

Universidad Autónoma de Querétaro

FACULTAD DE QUIMICA

DISEÑO DE UN REACTOR ANAEROBIO PARA
AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA
PROCESADORA DE PRODUCTOS LACTEOS

TESINA PRACTICA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA EN ALIMENTOS

PRESENTA

MONICA OROZCO MARQUEZ

FACULTAD DE
QUIMICA



BIBLOTECA

QUERETARO, QRO. 1993

PROPIEDAD DE LA FACULTAD
DE QUIMICA DE LA U. A. Q.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO.

FACULTAD DE QUIMICA

DISEÑO DE UN REACTOR ANAEROBIO PARA AGUAS RESIDUALES
DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LACTEOS

TESINA PRACTICA PARA OBTENER EL TITULO DE Q. EN ALIMENTOS.
MONICA OROZCO MARQUEZ

I N D I C E

OBJETIVO

INTRODUCCION 1

INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS 5

MARCO JURIDICO EN MATERIA DE CALIDAD DEL AGUA 10

Norma oficial para la Industria elaboradora de leche
y sus derivados. 13

PROCESO DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

Ruta crítica del tratamiento para las aguas residuales
de la empresa procesadora de productos lácteos. 17

Descripción de cada uno de los pasos de la ruta
crítica. 18

Resultados del análisis primario (Caracterización
del efluente). 20

Resultados del análisis del agua salida del reactor. 24

Resultados del análisis del agua al final del
tratamiento. 28

Resultados del análisis microbiológico. 30

Comparación de las medias de los análisis en los
diferentes puntos del tratamiento. 32

CONCLUSIONES 33

RESEÑA FOTOGRAFIA 36

BIBLIOGRAFIA 42

OBJETIVO

Eliminar mediante un reactor anaerobio la gran cantidad de materia orgánica contenida en las aguas residuales de una industria de alimentos elaboradora de productos lácteos; así como de tratar de lograr que todos los parámetros alcancen valores inferiores a los máximos permitidos por la norma oficial.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Se entiende por contaminante a toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora o fauna o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

Debido al enorme desarrollo industrial que se ha presentado en los últimos años, se hace necesario someter a las aguas de desecho industriales a un proceso que elimine los contaminantes que derivan de los procesos de los diversos tipos de industria con la finalidad de que no alteren los ecosistemas en los cuerpos receptores así como el de conservar el recurso agua.

En la contaminación del agua se estima que el 71% de ella la aportan las industrias y el 29% la población en general.

Entre las principales industrias contaminantes se encuentran las refinerías, plantas termoeléctricas, plantas productoras de celulosa y papel, fundidoras, plantas químicas y petroquímicas, la industria alimentaria y la textil. (15)

Toda fábrica de elaboración de alimentos recibe materia prima para convertirla en productos acabados. Además de los productos acabados se producen también materias residuales; como son: sustancias extrañas, mondaduras, y aguas contaminadas procedentes de la fabricación ó preparación de frutas y hortalizas, sangre, cebo y grasas de la elaboración de productos cárnicos, agua contaminada por productos lácteos procedentes de la industria de la leche, disoluciones detergentes de las operaciones sanitarias de las fábricas, y las aguas de residuos humanos provenientes de los servicios sanitarios utilizados por los operarios de las fábricas.

Las plantas procesadoras de alimentos tienen poco desecho sólido especializado y desechos líquidos disponibles. Pero su principal problema es que estos desechos poseen un elevado

contenido de nutrientes, que son aprovechados por los microorganismos, atrayendo insectos y roedores y con ésto una elevación en el crecimiento de microorganismos patógenos que son constantemente un peligro potencial. Los desechos líquidos contienen una gran cantidad de nutrientes cuando se dispone de agua en el proceso dando como resultado la polución por un enriquecimiento de la población microbiana presente en el agua. Tales enriquecimientos transforman el balance natural y las condiciones biológicas resultantes en el agua, pudiendo ser esto totalmente indeseable. (14)

De aquí que se diga que la contaminación y su control es un problema multidisciplinario ya que en su solución intervienen la química, física, biología, ecología, economía, sociología y derecho.

La estrategia contra la contaminación esta dada por tres aspectos principales: Legales, Técnicos y Financieros.

ASPECTOS LEGALES: En México, el aspecto legal de la contaminación está dado por la Ley Federal de Protección al Ambiente, Ley General de la Salud, Ley Federal del Agua, Ley General de Asentamientos Humanos, Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos y otros ordenamientos en materia de suelo, subsuelo, agua, aire, flora y fauna.

En general, la estrategia legal contra la contaminación de las aguas abarca tres aspectos:

Prevención: Es la disposición anticipada de medidas para evitar daños al ambiente.

Control: Es la vigilancia, inspección y aplicación de medidas para la conservación del ambiente o para reducir y, en su caso, evitar la contaminación del mismo.

Reuso: Implica la resolución de los organismos oficiales para permitir o no el usar un agua tratada en un proceso diferente o igual al que origino su contaminación previo estudio de sus ventajas y desventajas.

En México, el organismo oficial que se encarga de aplicar estos aspectos legales es la Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL.

ASPECTOS TECNICOS: El tratamiento de las aguas residuales industriales puede llevarse a cabo mediante dos sistemas:

Sistemas Individuales: El tratamiento del agua residual de una industria en particular corre por cuenta y bajo responsabilidad de la propia empresa contaminante, siendo ella la que determina el proceso a seguir, efectúa las operaciones en su planta de tratamiento y se compromete a cumplir las disposiciones legales y técnicas del control de la contaminación que para ello le hayan emitido los organismos oficiales autorizados.

Sistemas colectivos: Actualmente y con fines de economizar y mejorar el proceso de descontaminación de las aguas residuales industriales, la tendencia es la de agrupar a todas las industrias emisoras de aguas contaminantes en una localidad para reunir dichas aguas en un solo punto y darles un tratamiento específico conjunto.

ASPECTOS FINANCIEROS: El proceso de descontaminación de las aguas residuales industriales es una actividad muy costosa tanto en instalación del método de tratamiento como en la operación del mismo. Además, el tratamiento de las aguas residuales no es una actividad productiva y no todas las empresas contaminantes son capaces económicamente de costear este proceso. (9)

JUSTIFICACION

El propósito esencial para instalar una planta de tratamiento de aguas residuales es el de conservar nuestro medio ambiente.

Al instalar un laboratorio de análisis fisicoquímicos del

agua residual se puede contar con los elementos necesarios para:

1. Conocer la calidad del agua residual cruda, sin tratamiento, en las condiciones que se recibe en las plantas de tratamiento de aguas tanto en composición como en concentración de contaminantes específicos.

2. Optimizar el proceso de tratamiento con la finalidad de abaratar el costo de operación y contar con el criterio para manejar las fluctuaciones en calidad y cantidad del agua de desecho.

3. Debido a la gran variabilidad de las características del agua desechada, es necesario conocer la calidad del efluente y mantenerlo siempre en condiciones que no altere al sistema receptor.

4. Conociendo la calidad del agua que entra y sale de la planta de tratamiento, se puede deducir que proceso falta por establecer para cumplir con todos los parámetros fijados a la empresa en las condiciones particulares de descarga. (12)

INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS

Debido a la estrecha relación que guarda con la salud pública, la industria alimentaria ha tenido una larga historia en la vigilancia de sus actividades tanto por agencias locales y estatales como federales. El congreso promulgó el Estatuto original de Alimentos y Drogas, EAD en 1906. Ese Estatuto, con legislación subsecuente, tiene control no sólo sobre los productos químicos que se añaden directamente a los alimentos - sal, condimentos y conservadores -, sino también sobre otros productos como el pegamento en las envolturas de los alimentos, que puede convertirse indirectamente en aditivo de éstos al estar en contacto con ellos.

Además del estricto control del EAD, se impone una vigilancia especial a las plantas de procesamiento de carnes y aves a través del Departamento de Agricultura de los EEUU. No puede incluirse ningún producto químico en una planta de procesamiento de carnes o aves a menos que haya sido aprobado por el DA para un uso específico, como lavado del equipo o tratamiento del agua.

Debido a lo restrictivo de estos reglamentos, la selección de productos químicos usados en los tratamientos del agua o de los desechos puede ser más limitada en la industria alimentaria que en cualquier otra de las grandes consumidoras de agua.

Existen muchos sectores de la industria de procesamientos de alimentos y entre los que corresponden a la categoría de mayores usuarios del agua están los del procesamiento de la caña de azúcar y de la remolacha, el de la manufactura de bebidas, el del procesamiento de frutas y verduras, los de la carne y aves, el de procesamiento de granos, los de grasas y aceites y el de lácteos.

Aunque hay amplias variaciones en las etapas de proceso en cada uno de estos sectores de la industria, existe cierto número de operaciones unitarias que les son comunes. El agua en la planta puede dividirse en tres categorías: *agua de proceso*, *agua de enfriamiento* y *agua de alimentación de las calderas*.

La distribución porcentual varía considerablemente. En la mayor parte de las plantas procesadoras de alimentos se genera vapor para el cocimiento o el procesamiento y el agua empleada para reemplazo en las calderas va desde un 6% hasta cerca del 15%.

Entre los usos del agua de proceso están: el lavado de materias primas y del equipo de proceso; el transporte de productos de una a otra área de proceso, la disolución o la extracción y la adición al producto terminado.

El agua de enfriamiento puede usarse para operar equipo de refrigeración, para condensar vapor de los evaporadores o de las turbinas o para enfriar equipo de proceso como compresoras, ollas de cocimiento y chaquetas de motores.

El vapor puede ganarse para cocimiento, para calentar evaporadores o para calefacción. En algunas industrias se utiliza bastante vapor como para justificar la instalación de una turbina que le extraiga energía antes de enviarlo al proceso. Si existe la posibilidad de que el vapor tenga contacto directo con la comida, hay límites muy estrictos respecto a los productos químicos usados en el tratamiento del vapor y el del agua de la caldera, así como respecto a las concentraciones máximas de dichos productos.

El conocimiento de las operaciones del proceso en una planta de alimentos es útil para comprender el uso del agua, la que puede usarse sucesivamente para diferentes propósitos.

(1)

IMPORTANCIA ECONOMICA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales es el conjunto de recursos por medio de los cuales es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en la autopurificación de una corriente dentro de una área limitada, apartada y bajo condiciones controladas.

El contar con todos los recursos para lograr la descontaminación de una agua residual significa invertir en ello tiempo y capital. Una empresa que tiene tratamiento particular de sus aguas residuales empieza a invertir tiempo y capital desde que se comienza a estudiar las diferentes posibilidades de proceso aplicables para el tratamiento de sus residuos en particular, ya que la selección del método aplicable más conveniente debe de contemplar terrenos y construcciones necesarias, maquinaria y equipo, análisis de caracterización del agua residual y costos de operación del método de tratamiento elegido.

Al elegir el proceso más eficaz para tratar un agua residual, debe tenerse en cuenta que la adquisición del terreno, las construcciones necesarias y la compra de maquinaria y equipo están en base a los datos de los análisis de caracterización del agua residual en estudio y a las características con las que debe cumplir el agua tratada.

Todas estas actividades representan una fuerte inversión de capital para la empresa que lo realice pero no se vuelve a invertir en ellas más que en el mantenimiento que requieran. Sin embargo, los costos de operación del proceso elegido se mantienen vigentes durante todo el tiempo que la planta tratadora de aguas opere.

Generalmente, los costos de operación del tratamiento de aguas residuales son altos y a menos que el agua tratada sea reutilizada en otra actividad, las inversiones que una planta de tratamiento de aguas residuales requiere para operar no significan ningún beneficio económico para la empresa que lo

realiza. Actualmente en México las empresas que tienen tratamiento de sus aguas residuales lo hacen por el hecho de que las autoridades gubernamentales así lo exigen de acuerdo a los términos legales establecidos en la *Ley Federal de Protección al Ambiente y en el Reglamento Para Prevención y Control de la Contaminación del Agua*.

Sin embargo, el objetivo final de una planta de tratamiento de aguas residuales debe ser el que el agua tratada sea reutilizada en alguna otra actividad y de preferencia, en la misma actividad que produjo su contaminación. Para esto debe tomarse en cuenta la calidad del agua que el proceso productivo de la empresa requiera y los costos de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales deben ser más bajos que el costo que representa a la empresa abastecerse de agua fresca. De esta manera, el tratamiento de aguas residuales se hará productivo ya que por una parte la empresa que realiza el proceso de descontaminación se beneficia económicamente y cumple con el objetivo fundamental de no contaminar las corrientes y ríos y de preservar el recurso agua.

Dado lo anterior hay que considerar que en todo diseño de una nueva planta de proceso productivo se debe dedicar atención al objetivo de minimizar en lo posible las fuentes potenciales de contaminación al optimizar en este sentido las unidades básicas del proceso. Un diseño de la nueva planta y una selección de equipo que eviten problemas de contaminación pueden reducir considerablemente los costos de tratamiento de efluentes.

Otra medida para abaratar los costos del tratamiento de efluentes industriales es el de sustituir productos muy contaminantes empleados en el proceso productivo por otros que no sean tanto y tengan los mismos costos y eficiencias para el proceso que se apliquen.

En México, la legislación que en materia de contaminación

existe, reconoce que el tratar aguas residuales es una actividad costosa y que no todas las empresas pueden llevarla a cabo, sin embargo, tienen que hacerlo; para ello procura dar incentivos fiscales para las empresas que emprendan alguna actividad contra la contaminación.

Como ejemplo de ello, a continuación se transcribe el párrafo quinto del artículo 24 de la Ley Federal de Protección al Ambiente: "*Se consideran prioritarios y de interés social los financiamientos e incentivos que se otorguen para instalar plantas de tratamiento de aguas residuales individuales o conjuntas*".

(16)

MARCO JURIDICO EN MATERIA DE CALIDAD DEL AGUA

La secretaría de agricultura y recursos hidráulicos, SARH, desde hace aproximadamente una década, realiza las acciones necesarias para el trámite y expedición de permisos de descarga de aguas residuales, con la finalidad de coadyuvar a la solución de la problemática de la contaminación de aguas y mantener este recurso en condiciones de calidad tales, que permitan el desarrollo de los usos actuales y potenciales que el país requiere.

La extinta dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, emprendió esta difícil tarea, hoy en día continua realizandose a través de la Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos, por conducto de su dirección de Calidad del Agua.

La actividad que se expondrá, es el trámite y expedición de permisos para descargar aguas residuales.

PERMISOS DE DESCARGA.

Constituyen un instrumento normativo, para garantizar que el vertido de aguas residuales a los cuerpos receptores, distintos de los sistemas de alcantarillado municipal, se realice de acuerdo a las condiciones técnicas y jurídicas establecidas en el mismo, permitiendo tener un mayor control de la contaminación de aguas.

De acuerdo al artículo 39 de la Ley Federal de Aguas:

"Los asignatarios o concencionarios de las aguas propiedad de la Nación y en general, los usuarios que infiltren Aguas Residuales en los terrenos o las descarguen en otros cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener de las autoridades competentes el permiso correspondiente" (9)

Deben presentar solicitud de permiso ante la SARH, los usuarios que aprovechen, consuman o exploten aguas provenientes

de fuentes superficiales o subterráneas, incluidas las que se suministran por medio de los sistemas de abastecimiento municipal, y que vierten sus aguas residuales en cuerpos receptores o las infiltran en los terrenos.

Las descargas que se viertan a sistemas de alcantarillado municipal, o las que provengan de casas habitación unifamiliar, no requieren de este permiso, en tal caso el organismo o autoridad que administre u opere el sistema, será el responsable ante esta Secretaría.

El responsable de la descarga, debe presentar por escrito su solicitud, la cual será en el formato autorizado que proporciona gratuitamente la SARH, a través de sus oficinas de Calidad del Agua en los estados o inclusive en las oficinas centrales de la Ciudad de México.

Posteriormente a la presentación de la solicitud y recepción oficial, la SARH otorga un permiso provisional en un tiempo no mayor de 20 días hábiles, con el objeto de que la empresa cumpla con la regularización de su aprovechamiento de aguas, ocupación de cauces o zonas federales en su caso, y solicite a la SEDESOL, la fijación de condiciones particulares de descarga, además con este documento se ampara la empresa de posibles sanciones.

La información de la solicitud, se procesa electrónicamente y se almacena, con objeto de dar seguimiento al trámite y al cumplimiento del permiso.

Posteriormente al permiso provisional, viene una etapa de estudio, evaluación y dictamen por parte de la SARH, para determinar el cuerpo receptor final, punto de vertido final, forma de vertido y condiciones técnicas, jurídicas y administrativas del documento definitivo a otorgar.

Para lo anterior, se requiere efectuar trabajos de campo como: Muestreos y aforos en la descarga y cuerpo receptor;

Recorrido de instalaciones y área de afectaciones; investigación de usos aguas abajo de la descarga; así también obtener resultados de laboratorio, realizar un estudio hidráulico del cuerpo receptor, para determinar su capacidad de asimilación y dilución de contaminantes, entre otras cosas.

(9)

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL .

NORMA OFICIAL PARA LA DETERMINACION DE CONTAMINANTES EN LAS
DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA
ELABORADORA DE LECHE Y SUS DERIVADOS

Diario oficial de la federación 4 de agosto de 1988.

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-009/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la Industria elaboradora de leche y sus derivados.

ACUERDO.

ART. 1º - Se expide norma técnica ecológica NTE-CCA-009/88.

ART. 2º - Esta norma técnica ecológica es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para la industria elaboradora de leche y sus derivados, que descargue aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.

ART. 3º - Para los efectos de esta norma técnica ecológica se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General de 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.

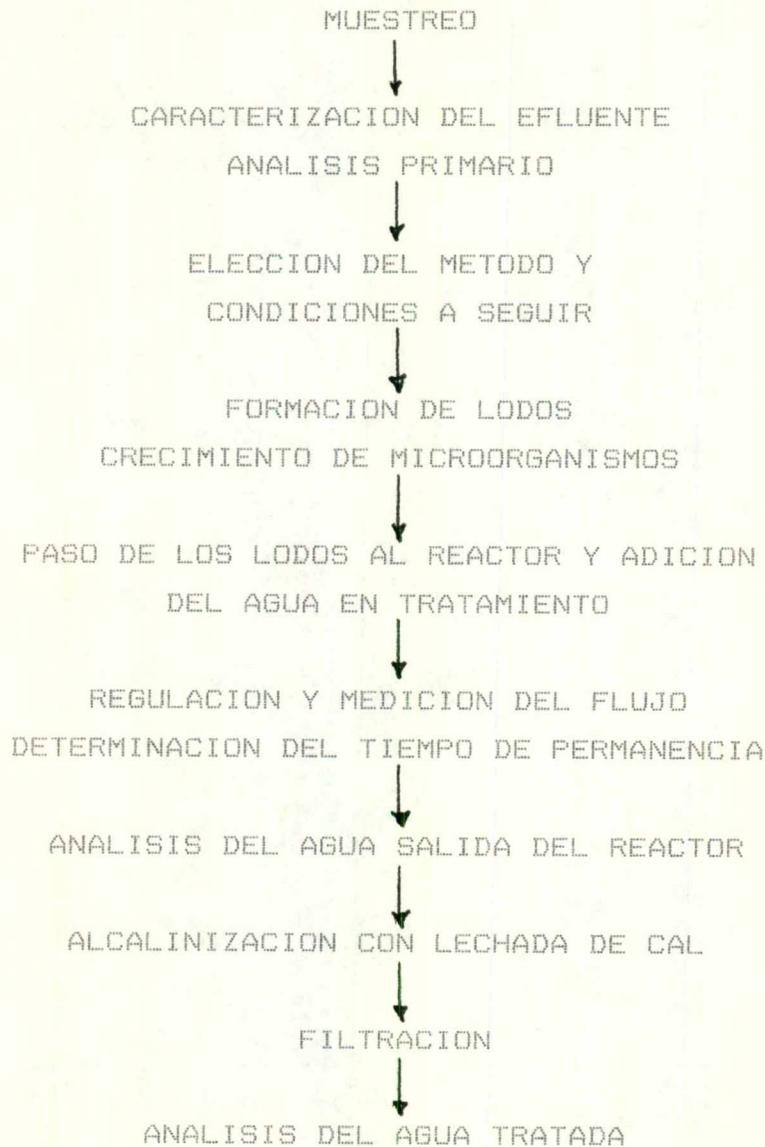
Cuerpos de agua: Aquellos que se encuentran contenidos en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua que puedan recibir descarga de aguas residuales.

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

ART. 4º - Los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados, son los que se

PROCESO DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL

ROTA CRITICA DEL TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA ELABORADORA DE PRODUCTOS LACTEOS



NOTA: Por la tendencia del efluente a sedimentarse toda el agua con que se alimenta el reactor pasa por un proceso primario en que se eliminan todos los sólidos sedimentables, mediante una decantación.

DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DE CADA UNO DE LOS PASOS DE LA RUTA CRÍTICA

MUESTREO:

El muestreo es solo la operación de ir por la mezcla de agua de desecho, sin embargo la toma de la muestra debe recopilarse donde estén bien mezcladas las aguas residuales, es decir donde el flujo sea más turbulento.

La recopilación de la muestra debe ser en las condiciones más favorables posibles. Los puntos de muestreo deben ser de fácil acceso; estar disponible el equipo adecuado, tomarse precauciones de seguridad, etc., pues entre más se faciliten estas actividades más representativa será la muestra recopilada.

Para la recolección de aguas residuales de los tanques y canales, es adecuado utilizar un cucharón de aluminio de 15 cm de diámetro y de una profundidad de 10 cm aproximadamente, con mango largo. Para muestrear a través de registros o pozos de visita se usa un cubo de un litro que puede fijarse a una pértiga de madera con equipo de cierre. También se necesitan probetas graduadas, frascos para muestras y algún medio de refrigeración, hieleras.

Una de las tareas del muestreo es recoger una porción de material lo suficientemente pequeña en volumen que pueda ser adecuadamente transportada y manejada en el laboratorio mientras aún conserva las características del material muestreado. Esto implica, primero, que las proporciones relativas o concentraciones de todos los componentes pertinentes deben ser las mismas tanto en la muestra como en el material muestreado, y segundo, que la muestra se maneje en forma tal que no ocurran cambios significativos en la composición antes de que se lleven a cabo los análisis.

Una vez tomada la muestra, es muy importante utilizar métodos de preservación, para poder realizar los análisis de

los parámetros inestables que se pueden estabilizar de esta forma. Sin embargo, existen parámetros inestables, que es necesario medir en el campo debido a su alta variabilidad y a la falta de métodos de preservación adecuados para ellos.

Los métodos de preservación son relativamente limitados y su objetivo generalmente es:

- a) Inhibir la actividad biológica.
- b) Disminuir la velocidad de hidrólisis u oxidación de los compuestos y complejos químicos.
- c) Disminuir la volatilidad de los compuestos.

Por lo general, los métodos de preservación se limitan al control de pH, adición de compuestos químicos, refrigeración y congelación.

Antes de salir a muestrear, es necesario conocer el tipo de envase, conservador y el volumen mínimo de muestra necesario para realizar satisfactoriamente el análisis. (20)

CARACTERIZACION DEL AFLUENTE : (Análisis primario).

Es la operación de determinar la composición del efluente por medio de un conjunto de técnicas analíticas, fisicoquímicas y microbiológicas.

Esta caracterización se hace con el objeto de saber cuales son los parámetros problema y la mejor manera de corregirlos, además de conocer las condiciones normales del efluente desechado.

En mi caso los análisis de caracterización del efluente se hicieron cotidianamente durante un lapso de 17 días, esto con el objeto de verificar variaciones en las condiciones normales del efluente que pudieran alterar o inhibir el desarrollo microbiano del reactor.

Los resultados obtenidos de la caracterización del efluente se mostrarán más adelante.

Observar apariencia del efluente fotografía 1.

RESULTADOS

RESULTADOS DEL ANALISIS PRIMARIO (CARACTERIZACION DEL EFLUENTE)

PARAMETROS	DIAS						MEDIA
	1	7	9	10	15	17	
pH	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.08
DBO ₅ (ppm)	4593.4	-	3986.9	-	-	-	4290.2
DQO (ppm)	8503.9	7559.0	6039.4	7862.1	7244.1	7943.5	7525.3
ST (ppm)	8230	7240	4224	7693	6770	8198	7059.2
SD (ppm)	6954	6342	3476	6595	5984	6260	5935.2
SST (ppm)	1276	898	748	1098	786	1938	1124.0
SAAM (ppm)	10.54	8.02	6.45	7.57	3.08	6.18	6.97
NMP/100 ml	7	-	-	-	-	11	9.0
PO ₄ (ppm)	23.28	-	23.01	-	-	22.99	23.1
SO ₄ (ppm)	147.9	-	-	150.6	-	132.3	143.6
N _T (ppm)	189.2	-	173.7	-	177.4	-	180.1
B Y A (ppm)	265.6	-	236.4	-	248.9	469.2	305.0
CE	1570	-	1251	1450	1437	1559	1453.4
Cl (ppm)	168	-	-	140	210	124	160.5

(-) Análisis no determinados ese día.

NOTA: La media, se sacó para darnos una idea del valor promedio de cada parámetro con que entra el agua del efluente al proceso.

ELECCION DEL METODO Y CONDICIONES A SEGUIR:

El método a seguir fue un método biológico que contaba con las siguientes condiciones:

Anaerobio: Esto es porque de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del efluente nos damos cuenta que nuestra muestra tiene un elevado contenido de materia orgánica, y consultando la bibliografía (3) se nos dice que los reactores en condiciones anaerobias son óptimos para tratar aguas con una carga elevada de materia orgánica.

pH neutro: Porque son las condiciones que tiene el efluente normalmente y además son las condiciones óptimas para el desarrollo de las bacterias de tipo anaerobio facultativo que son las que predominan durante la primera fase del proceso.

Temperatura ambiente: Debido a que no se contaba con el equipo necesario para mantener al reactor a otra temperatura diferente.

FORMACION DE LODOS:

La formación de lodos se hizo de la siguiente manera:

En un matraz Erlen Meyer de 1 lt se pusieron 800 ml del agua del efluente.

Se adicionaron 1 ml de cada uno de los siguientes

nutrientes: Sulfato de Manganeso	22.5 gr/l
Buffer de Fosfatos	pH 7.2
Cloruro de Calcio	27.5 gr/l
Cloruro Férrico	0.25 gr/l

Estos micronutrientes se adicionan con el objeto de acelerar el desarrollo microbiano en el agua.

Se tapó el matraz y se le saco el aire con un bomba de vacío.

Se puso en un cuarto oscuro y se dejó en reposo, hasta la obtención de los lodos, los cuales se observan como un precipitado, en mi caso en particular de color blanco.

Observar fotografía 2.

PASO DE LOS LODOS AL REACTOR Y ADICION DEL AGUA EN TRATAMIENTO:

Se pusieron en el reactor los lodos y el agua a tratar. Además de adicionar 16 ml de cada uno de los micronutrientes antes mencionados.

En nuestro caso que necesitábamos un desarrollo rápido de lodos se le adicionó 2 gr de caldo lactosado como nutriente especial.

Con la siguiente formulación:

Fórmula para 1000 ml de agua destilada:

Peptona de Gelatina	5.0
Extracto de Carne	3.0
Lactosa	5.0
pH final	6.9 ± 0.2

El reactor no se llenó por completo sino hasta un 90% de su capacidad, debido a que se tenía que sellar en la parte de arriba.

Al día siguiente una vez sellada la parte de arriba, se llenó por completo y se le sellaron las mangueras de alimentación y salida del reactor; además se llenaron las mangueras para empezar a regular el flujo.

Observar fotografía 3.

REGULACION Y MEDICION DEL FLUJO.

DETERMINACION DEL TIEMPO DE PERMANENCIA:

La regulación del flujo se hace con el objeto de ver que la misma cantidad de agua que entre sea la que salga del reactor.

Esta regulación se hizo mediante un par de garrafas iguales, en las cuales se pusieron marcas y se tomaba el tiempo después de cada hora, verificando que las dos marcas estuviesen a la misma distancia.

Hora	Tiempo hrs	Distancia cm
12:30	0.0	0.0
1:30	1.0	1.5
2:30	2.0	3.0
3:30	3.0	4.5
4:30	4.0	6.0

La medición del flujo se hizo de la siguiente manera:

Con un matraz volumétrico de 50 ml se tomo el tiempo requerido para que se llenara y así determinar el volumen que se eliminaba del reactor por unidad de tiempo.

Volumen ml	hora	tiempo min
0	10:38	0
50	10:50	12
150	11:02	24
200	11:14	36

Capacidad del reactor (pecera) = 17 lts.

Capacidad del garrafón de retención = 20 lts.

Velocidad de flujo = 300 ml/hr.

Tiempo de permanencia = 2.83 días.

Redondeando se puede decir que el tiempo de permanencia es de 3 días.

ANÁLISIS DEL AGUA SALIDA DEL REACTOR:

Este se hizo con el objeto de verificar la eficiencia del reactor, realizandose análisis cada tercer día, durante un lapso de 24 días

Los análisis se realizaron de acuerdo a la norma oficial mexicana para cada uno de los distintos parámetros.

Observar fotografías 4 y 5.

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL AGUA SALIDA DEL REACTOR

PARAMETROS	D I A S					
	7	9	10	11	14	15
pH	6.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
DBO ₅ (ppm)	354.4	415.9	420.5	240.4	-	-
DQO (ppm)	913.4	724.4	850.4	661.4	503.9	409.4
ST (ppm)	1864	1858	1868	1884	1554	1400
SD (ppm)	1782	1728	1770	1722	1322	1282
SST (ppm)	82	130	98	162	232	118
SAAM (ppm)	4.058	3.121	4.730	-	-	4.324
NMP/100 ml	-	15000	-	-	150000	-
G Y A (ppm)	-	22.2	-	18.7	-	14.4
N _T (ppm)	133.8	-	129.0	-	105.7	-

PARAMETROS	D I A S				
	16	17	23	31	MEDIA
pH	5.0	7.0	7.0	7.0	5.7200
DBO ₅ (ppm)	351.9	-	147.3	-	321.70
DQO (ppm)	409.4	375.0	283.5	125.9	525.70
ST (ppm)	1302	1088	1042	1030	1489.0
SD (ppm)	1144	998	952	937	1363.7
SST (ppm)	158	90	90	93	125.30
SAAM (ppm)	5.192	5.507	-	4.835	4.5380
NMP/100 ml	-	-	150000	-	105000
G Y A (ppm)	-	-	-	2.20	14.325
N _T (ppm)	-	-	-	93.3	115.50

(-) Análisis no determinado ese día.

NOTA: Los días se empiezan a contar a partir del día en que se puso a trabajar el reactor; que corresponde a la fecha 6 de abril de 1992.

Los parámetros faltantes como los fosfatos, sulfatos, y cloruros, se omitieron debido a que no sufren cambios significativos mediante el tratamiento biológico.

En lo referente a la conductividad eléctrica, por estar íntimamente relacionada con los sólidos, no se determinó más hasta el final del tratamiento.

ALCALINIZACION CON LECHADA DE CAL:

El agua puesta en tratamiento tiene una elevada cantidad de algunos de los compuestos típicos de la leche, y nuestro principal problema fue la forma coloidal de la miscelas de proteína presente en el agua.

El agua a la salida del reactor seguía conteniendo una elevada cantidad de nitrógeno, presente como miscelas de proteínas que se observan como un coloide que le da turbiedad al agua. La forma de retirar este coloide fue por medio de una lechada de cal, ya que el calcio divalente parece formar puentes entre los pares de grupos ácidos serina-fosfórico y entre los aminoácidos dicarboxílicos. Así el calcio contribuye en pequeñas cantidades a la formación de miscelas, pero en cantidades mayores provoca la precipitación de las caseinas sensibles al calcio.

Para determinar la cantidad de Cal necesaria para precipitar las miscelas de proteína se hicieron pruebas con diferentes cantidades de cal, para saber con que cantidad se tenía una mayor precipitación de coloide y un menor aumento en los sólidos.

Pruebas hechas en 500 ml agua

Cantidad de Cal	Solidos totales
gr	ppm
0.3	1,034
0.5	1,032
1.0	954
2.0	1,222
4.0	1,768
6.0	2,078
8.0	2,278

Pruebas de terminación de cal en base a los sólidos residuales

La cantidad óptima de cal/lt de agua salidad del reactor se determinó en 2 gr/lt.

Debido a la cantidad de cal que ésto representaba cuando se utilizará a nivel industrial, se hicieron otras pruebas que utilizarían el poder sinergista del sulfato de aluminio junto con la cal, para así poder agregarse menores cantidades.

Las pruebas fueron efectuadas con las siguientes cantidades:

NO. PRUEBA	SULFATO DE ALUMINIO	CAL
	ppm	ppm
1	20	60
2	30	120
3	40	160
4	70	280
5	100	400
6	200	800

Pruebas para determinar la concentración de sulfato de aluminio y cal que elimine la mayor cantidad del coloide.

Pero ninguna de las pruebas antes mencionadas, eliminó el coloide que le da turbidez al agua, como en el caso de la cal

pura. De ésta manera, se optó por eliminar la turbidez mediante la adición de 2 gr de cal por litro. (fotografías 6 y 7).

DECANTACION:

Una vez adicionada la cal, ésta se agitó vigorosamente durante un minuto, dejándose en reposo hasta su total asentamiento. Posteriormente se hizo una decantación eliminandose el exceso de cal y el coloide sedimentados, obteniendose un agua bastante clara.

FILTRACION:

Mediante ésta operación se eliminan todos los restos del sedimento de la lechada de cal, por medio de un filtro con carbón activado, para también de ésta manera retirar el color y olor del agua.

ANALISIS DEL AGUA FILTRADA:

Se hicieron con el objeto de verificar la calidad del agua después de todo el sistema de tratamiento, así como de obtener resultados que nos indicaran si los parámetros estan dentro de los rangos marcados por las normas legales de SEDESOL.

Los resultados de los análisis realizados al agua filtrada se darán posteriormente.

Las grasas y aceites, al igual que el nitrógeno total no se determinaron durante esta parte del experimento, debido a que no se daba una disminución significativa con la operación del filtrado; sin embargo, en el caso del nitrógeno total se muestra una disminución después de la operación de alcalinización en la cual se eliminan gran cantidad de miscelas de caseinas, pero ésto es a partir del día 16 en que se empieza a tratar con la cal.

La apariencia del agua a la salida del reactor y después de todo el tratamiento, es decir, incluyendo la filtración se puede observar en las fotografías 8 y 9.

RESULTADOS DEL AGUA AL FINAL DEL TRATAMIENTO

PARAMETROS	D I A S				
	10	11	14	15	16
pH	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0
DBO ₅ (ppm)	299.6	179.9	-	-	133.6
DQO (ppm)	252.0	220.5	94.5	63.0	125.9
ST (ppm)	-	1666	1340	1532	1652
SD (ppm)	-	1512	1152	1460	1566
SST (ppm)	-	154	188	72	86
SAAM (ppm)	4.652	-	-	2.649	3.801
NMP/100 ml	-	-	-	-	-

PARAMETROS	D I A S			
	17	23	31	MEDIA
pH	10.0	10.0	11.0	8.6
DBO ₅ (ppm)	-	83.9	-	174.30
DQO (ppm)	187.5	125.9	94.5	145.80
ST (ppm)	1694	898	873	1379.2
SD (ppm)	1454	868	759	1253.0
SST (ppm)	240	30	114	126.30
SAAM (ppm)	4.938	-	4.697	4.1470
NMP/100 ml	-	-	NEGATIVO	-
N _T (ppm)	74.3	-	69.8	72.05

(-) Análisis no determinados ese día.

NOTA: A partir del día 16 las muestras no solo se filtraron sino que se trataron con lechada de cal y posteriormente se filtraron.

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

Se llevarón a cabo una con el objeto de determinar los tipos de microorganismos presentes en el reactor.

Este análisis consistió en un tinción de Gram utilizada muy frecuentemente para determinar las características morfológicas de los microorganismos.

Las reacciones que tienen lugar durante la tinción de Gram se pueden observar en el siguiente cuadro:

COLORACION DE GRAM		
SOLUCIONES APLICADA POR SU ORDEN	REACCION Y APARIENCIA DE LAS BACTERIAS	
	GRAM POSITIVAS	GRAM NEGATIVAS
Cristal violeta	Las bacterias se tiñen de violeta.	
Solución de yodo (lugol)	Complejo CV-1 se forma dentro de las bacterias permaneciendo violetas.	
Alcohol	Las paredes celulares se deshidratan, hay retracción de los poros, la permeabilidad disminuye, el complejo CV-1 no puede salir de la bacteria permaneciendo violeta.	Estracción de lípidos de las paredes celulares aumentando la porosidad, CV-1 sale de la bacteria.
Safranina	Las bacterias no son afectas y permanecen violetas.	Las bacterias toman este colorante y se tiñen de rojo.

Elementos de la tinción de Gram

(11)

RESULTADO DEL ANALISIS MICROBIOLOGICO DE LOS LODOS FORMADOS
EN EL REACTOR
(TINCION DE GRAM)

COCOS GRAM POSITIVO:

Familia: Micrococaceae

Género: Micrococcus

Familia: Streptococcaceae

Género: Streptococcus { lactis, diacetilactis, cremoris.

Género: Leuconostoc { citrovorum, Kefir.

BACILOS GRAM POSITIVOS:

Familia: Lactobacillaceae

Género: Lactobacillus { casei, plantarum, brevis, lactis,
acidophilus, bulgaricus, bifidus.

BACILOS ESPORULADOS GRAM NEGATIVOS:

Familia: Bacillaceae

Género: Clostridium

Género: Bacillus

BACILOS GRAM NEGATIVOS: (Anaerobios)

Familia: Enterobacteriaceae

Género: Escherichia { coli

Género: Salmonella

Género: Enterobacter

BACTERIAS ANAEROBIAS GRAM NEGATIVAS:

Familia: Bacteroidaceae

Género: Bacteroides

Género: Fusobacterium

BACTERIAS PRODUCTORAS DE METANO:

Familia: Methanobacteriaceae

Género: Methanobacterium { ruminantium, thermoautotrophicum

Género: Methanococcus

LEVADURAS.

COMPARACION DE LAS MEDIAS DE LOS ANALISIS EN LOS DIFERENTES
PUNTOS DEL TRATAMIENTO

PARAMETROS	ANTES DEL PROCESO	SALIDA DEL REACTOR	% DE REMOCION
DBO ₅ (ppm)	4290.2	321.70	92.5
DQO (ppm)	7525.3	525.70	93.0
ST (ppm)	7059.2	1489.0	78.9
SD (ppm)	5935.2	1363.7	77.0
SST (ppm)	1124.0	125.30	88.8
SAAM (ppm)	6.9700	4.5380	34.9
G Y A (ppm)	305.03	14.325	95.3
N _T (ppm)	180.11	115.50	35.9

PARAMETROS	ANTES DEL PROCESO	DESPUES DEL PROCESO	% DE REMOCION
DBO ₅ (ppm)	4290.2	174.30	95.9
DQO (ppm)	7525.3	145.80	98.1
ST (ppm)	7059.2	1379.2	80.5
SD (ppm)	5935.2	1253.0	78.9
SST (ppm)	1124.0	126.30	88.8
G Y A (ppm)	305.03	14.325	95.3
SAAM (ppm)	6.9700	4.1470	40.5
N _T (ppm)	180.11	72.050	60.0

CONCLUSIONES

La tesina presente (trabajo experimental) tiene algunos puntos de gran interés.

El trabajo experimental se hizo de manera relativamente sencilla y sin contratiempos, lo que ocasionó dificultades e inclusive la suspensión del experimento fueron problemas de tipo mecánico o técnico, como por ejemplo el sellado del reactor, el cual tardó mucho tiempo para sellar y presentó fugas durante un gran lapso de tiempo, se tapaban unas y se abrían otras, esto fue ocasionado por la elevada presión interna contenida dentro del reactor debido a la alta producción de gases.

Por tal motivo se suspendió la labor del reactor en condiciones totalmente anaeróbicas. Se quitó el sello en la parte superior, donde estaba colocada la manguera de alimentación del reactor para que por ese pequeño orificio salieran los gases desprendidos durante el proceso.

El eliminar el vacío dentro del reactor nos trajo consecuencias, como el hecho de que el flujo que anteriormente se regulaba por una sola manguera (independientemente la salida o la entrada) ahora debía ser regulada en las dos partes la alimentación y la salida; este fue un trabajo arduo, pues el agua de alimentación del reactor traía una elevada cantidad de sólidos y estos constantemente tapaban la manguera de alimentación; para eliminar este problema se procedió a realizar una operación primaria que consistía en la eliminación de todos los sólidos sedimentables por medio de un proceso de sedimentación durante una hora antes de vaciar el agua al garrafón de contención del agua de alimentación al reactor.

Los problemas de regulación de flujo se eliminaron, se volvieron a hacer pruebas para corregir y poner constante el tiempo de permanencia.

En lo referente a la eficiencia del reactor, como se puede

apreciar en los resultados, fue bastante elevada, ya que como regla general se puede observar que los parámetros relacionados con la eliminación de materia orgánica, tuvieron un porcentaje de remoción mayor del 60%.

También en los resultados se puede apreciar que los parámetros en los que no interviene la materia orgánica, son difícilmente reducidos, tal es el caso de los detergentes.

Por otra parte, se puede observar que la eficiencia del reactor es muy limitada con respecto a la cantidad de nitrógeno presente, ya que el porcentaje de remoción fue bajo y éste se esperaba fuera mayor.

Esto se debió a el exceso de proteínas que el agua a tratar contenía, ya que los microorganismos presentes en nuestro reactor en su mayoría no eran del tipo proteolíticos.

Aunque no se conocen las condiciones específicas de descarga, se puede observar que los parámetros marcados en la norma técnica ecológica NTE-CCA-009/88, para la descarga de aguas residuales procedentes de la Industria elaboradora de leche y sus derivados, todavía no estan dentro de la norma pero se encuentran ya muy cerca de ellos, y hay que tener en cuenta que esta sólo representa una de tantas operaciones que se llevan a cabo en un sistema de tratamiento.

Además en lo que se refiere a apariencia del agua, se puede decir que con los tratamiento antes mencionados (reactor biológico y alcalinización) se obtiene de alta calidad; el agua se presenta cristalina, incolora e inodora.

Como conclusión general pienso que fue un trabajo de desarrollo de alta calidad y se llegó a los resultados esperados aún con sus percances, *el agua obtenida despues del tratamiento fue un agua de bastante buena calidad, tanto fisicoquímica, como microbiológicamente.*

Y este tipo de trabajos deberá ser más socorridos cada día debido a la dificultad en que vivimos ahora con respecto a la

contaminación, siendo un privilegio y una responsabilidad
ayudar a nuestro país a tener mayor conciencia sobre el
problema que significa CONTAMINACION.

RESEÑA FOTOGRAFICA



*Fotografía 1.
Agua de alimentación del reactor.
Caracterización del efluente.*

fotografía 2

Preparacion del cultivo.

Cultivos listos para transferirse al reactor.





fotografía 3
Reactor biológico anaerobio.

fotografía 4

Primer análisis del agua
salida del reactor.

De izquierda a derecha

Agua de alimentación

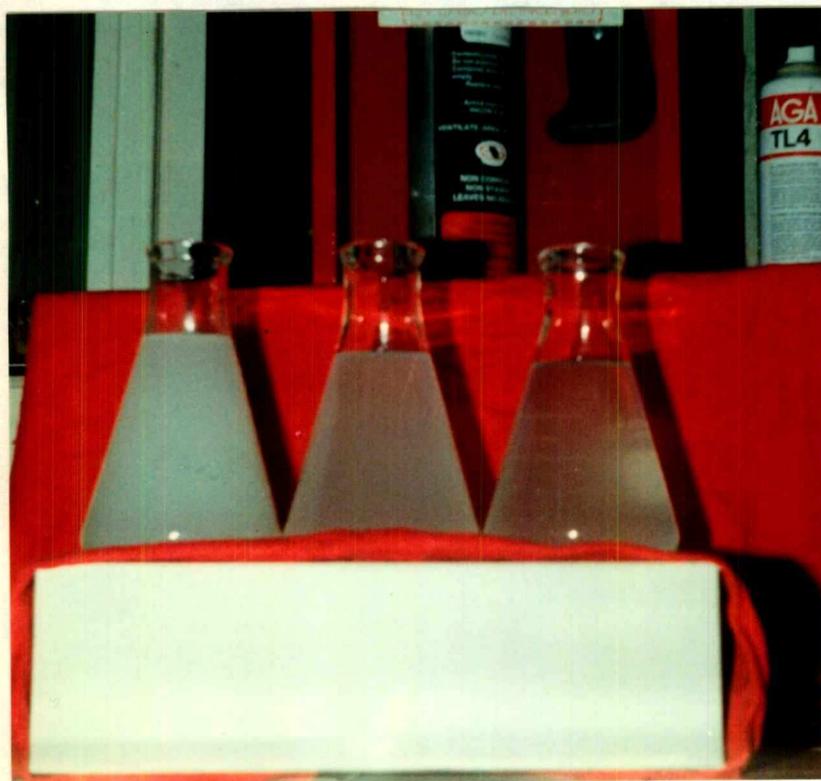
Agua salida del reactor

Agua filtrada



fotografía 5

Segundo análisis del
agua salida del reactor.





fotografía 6
Pruebas para la
determinación de cal
utilizada.

Las primeras se hicieron
concentraciones de cal y
sulfato de aluminio.

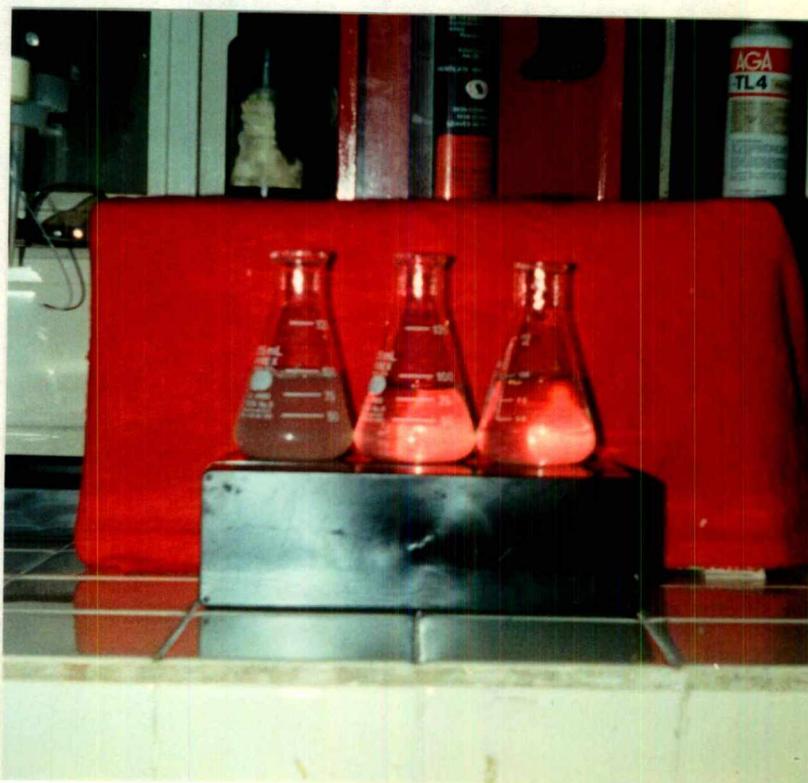


fotografía 7
Concentraciones con las
que se obtuvieron mejo-
res resultados, con aguas
ya filtradas.



fotografía 8
Primer análisis del
agua despues del
tratamiento.
De izquierda a derecha
Agua de alimentación
Agua salida del reactor
Agua tratada con cal
Agua tratada con cal y
filtrada.

fotografía 9
Primer análisis del agua
despues del tratamiento
De izquierda a derecha
Agua salida del reactor
Agua tratada con cal
Agua tratada con cal y
filtrada.



BIBLIOGRAFÍAS

1. Kemmer, N.F. McCallion, J. Digestión biológica. Industria procesadora de alimentos. En : Manual del Agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo II. Nalco Chemical Company. Ed. McGraw-Hill. México. pp.23-1 - 23-16, 28-1, 28-2.
2. James, A. Evison, L. (1979). Posibilidades y limitaciones de los métodos biológicos para análisis de agua. En : Biological Indicators of Water Quality. Division of public health engineering. University of Newcastle. Great Britain.
3. Manual preparado por American Water Works Association. (1968). Polución y autopurificación del agua de superficie. Procesos aneróbicos. En : Aguas, su calidad y tratamiento. Unión Tipográfica. Ed. Hispanoamericana. México. pp. 83-87, 315-322.
4. Barnes, E.G. (1967). Materia de fondo. En : Tratamiento de aguas negras y desechos industriales. México. pp.4-7
5. Departamento de Sanidad del Estado de N.Y. (1974). Disposición de las aguas negras. En: Manual de Tratamiento de aguas negras. Ed. Limusa. México. pp. 33-36.
6. Odum, P.E. (1986). Contaminacion e higiene ambiental. En: Ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. pp. 476-483.
7. Powell, T.S. (1981). Aguas naturales y sus impurezas. En: Acondicionamiento de agua para la industria. Ed. Limusa México. pp. 13-17.

8. Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1968). Abastecimiento de agua. En: Cartilla de Saneamiento, Cap.II AGUA. Dirección de ingeniería sanitaria. México. pp. S-I.
9. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1987). Marco legal y técnico en materia de aguas. México.
10. Hawley, G.G. (1975). Diccionario de química y productos químicos. Ediciones omega S.A. España. pp.25.
11. Pelczar, J.M. (1978). El mundo de las bacterias 1: Reino procariotes. En : Microbiología. Ed. McGraw-Hill. México. pp. 208-227, 497-523.
12. Robles, C.C. (1988). Descripción de la planta productiva y de la planta de tratamiento de aguas residuales. En : Establecimiento de un laboratorio de análisis fisicoquímicos para el control de la contaminación del agua residual en la planta de acabados textiles Pitasa San Juan del Río, Querétaro. U.A.Q. México. pp. 57-62.
13. Flores, R.J.S. Introducción. Conceptos fundamentales en el tratamiento secundario de residuos líquidos. En: Contaminación biológica del agua en la comunidad de Santa María Magdalena, perteneciente al municipio de Carrillo Puerto en el estado de Querétaro. U.A.Q. México. pp. 1-3, 17-22.
14. Juárez, N.S. (1978). En: Planta de tratamiento secundario de residuos líquidos. "La Cangrejera, Ver.". Instituto Politécnico Nacional, I.P.N. México D.F. pp. 8-41.

15. Cruz, M.E. López, B.A.P. Rodríguez, B.E. (1980). Introducción. En : Tratamiento de aguas para sistemas de enfriamiento en el complejo petroquímico de Salina Cruz, Oaxaca. I.P.N. México D.F. pp. 9-12.
16. Frias, M.A. (1985). Importancia económica del tratamiento de aguas residuales. En: Cursos regionales 85: Tratamiento de aguas residuales. Instituto Mexicano del Petróleo. Vol. 1. México. pp 20-24.
17. Torres, V.R. En: Instructivo de análisis de aguas industriales. Pemex.
18. Hilleboe, H. (1984). Tratamiento secundario y completo. En : Manual de tratamiento de aguas. Ed. Limusa. México. pp. 111-130.
19. Eckenfelder, W.W. Polución. En: Industrial Water Pollution Control. Ed. McGraw-Hill. México.
20. Manrique, R.J. Millan L.R., Machuca M.G. (1992). Técnicas de muestreo y selección de puntos. En: Muestreo, análisis y evaluación de contaminantes en aguas residuales industriales. Manual de Procedimientos. Curso AR-110. Consultoría y capacitación para el control de la contaminación S.A. de C.V. Jalapa Ver. pp. 33-40.
21. Wunkler, A.M. (1986). En: Tratamiento biológico de agua de desecho. Departamento de ingeniería química. Ed. Limusa. México.
22. Hernández, G.E. (1980). Suministros de agua y eliminación de los residuos en la industria alimentaria. Desarrollo de alimentos. U.A.Q. México.

23. Acevedo, A.L.A. Mata, I.J.A. (1989). En:
Caracterización físicoquímica del agua. Manual de
laboratorio. U.A.Q. México.