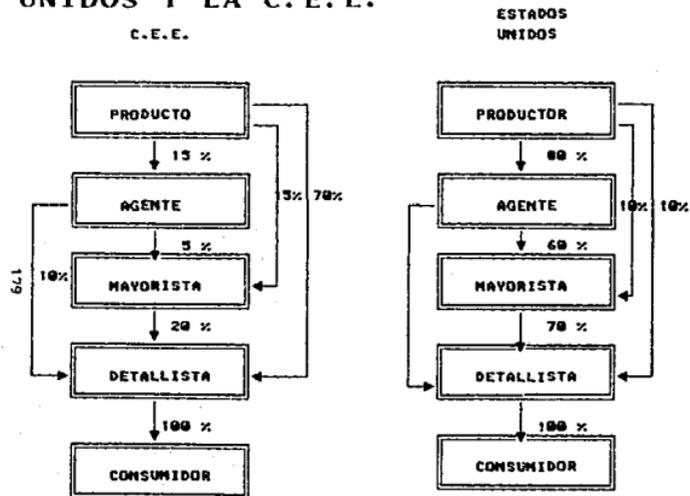
Gráfica No.10

## MERCADOS DE DESTINO DE LAS EXPORTACIONES MEXICANAS 1986



FUENTE: EUROSTAT-NIMEX ESTADÍSTICAS OFICIALES DE CANADA, US DEPT.

**COMPARACION DE LAS RELACIONES  
ENTRE PRODUCTORES-EXPORTADORES  
Y DETALLISTA EN ESTADOS  
UNIDOS Y LA C. E. E.**



FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LA CURTIDURIA

### 3.3 Alternativas legales

La protección del medio ambiente a nivel internacional se basa en la aplicación de tres principios metodológicos que determinan las acciones a seguir dependiendo del problema en particular.

- 1.- Principio de mejoramiento
- 2.- Principio de rechazo de peligros
- 3.- Principio de previsión

El primero trata de las diferentes experiencias y de las consecuencias de un elemento nocivo, así como la actitud que se deberá tomar evaluando los daños irreversibles.

El segundo es el experimento con animales de laboratorio. Para determinar la exposición tolerable para el ser humano, fauna, flora y ecosistema.

El tercero es el fundamento de la política ambiental de los países industrializados propiciando una nueva conciencia de seguridad y estableciendo criterios para el comercio internacional.

Considerando:

- Evitar el aumento de la cantidad de sustancias nocivas en el medio ambiente por medio de restricciones al uso de productos tóxicos.
- Desarrollar la tecnología para disminuir la contaminación.
- Determinar los límites y hacer estudios de la calidad de los recursos humanos

A nivel internacional la conferencia de las Naciones Unidas para el medio ambiente y el desarrollo (SNUMAD). En la cumbre en junio de 1992 incluyó la protección de la atmósfera, la tierra y los recursos de aguas dulces y marinas; conservación de la diversidad biológica; manejo de biotecnología y desechos peligrosos; contención de productos y desechos tóxicos; cambio climático; salud humana; pobreza; degradación ambiental.

En esta junta ante la (NUMAD) se llegó a la conclusión de utilizar los recursos naturales de una manera racional, logrando la meta de esta organización que es poner las bases de una sociedad mundial entre los países en desarrollo y los más industrializados, de acuerdo a las necesidades mutuas e intereses comunes para asegurar el futuro del planeta.

Sobre las bases anteriores México también esta involucrado en el plan verde el cual es un plan que compromete al país a convertirse en un verdadero amigo con el medio ambiente.

De esta manera el Gobierno Federal deberá ser más estricto con hacer que se cumplan las normas que marcan los límites de las emisiones de contaminantes al medio ambiente producidas por la industria en general y como compromiso elevar cada vez mas los valores de cada parámetro, estudiando cuidadosamente su efecto tóxico en la naturaleza.

En el caso específico de la industria de la curtiduría la descarga de un efluente y sus efectos sobre el ambiente dependen de el sitio que lo reciba y de su habilidad para degradar y asimilar esa carga contaminante, para que no se de alteración a la ecología.

Las cargas contaminantes que arroja la industria de la curtiduría son cromo y sulfuros con un nivel de toxicidad alto. Además de la carga de materia orgánica la cual tiene efectos sobre el contenido de oxígeno disuelto en las aguas. Los desechos líquidos de las curtidurías se pueden disminuir usando tecnologías limpias. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es otro factor contaminante importante.

Lo anterior puede ir bajando al hacer cambios en la estructura del proceso. Pero los expertos curtidores en su mayoría no quieren cambiar la tecnología de sus procesos diciendo que la calidad y el tipo de producto cambiarán siendo ese cambio desfavorable para ellos.

Por supuesto esta situación debe de cambiar y de hecho el esfuerzo de las Cámaras se observa en el sentido de trabajar en equipo, tomando como base las diferentes presiones que sufre la industria. Así como la presión de las autoridades, por el costo y volumen de agua utilizada, por los niveles de contaminación permitidos, al costo de carga de contaminantes del efluente, conjuntamente con el costo cada vez mayor de los químicos demandados, y a la posición internacional que se esta tomando en cuanto al concepto de **Industria Limpia**.

**4. ANTEPROYECTO DE NORMA TECNICA**

**ECOLOGICA PARA LA INDUSTRIA DE LA**

**CURTIDURIA**

#### 4. ANTEPROYECTO DE NORMA TECNICA ECOLOGICA PARA LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA

Luis Donaldo Colosio Murrieta, Secretario de Desarrollo Social, con Fundamento en los articulos 32 fracciones I y XXIX de la Ley Orgánica de la Administración Publica Federal; 10. fracción VI, 50. fracciones VIII y XV, 80. fracción VII, 36, 37, 117 fracción III, 119 fracción I inciso A, 120 fracción, I, 122, 123, 162, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, he dictado acuerdo por el que se expide La Norma Técnica Ecológica NTE-CCA- , que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria del curtido y acabado de Pieles, con base en los siguientes:

##### Considerandos

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y depósitos o corrientes de agua deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes de dichas descargas, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Que para prevenir el deterioro ecológico en las principales cuencas hidrológicas del país, se requieren controlar, entre otras las descargas de aguas residuales del sector industrial.

Que la industria del curtidor acabado de pieles, genera desechos orgánicos e inorgánicos mezclados con agua excedentes de los procesos de producción, así como agua de servicio, las cuales al ser descargadas en los cuerpos de agua, modifican las características fisicoquímicas y biológicas naturales de estos cuerpos, disminuyendo en consecuencia su capacidad de autodepuración.

Que por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracterizan a las aguas residuales de la industria del curtido y acabado de pieles, sus descargas a los cuerpos de agua, además de impedir o limitar su uso, produce efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles en estas descargas.

Que para la determinación de los límites máximos permisibles, se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de contaminantes que genera esta industria, de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto. Así mismo se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables y las descargas y la efectividad de estos procesos en el control de las fuentes generadoras.

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para la industria del curtido y acabado de pieles, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos:

Cribado, igualación, ajuste de pH, oxidación de sulfuros, precipitación de cromo y coagulación química. (Floculación y sedimentación).

Que en la determinación de los límites máximos permisibles de descarga participo la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos.

#### Acuerdo

Artículo 1º. - Se expide la norma técnica ecológica NTE-CCA, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de la curtiduría y acabado de pieles.

Artículo 2º.- Esta norma técnica ecológica es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para la industria del curtido y acabado de pieles, que descargue aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demas depositos o corrientes de agua.

Artículo 3º.- Para los efectos de esta norma técnica se consideraran las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

Aguas residuales: aquellas que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación, generación de bienes de consumo o de sus actividades y servicios complementarios.

Cuerpos de aguas: aquellos que se encuentran contenidos en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua que puedan recibir descargas de aguas residuales.

Descarga: acción de verter aguas residuales en algún cuerpo de agua.

Artículo 4º.- Los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria del curtido y acabado de pieles, son los que establecen en la siguientes tabla:

TABLA No.1

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO INSTANTANEO
pH (UNIDADES DE pH)	6 - 8	6 - 8
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)	250	300
SOLIDOS SEDIMENTABLES (ml/L)	1	1.2
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	250	300
GRASAS Y ACEITES (mg/L)	50	60
CROMO TOTAL (mg/L)	5	6
CROMO HEXAVALENTE (mg/L)	0.1	0.2
SULFUROS (mg/L)	25	30
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L)	300	414

Artículo 5º.- Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en la condiciones particulares de descarga los siguientes:

Alcalinidad  
 Nitrógeno  
 Sólidos Disueltos  
 Fenoles  
 Conductividad eléctrica  
 Color  
 Olor  
 Turbidez  
 Temperatura

Artículo 6º.- El procedimiento para la obtención de los valores promedio diario de contaminantes en las descargas de aguas residuales, se hará mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas de acuerdo a la siguiente tabla:  
 TABLA No.2

HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA.	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS INSTANTANEAS (HORAS).
8	
12	3
24	3
	4

Artículo 7º.- 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 del curtido y acabado de pieles, considerando las aguas de servicio son.

A) 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo, cuando se permita el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a cuerpos de agua, mezcladas o no con las aguas residuales de proceso industrial.

B) Sin límite, en el caso de que las aguas de servicios residuales se descargen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración en terrenos de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos de agua.

Artículo 8º.- Los métodos de prueba que se aplicaran para determinar los valores de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de la industria del cultivo y acabado de pieles, son los contenidos en las normas oficiales mexicanas siguientes:

NORMA	CARACTERISTICA
NOM-AA-3-1980	Aguas residuales-muestreo
NOM-AA-4-1977	Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales por el método del cono Imhoff.
NOM-AA-5-1980	Aguas determinación de grasas y aceites.- Método de extracción soxhlet.
NOM-AA-8-1980	Aguas - determinación de pH.- Método potenciométrico.
NOM-AA-14-1980	Cuerpos receptores - muestreo.
NOM-AA-20-1980	Aguas - determinación de sólidos disueltos totales - método gravimétrico.
NOM-AA-26-1980	Aguas - determinación de nitrógeno total.- Método kjeldahl.
NOM-AA-28-1981	Determinación de demanda bioquímica de oxígeno.- Método de incubación por diluciones.
NOM-AA-30-1981	Análisis de aguas - demanda química de oxígeno.- Método de reflujo del dicromato.
NOM-AA-34-1981	Determinación de sólidos en agua.- Método gravimétrico.
NOM-AA-36-1980	Aguas - determinación de acidez total y alcalinidad total.- Método potenciométrico y volumétrico.

- NOM-AA-42-1981 Análisis de aguas - determinación del numero mas probable de coliformes totales y fecales.- Método de tubos multiples de fermentación.
- NOM-AA-44-1981 Determinación de cromo hexavalente en agua.- Método colorimétrico de la difenil carbazida.
- NOM-AA-50-1978 Determinación de fenoles en aguas.- Método de espectrofotométrico biperina de la 4- aminoantipirina.
- NOM-AA-45-1977 Determinación de color en agua escala platino cobalto. Método de comparación visual.
- NOM-AA-93-1984 Protección al ambiente-contaminación del agua-determinación de la conductividad eléctrica.
- NOM-AA-7 -1980 Aguas-Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro.

**TRANSITORIO**

UNICO.- El presente acuerdo entrara en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Ciudad de México, a            de            de mil novecientos noventa

## 5. CONCLUSIONES

Finalmente podemos decir que la industria curtidora mexicana enfrenta diferentes situaciones adversas existiendo también situaciones motivantes como es la firma del tratado del libre comercio con Estados Unidos y Canadá.

Con este tratado se abrirán nuevos mercados internacionales lo que representa un consumo elevado de productos, motivando de esta manera a los industriales del área por la posibilidad de crecimiento y expansión que esto representa, así como la preocupación de proteger al medio ambiente, sin descuidar la productividad y competitividad.

De esta manera se considera que la actual posición de los industriales es mejorar en todos los puntos de su proceso para lograr no afectar el medio ambiente y obtener una alta producción con calidad. Un ejemplo de lo anterior se observa en el programa para promover la competitividad e internalización de la industria de la curtiduría, promovido por la diferentes cámaras (Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría, Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría del Estado de Guanajuato, Cámara Regional de la Industria de Jalisco) y apoyados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos y sobre todo por el Gobierno Federal.

Siguiendo la línea anterior, el anteproyecto de norma técnica ecológica obtenido maneja valores, parámetros y condiciones actuales de la industria curtidora. De esta manera los objetivos del trabajo se cumplen, ya que también se estableció una matriz comparativa entre México, Estados Unidos y miembros de la Comunidad Económica Europea con los diferentes valores y parámetros considerados por cada uno de ellos.

Por lo cual, se considera que la situación de México en esta área es difícil y necesita toda la cooperación de curtidores y autoridades para poder solucionar los problemas que enfrenta.

Es así como dentro de un marco de concertaciones será posible modernizar la infraestructura y los procesos de producción de la curtiduría siguiendo cuatro líneas de acción que abarcarán las siguientes áreas.

- Organización industrial.
- Capacitación.
- Tecnología.
- Normalización nacional e internacional.

Haciendo incapie en este último punto podemos decir que será determinante al momento de calificar el desarrollo de esta industria. Pues, si los anteriores puntos se cumplen adecuadamente, el último no tendrá problemas. Y de esta manera se tendrá una industria curtidora mexicana que solo produce lo mejor, también protege y eleva la calidad del medio ambiente donde se desarrolla.

Es importante destacar la actitud de las instituciones educativas y de investigación tecnológica, como Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Guanajuato, Centro de Investigación y Asistencia Tecnológica del Estado de Guanajuato A. C., Instituto de Celaya, etc. que serán los encargados de apoyar la capacitación de los recursos humanos y desarrollo de nuevas tecnologías.

Lo que hoy se tiene como base para el crecimiento de la industria curtidora, es un México comprometido con él mismo y todos los que lo forman.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- (1) AGUILAR, G. R. S.; "Curtido de pieles de 10 especies de peces de la costa noroeste de México"; Tesis, FACULTAD DE QUIMICA, UNAM; 1990; 10-13p.
- (2) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS; Manual de aguas para usos industriales; México; Ed. Limusa; 1982; 457 p.
- (3) BRAILE, P.M.; Manual de tratamiento de aguas residuales industriales; SAO PAULO, CETESB; 1979; VOL. XXII; 764p
- (4) BROITMAN K.B.; "Evaluación y control de la contaminación ambiental producida por la industria de la curtiduría"; Tesis, FACULTAD DE QUIMICA, UNAM; 1972.
- (5) CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO; DIAGNOSTICO DEL SECTOR, 1992.
- (6) CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA. DIAGNOSTICO DEL SECTOR; 1989, 1990, 1988.
- (7) CAMARGO A. J. G.; "Diseño de un sistema para tratamiento de aguas residuales en la industria de la curtiduría"; TESIS, FACULTAD DE QUIMICA, UNAM; 1976.
- (8) CONCAMIN, CENTRO DE INFORMACION; "Programa para promover la competitividad e internacionalización de la industria de la curtiduría y el calzado"; (DOCUMENTO), MEXICO; 1992
- (9) CONCAMIN; "INDUSTRIA"; (REVISTA), VOL.5; No.42 AGOSTO 1992
- (10) CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO, SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA, (SEDUE); Recopilación del primer seminario internacional sobre control de la contaminación de la Trinidad, Tlaxcala; 1988, 16-30p.

- (11) DELGADO, G., J., L. BEAR G., JOSE J. Y DELGADO G., PEDRO; "Monografía sectorial de la industria de la curtiduría"; TESIS, UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA; 1979.
- (12) E.P.A. Development documents for effluents limitations guidelines and, standards leathers tanning and finishing point source category; july, 1979.
- (13) E.P.A. Effluent guidelines and standards for leather tanning and finishing; 1988
- (14) GACETA ECOLOGICA No. 9; JULIO 1990; SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.
- (15) GACETA ECOLOGICA No.2; AGOSTO 1989; SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.
- (16) GLOYNA, ERNEST F.; Apuntes del curso sobre desechos industriales y su manejo; DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL; UNIVERSIDAD DE TEXAS; U.S.A. 1983.
- (17) INEGI, ENCUESTA INDUSTRIAL; 1988
- (18) KIRK-OTHMER; Enciclopedia de tecnología química; Primera edición en español; UNION TIPOGRAFICA EDITORIAL HISPANO AMERICANA; MEXICO, 1971, D.F.
- (19) LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION; 1992
- (20) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 1988.
- (21) METCALF & EDDY ; Ingenieria sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales; 2a. Ed.; EDITORIAL LABOR S.A.; 1985
- (22) MURRAY R. SPIEGEL ,SERIES SCHAUM; Probabilidad y estadística; MC. GRAW HILL DE MEXICO; S.A. DE C.V..
- (23) NEMEROV L.N.; Industrial water pollution, origins, Characteristics y treatment; SYRACUSE UNIVERSITY ADDISON WESLEY PUBLISHING COMPANY.
- (24) SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA 1989; CRITERIOS ECOLOGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA.

- (25) PROGRAMA DE REESTRUCTURACION DEL SECTOR CALZADO.  
The Boston consulting group LTD; (DOCUMENTO)
- (26) TECNOLOGIA, CIENCIA Y EDUCACION; (REVISTA) EDITADA POR  
INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUIMICOS; VOL. VII  
NUMERO 2; 1991; 13-18 p.
- (27) TANAGE DU CUIR, PROFIL DE L'INDUSTRIE ; INDUSTRIE,  
SCIENCIE ET TECHNOLOGIE; CANADA; 1987.
- (28) UNEP/IEO -UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME INDUSTRY  
AND ENVIRONMENT OFFICE; TECHNICAL REPORT SERIES No.4;  
TANNERIES AND THE ENVIROMENT A TECHNICAL GUIDE. 1991
- (29) VERGARA M. G. M.;"Estudio de la normatividad en el  
area de contaminación ambiental"; TESIS, FACULTAD DE  
QUIMICA, UNAM; 1990

**7. LISTA DE; FIGURAS, CUADROS,  
TABLAS Y GRAFICAS.**

<b>Capitulo 1.</b>	<b>PAGINA.</b>
Figura No. 1	Disponibilidad regional de agua en La República Mexicana. 5
Figura No. 2	Zonas en las que se dividió México de acuerdo a las actividades económicas y obras construidas. 12
Figura No. 3	División por regiones de acuerdo a la localización de ríos y mantos acuíferos en La República Mexicana 13
Figura No. 4	Precipitación media anual de La República Mexicana 18
Figura No. 5	Generación de aguas residuales en México 25
Figura No. 6	Identificación de conflictos en el abastecimiento de agua a las localidades 27
Figura No. 7	Localización de los estados de mayor importancia en la industria de la curtiduría en La República Mexicana 33
Cuadro No.1	Disponibilidad de agua 14
Cuadro No.2	Capacidad en almacenamiento y uso de las presas en operación y construcción 16
Cuadro No.3	Balance hidráulico 22
Cuadro No.4	Demanda de agua, año 1990 23
Cuadro No.5	Demanda de agua, año 2000 24
Cuadro No.6	Extracción y descarga de aguas residuales por población e industrias en México 29
Cuadro No.7	Grupos industriales que inciden mayormente en la problemática de contaminación del agua en Mexico 29
Cuadro No.8	Principales giros industriales responsables de las mayores descargas de aguas residuales en México 30
Cuadro No.9	Calidad promedio de las aguas residuales municipales generadas en la ciudad de León, Guanajuato 32
 <b>Capitulo 2.</b>	
Figura No.1	Proceso de curtido vegetal 39
Figura No.2	Esquema del proceso de curtido 47, 48, 49
Figura No.3	Proceso de curtido(efluentes) 132

	<b>PAGINA</b>
Figura No.4	Proceso de producción baqueta (curtido al cromo) 133, 143
Figura No.5	Proceso de producción para suela 135
Figura No.6	Gastos en protección ambiental, 1991 150
Cuadro No.1	Resumen de los productos elaborados con piel en cada uno de los estados 36
Cuadro No.2	Efectividad de las operaciones y procesos unitarios en la remoción de contaminantes 147
Cuadro No.3	Restricciones funcionales de los procesos de tratamiento 148
Cuadro No.4	Parámetros y valores máximos tolerables para el agua 1973 152
Tabla No.1	Resumen de las operaciones de curtido 45
Tabla No.2	Parámetros utilizados en la industria de la curtiduría(1992). 52
Tabla No.3	Condiciones particulares de descarga de la industria de la curtiduría, 1992 53
Tabla No.4	Condiciones particulares de descarga, niveles de significancia de 90% y 99.5% 54
Tabla No.5	Parámetros utilizados en la industria de la curtiduría(1985) 55
Tabla No.6	Condiciones particulares de descarga de la industria de la curtiduría, 1985 56
Tabla No.7	Condiciones particulares de descarga, niveles de significancia de 90% y 99.5% 57
Tabla No.8	Parámetros utilizados en la industria de la industria de la curtiduría(1985) 58
Tabla No.9	Condiciones particulares de descarga de la industria de la curtiduría, 1985 59
Tabla No.10	Condiciones particulares de descarga, niveles de significancia de 90% y 99.5% 60
<b>HISTOGRAMAS (1992).</b>	
Gráfica No.1	Potencial de hidrógeno (pH) 61
Gráfica No.2	Sólidos sedimentables 62
Gráfica No.3	Sólidos disueltos 63
Gráfica No.4	Grasas y aceites 64
Gráfica No.5	Demanda Química de Oxígeno 65
Gráfica No.6	Demanda Bioquímica de Oxígeno 66
Gráfica No.7	Nitrógeno orgánico 67
Gráfica No.8	Sulfatos totales 68
Gráfica No.9	Alcalinidad total 69

PAGINA

Gráfica No.10	Cromo total	70
Gráfica No.11	Sólidos no filtrables	71
Gráfica No.12	Temperatura	72
Gráfica No.13	Oxígeno disuelto	73

CARTAS DE CONTROL (1992).

Gráfica No.14	Potencial de hidrógeno (pH)	74
Gráfica No.15	Sólidos sedimentables	75
Gráfica No.16	Sólidos disueltos	76
Gráfica No.17	Grasas y aceites	77
Gráfica No.18	Demanda Química de Oxígeno	78
Gráfica No.19	Demanda Bioquímica de Oxígeno	79
Gráfica No.20	Nitrogeno Organico	80
Gráfica No.21	Sulfatos totales	81
Gráfica No.22	Alcalinidad total	82
Gráfica No.23	Cromo total	83
Gráfica No.24	Sólidos no filtrables	84
Gráfica No.25	Temperatura	85
Gráfica No.26	Oxígeno disuelto	86

HISTOGRAMAS (1985).

Gráfica No.27	Dureza	87
Gráfica No.28	Potencial de hidrógeno (pH)	88
Gráfica No.29	Sólidos totales	89
Gráfica No.30	Sólidos disueltos	90
Gráfica No.31	Demanda Bioquímica de Oxígeno	91
Gráfica No.32	Cromo	92
Gráfica No.33	Hierro	93

CARTAS DE CONTROL (1985).

Gráfica No.34	Dureza	94
Gráfica No.35	Potencial de hidrógeno (pH)	95
Gráfica No.36	Sólidos totales	96
Gráfica No.37	Sólidos disueltos	97
Gráfica No.38	Demanda Bioquímica de Oxígeno	98
Gráfica No.39	Cromo	99
Gráfica No.40	Hierro	100

HISTOGRAMAS (1985).

Gráfica No.41	Dureza	101
Gráfica No.42	Potencial de hidrógeno	102
Gráfica No.43	Sólidos totales	103
Gráfica No.44	Sólidos suspendidos	104

	<b>PAGINA</b>
Gráfica No.45	Sólidos disueltos 105
Gráfica No.46	Demanda Bioquímica de Oxígeno 106
Gráfica No.47	Hierro 107
Gráfica No.48	Cromo 108
 <b>CARTAS DE CONTROL (1985).</b>	
Gráfica No.49	Dureza 109
Gráfica No.50	Potencial de hidrógeno 110
Gráfica No.51	Sólidos totales 111
Gráfica No.52	Sólidos suspendidos 112
Gráfica No.53	Sólidos disueltos 113
Gráfica No.54	Demanda Bioquímica de Oxígeno 114
Gráfica No.55	Hierro 115
Gráfica No.56	Cromo 116
 Gráfica No.57	 Relación entre volúmenes de producción y agua consumida en una curtiduría 117
Gráfica No.58	Volúmen y características de las aguas residuales en curtidurías 118
 <b>Capítulo 3.</b>	
Figura No.1	Proceso para la obtención de taninos vegetales(cascalote) 161
Figura No.2	Sistema de tratamiento propuesto 165
Figura No.3	Comparación de las relaciones entre productores - exportadores y detallistas en Estados Unidos y la C.E.E. 179
Tabla No. 1	Importación de productos químicos por la industria de curtiduría 166
Gráfica No.1	Cambio del precio de cuero fresco de bovino en el rastro de ferrería, 1990 169
Gráfica No.2	Precio internacional del cuero, 1990 170
Gráfica No.3	Consumo de cuero caprino (1982 - 1986) 171
Gráfica No.4	Consumo vacuno aparente (1980 - 1986) 172
Gráfica No.5	Precios de cueros y carnazas nacionales, 1990 173
Gráfica No.6	Producción nacional de cueros curtidos (1980 - 1989) 174
Gráfica No.7	Estadísticas oficiales de la producción nacional de cueros, 1981 175

		PAGINA
Gráfica No.8	Producción estimada de pieles terminadas en México, 1982	176
Gráfica No.9	Producción nacional de cueros curtidos (tasa de crecimiento)	177
GráficaNo.10	Mercados de destino de las exportaciones mexicanas, 1986	178

#### Capitulo 4.

Tabla No.1	Límites máximos permisibles y parámetros	185
Tabla No.2	Tiempo para toma de muestras	186