



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

87
zey

DETERMINACION DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA
DE LAS AGUAS DE LAS LAGUNAS DE
ESTABILIZACION DE LA CIUDAD DE
MEXICALI, B. C.



EXAMEN DE INGENIERIA EN
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P R E S E N T A:
ADELINA PEREZ BASTIDAS

MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**COMISION NACIONAL
DEL AGUA**

**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

JURADO ASIGNADO SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE: PROFRA. ALFREDO ECHEGARAY ALEMAN

VOCAL: PROFRA. ROSA MARIA RAMIREZ GANO

SECRETARIO: PROFRA. BISKRA SVESHAROVA PEKARKOVA

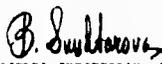
1er. SUPLENTE: PROFRA. MARIA DEL CARMEN CORTES BUCUIR

2do. SUPLENTE: PROFRA. RODOLFO PASTELIN PALACIOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA

AUSEN DEL TEMA:


M. C. BISKRA SVESHAROVA PEKARKOVA

SUSTENTANTE:


C. ADELINA PEREZ BASTIDAS

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I. - AREA DE ESTUDIO.....	3
1.1 LOCALIZACION.....	1
1.2 POBLACION.....	1
1.3 INDUSTRIA.....	2
1.4 CLIMA.....	3
1.5 HIDROGRAFIA.....	3
1.6 USOS DEL AGUA.....	4
1.7 FUENTES DE CONTAMINACION.....	5
1.7.1 URBANO.....	6
1.7.2 INDUSTRIAL.....	6
1.7.3 AGRICOLA.....	7
1.8 CALIDAD DEL AGUA DE DESCARGA.....	8
CAPITULO II. - LAGUNAS DE ESTABILIZACION.....	10
2.1 CLASIFICACION.....	13
2.2 LAGUNAS DE ESTABILIZACION SELECCIONADAS.....	14
2.2.1 OPERACION.....	15

2.2.2	MANTENIMIENTO.....	19
2.2.3	EFICIENCIA.....	22
	DIAGRAMA DE FLUJO	
CAPITULO III.-	INDICADORES DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA.....	25
3.1	PROPIEDADES DE UN INDICADOR DE CONTAMINACION	
	BACTERIOLOGICA.....	25
3.2	GRUPOS INDICADORES DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA....	25
3.2.1	COLIFORMES TOTALES.....	26
3.2.2	COLIFORMES FECALES.....	26
3.2.3	ESTREPTOCOCOS FECALES.....	27
CAPITULO.- IV.-	PARTE EXPERIMENTAL.....	28
4.1	EQUIPO INSTRUMENTAL Y MATERIAL DE LABORATORIO.....	28
4.2	MEDIOS DE CULTIVO.....	29
4.2.1	PREPARACION DE LOS MEDIOS.....	29
4.3	PREPARACION DEL AGUA DE DILUCIONES.....	30
4.3.1	PREPARACION DE DILUCIONES.....	30
4.4	RECOLECCION DE MUESTRAS.....	31
4.4.1	PRESERVACION Y MANTENIMIENTO.....	31
CAPITULO V.-	METODOS BACTERIOLOGICOS.....	32
5.1	DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES.....	32
5.2	DETERMINACION DE COLIFORMES FECALES.....	33

5.3 DETERMINACION DE ESTREPTOCOCOS FECALES.....	35
5.4 LECTURA.....	36
CAPITULO VI.- RESULTADOS.....	38
CAPITULO VII.- ANALISIS DE RESULTADOS.....	39
CAPITULO VIII.- CONCLUSIONES.....	43

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad se considera al agua como un recurso natural de una relevancia importante, lo cual no ocurría anteriormente porque se consideraba como un recurso inagotable; pero debido al aumento demográfico, al notable desarrollo de la producción industrial y la elevación del nivel de vida, se ha incrementado de tal manera la demanda y consumo del agua, que su reutilización es absolutamente necesaria.

Por el temor de que en un futuro próximo los recursos hídricos sean insuficientes, desde el punto de vista cuantitativo, para satisfacción de la población mundial, es necesario tomar las medidas pertinentes para optimizar el uso racional.

Las aguas residuales que resultan del conjunto de actividades desarrolladas en las poblaciones son susceptibles de contener sustancias tóxicas como pesticidas, algunos metales pesados y compuestos orgánicos.

Respecto a microorganismos contaminantes como virus, bacterias y parásitos de los cuales, existen especies patógenas que ponen en peligro la salud, por provenir de humanos o animales enfermos.

Por lo tanto las aguas negras deben descargarse a un sistema colector, que las conduzca hasta la planta de tratamiento, en forma segura para evitar la contaminación del agua de consumo para la

población. De acuerdo a las necesidades de la población se diseña el sistema de tratamiento para su capacidad y eficiencia; dependiendo de la topografía, clima, capacidad económica y disponibilidad de terrenos apropiados, se decide por seleccionar el más adecuado.

En Mexicali, Baja California el proceso de tratamiento de aguas residuales se efectúa a través de un sistema de lagunas de estabilización, integrado por tres lagunas anaeróbicas y diez facultativas, las cuales se ubican en un terreno totalmente plano, expuesto abiertamente a las condiciones climatológicas, por lo que los vientos proporcionan condiciones para movimiento y aereación. La temperatura es favorable durante la mayor parte del año debido a que predominan los días soleados con temperatura cálida, sobresaliendo cuatro meses (Junio - Septiembre) con temperatura elevada, en los cuales los períodos diurnos son más prolongados por lo que se cuenta con mayor cantidad de luz y radiación solar.

Los sistemas de lagunas de estabilización tienen la capacidad de proporcionar eficiencias mayores del 90% ; sus costos de mantenimiento y operación son bajos, de todos los procesos de tratamiento es el que menos problemas presenta cuando se utiliza correctamente, con la condición de que no se requiera un efluente de alta calidad.

El tratamiento de las aguas residuales mediante el sistema de lagunas de estabilización, resulta ser un proceso natural de

purificación ya que la labor principal, la lleva a cabo la naturaleza misma, en forma espontánea y la intervención del hombre se reduce a eliminar cualquier fenómeno perturbador que pudiera afectar en forma desfavorable el proceso.

Considerando que en nuestro País la reutilización de las aguas residuales en el riego agrícola, principalmente en el de hortalizas, es una práctica muy común, es necesario determinar las condiciones bacteriológicas para su uso y asegurar una calidad de agua satisfactoria para el bienestar de la población, por lo cual, el objetivo principal de este trabajo es el de conocer la calidad sanitaria con la que salen las aguas residuales despues de haber sido sometidas a un tratamiento en un sistema de Lagunas de Estabilización, así como conocer a la misma vez la eficiencia del sistema, mediante la remoción de organismos coliformes.

C A P I T U L O I

1.- AREA DE ESTUDIO

1.1 LOCALIZACION

La Ciudad de Mexicali, se encuentra asentada en el valle del mismo nombre, al extremo noroeste de la Península de Baja California.

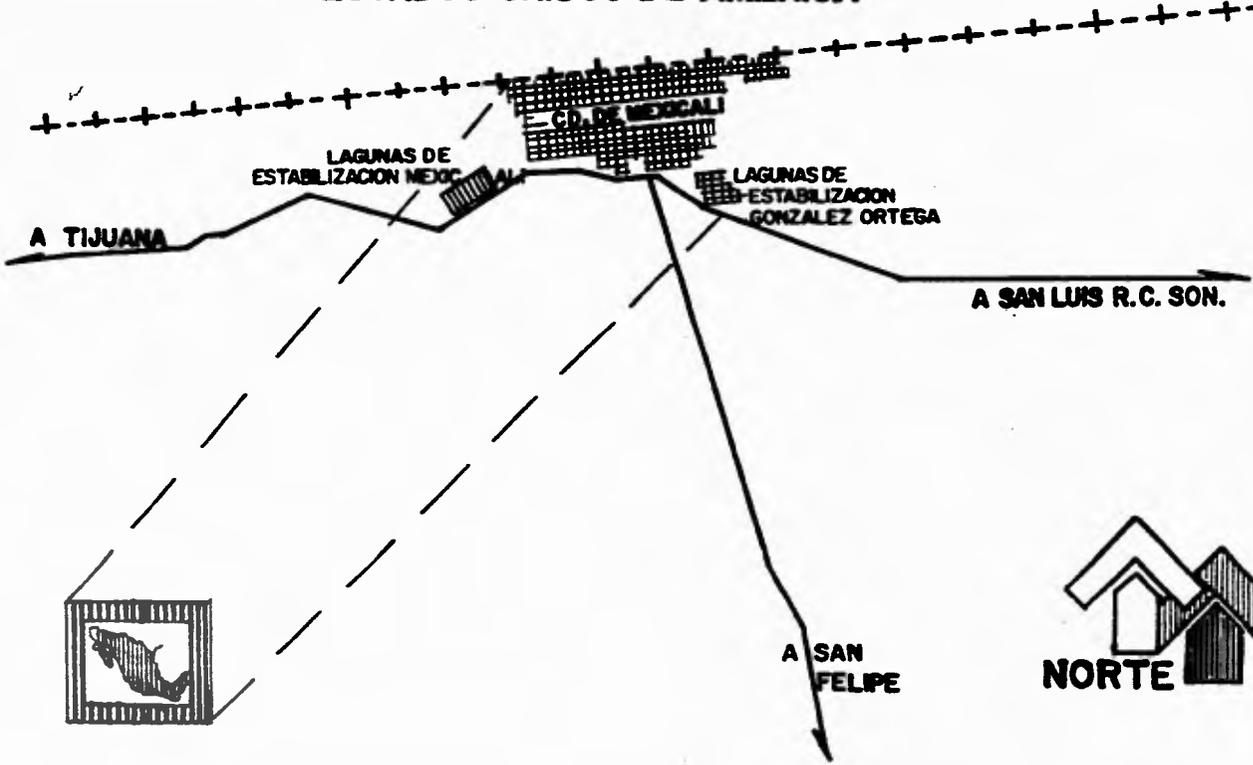
Se ubica a los 32 Grados 39 Minutos Latitud Norte y a los 115 Grados 27 Minutos Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 3 Metros S.N.M. Sus Limites son: al norte, el Valle Imperial, perteneciente al Estado de California, E.U.A.; al oriente, La mesa Arenosa de San Luis, perteneciente al Desierto de Altar, Sonora y al Valle de Yuma, E.U.A.; al sur, el litoral del Golfo de California y al oeste, la Sierra Cucapah.

1.2 POBLACION

Actualmente Mexicali cuenta con una población de 601938 habitantes, y de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mexicali, B. C., se pronostica para el año 2000 una población de 1000000 de habitantes.

En los últimos 30 años, en Baja California se ha contemplado

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

un acelerado incremento de la población, propiciado por los crecientes flujos migratorios de diversos puntos del país.

Los flujos tienen su origen en la constante búsqueda de los inmigrantes, por encontrar en el Estado un empleo permanente, que permita la satisfacción de las necesidades básicas, esta situación ha provocado graves problemas en cuanto al equilibrio que demandan los asentamientos humanos ubicados en la franja fronteriza.

Como se puede observar, el incremento demográfico traerá como consecuencia una mayor demanda de los recursos hídricos naturales, por lo que es necesario prever las fuentes de abastecimiento de agua para la población actual y futura.

1.3 INDUSTRIA

Existen tres zonas predominantemente industriales: la más antigua situada en el corazón de la ciudad, con giros industriales diversos que van desde electrónicas hasta las de acabados metálicos, una segunda zona se ubica al noroeste, conformada principalmente por tres parques industriales particulares, uno de reciente creación con buen ordenamiento en cuanto a uso de suelo por giros industriales, otro que prácticamente está sin operar y el tercero, que es el más antiguo, con menor ordenamiento, ya que alberga industrias clasificadas como altamente riesgosas, la tercera zona, conocida como el corredor industrial, se encuentra

localizado a ambos lados de la carretera Mexicali-San Luis Río Colorado, Sonora.

Por último, se encuentra un "Parque Industrial", localizado en el extremo Noreste de la ciudad destinado a la industria ligera.

1.4 CLIMA

El clima de la Ciudad de Mexicali es cálido, seco y extremoso, con escasas lluvias. La temperatura máxima es de 47.8 OC, que se alcanza en los meses de Junio a Julio, la mínima es tan extrema que llega a 4 OC presentándose en Enero, la temperatura media anual es de 22 OC.

La precipitación pluvial es casi nula, pues no pasa de 80 mm en todo el año.

Los vientos dominantes en los meses de Noviembre a Mayo tienen una dirección de Noroeste a sureste y en los demás meses con dirección Sureste-noroeste, la velocidad de los vientos es de 9.6 Km y la máxima de 90.7 Km.

1.5 HIDROGRAFIA

La principal corriente con que cuenta el Valle de la Ciudad de Mexicali es la del Río Colorado, y es utilizada para el riego del

Distrito No. 14, así como para dotar de agua a las Ciudades de Mexicali, los poblados del Valle, y a las Ciudades de Tecate y Tijuana a través de el Acueducto Mexicali-Tijuana.

El agua del Río Colorado se recibe en la Presa Morelos y en el Canal Sánchez Mejorada. De estos sitios el agua se distribuye a las 7 unidades del Distrito de Riego por medio de un sistema de canales.

El agua conducida a Mexicali llega por el Canal Alimentador del Norte, mismo que abastece a las dos plantas potabilizadoras de la Ciudad.

Prácticamente no hay más corriente fluvial que la del Río Colorado, que forma parte de la vertiente oriental del Golfo de California, este río baña con sus aguas las tierras del Valle de Mexicali.

Entre la Sierra de Juárez y Cucapah se localiza la Laguna Salada, que es una depresión arenosa que se llena periódicamente con los excedentes del Río Colorado. Los manantiales son muy escasos y de poco rendimiento, los cuales dan lugar a escurrimientos apreciables en ciertas temporadas y debido a las inclinaciones del terreno van a dar al mar.

1.6 USOS DEL AGUA

Los diferentes fines para los que se usa el agua se pueden clasificar como:

- Doméstico.
- Comercial e Industrial.
- Público.

Además, en cada sistema se tiene agua de reserva, que incluye las fugas y desperdicios que se puedan tener en conexión con todas las clases de uso.

Gran parte del incremento se debe directamente a mayores niveles de vida en las zonas, con flores, arbustos y jardines que requieren de un uso constante de agua. El aire acondicionado en lugares con clima cálidos como es la Ciudad de Mexicali, también contribuye al incremento del uso del agua.

También en el uso comercial e industrial, han habido cambios principalmente en el primero. La mayoría de las industrias, a menos que se agranden o que modifiquen sus procesos, son constantes consumidores de agua.

1.7 FUENTES DE CONTAMINACION

De una manera general se pueden agrupar en tres las fuentes primitivas de contaminación: urbana, industrial y agrícola.

1.7.1 FUENTE URBANA

Las concentraciones urbanas de la población consisten la mayor fuente de contaminación del agua y es la más difícil de manejar.

Un aspecto importante de la problemática urbana es el referente a los tiraderos de desechos sólidos a cielo abierto, dado que son un foco de contaminación y degradación del suelo en que se encuentran, además de presentar un aspecto antiestético en el cauce del Río Nuevo que prácticamente pasa por el corazón de la Ciudad, siendo el cuerpo receptor más importante de todas aquellas descargas de aguas residuales.

1.7.2 FUENTE INDUSTRIAL

Las aguas residuales industriales, aún sujetas a un buen control, por la magnitud de sus volúmenes y su variedad, constituyen un gran reto para su manejo, tratamiento y disposición.

Las aguas residuales industriales alcanzan los cuerpos receptores por dos medios principalmente, el alcantarillado municipal o sus propios sistemas de drenaje.

La prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores, depende mucho del grado de control y eficiencia en el

manejo de los usos del agua en el interior de las industrias, control que en muchos casos deberá ser severo debido al beneficio que implica, por una parte el ahorro logrado en el reuso del agua de los procesos y por otra, la recuperación de subproductos contenidos en las aguas residuales.

El Valle de Mexicali, se dedica en menor escala a la industria ganadera; los corrales de engorda y establos deterioran la calidad del ambiente contaminándolo con desechos de materia orgánica alterando la calidad del agua.

La explotación geotérmica en el municipio se localiza en el Valle también, ocasionando grandes problemas de contaminación debido a que las descargas llegan a cuerpos de agua constituyendo así la principal fuente de contaminación. Asimismo, se vierten al medio acuático desechos de salmuera que alcanzan elevadas concentraciones, ocasionando desequilibrio en la flora y fauna acuática.

1.7.3 FUENTE AGRICOLA

En las prácticas agropecuarias, los fertilizantes y plaguicidas, cada vez más usados para incrementar y mejorar la producción, son significativos contaminantes no sólo de los ecosistemas acuáticos, sino del ambiente en general.

El Valle de Mexicali, es una zona agrícola importante, donde existe una gran cantidad de drenes en los que se descargan las aguas agrícolas residuales, las cuales contienen sales y residuos de herbicidas, fungicidas, etc., que contaminan el agua cuando se aplica el lavado al suelo después de cada ciclo agrícola.

Otro problema, es la contaminación de los canales y drenes con materia orgánica, lo que trae como consecuencia su eutroficación o sea un rápido crecimiento de la vegetación acuática (debido a la mezcla de fertilizantes fosfatados y materia orgánica), incrementando el consumo de oxígeno y con esto una disminución o extinción de las poblaciones de peces y otros organismos que habitan en los canales y drenes e imposibilitan algún uso posterior del agua.

1.8 CALIDAD DEL AGUA DE DESCARGA

La contaminación del agua se genera por el desarrollo de las actividades de la población, distinguiéndose la industria, por el riesgo de incorporar materias tóxicas en los cuerpos de agua; asimismo, no dejan de ser importantes fuentes de contaminación las aguas residuales generadas por los usos domésticos y agrícolas; las primeras por su contenido de materias orgánicas y microorganismos patógenos y las segundas por la presencia de compuestos tóxicos como son la utilización inmoderada de fertilizantes y plaguicidas (herbicidas, fungicidas, etc.).

La mayor parte de las industrias localizadas en la Ciudad de Mexicali, descargan sus aguas residuales a la Red Municipal; y la mayoría de estas descargas son aguas residuales sin tratamiento alguno.

En nuestro País la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, ha establecido un programa de Vigilancia de la Calidad del agua que permite vigilar y aplicar la legislación vigente en materia de prevención y control de la contaminación ambiental, con el fin de fijar las condiciones particulares de descarga de acuerdo a los usos, capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.

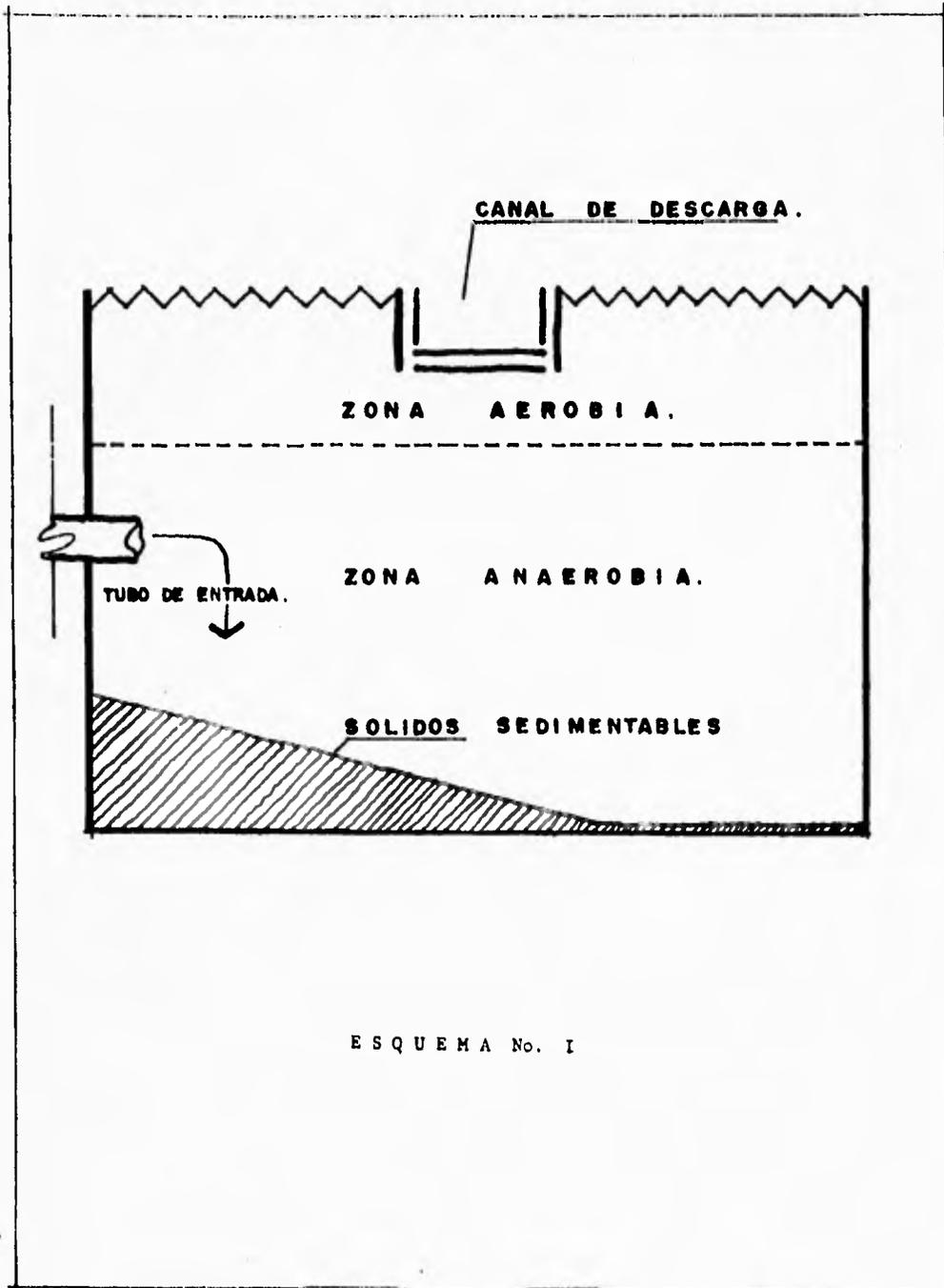
C A P I T U L O I I

2. LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Un estanque o laguna de estabilización se puede definir como un volumen de agua residual, cruda o tratada parcialmente (dándole un pre-tratamiento con el fin de eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas), a la que se le aplica un tratamiento biológico, por medio de microorganismos específicos, para llevar a cabo una oxidación o reducción de la materia orgánica.

Este tipo de lagunas se utilizan en el tratamiento de aguas negras que contienen sólidos sedimentables. Estos sólidos después de sedimentarse en el fondo de la laguna, se descomponen anaeróbicamente, la porción no sedimentada se descompone aerobia y anaeróbiamente dependiendo de la carga aplicada sobre la laguna (ver esquema I). Los sólidos sedimentables se acumulan en la proximidad del tubo de entrada. La fracción del líquido que no se infiltra o se evapora, finalmente llega a la superficie y sale por los canales de descarga. En algunas lagunas la carga orgánica es tal, que puede reducir totalmente el oxígeno disuelto que contiene el agua, si es que existe.

La mayor parte de la actividad fotosintética ocurre en la zona



ESQUEMA No. I

aerobia. La profundidad de esta zona puede ser de más o menos 30 cm, durante el período de alta intensidad solar, en la noche la zona puede desaparecer totalmente debido a que la actividad fotosintética disminuye.

Los factores primordiales que gobiernan el diseño de las lagunas de estabilización son varios:

- 1) La prevalencia, intensidad, duración y extensión de la penetración de la luz en el agua.
- 2) La profundidad de la laguna.
- 3) La precipitación y la evaporación de la región.
- 4) Los vientos.
- 5) La permeabilidad del suelo.
- 6) La naturaleza y fructificación de las algas necesarias para buenos resultados.

Todo esto tiene que ver con la carga unitaria aplicada a las lagunas, medida en términos de la demanda bioquímica de oxígeno o del volumen de agua.

Una buena ubicación para las lagunas es una consideración primordial, para evitar cualquier molestia a la población. Entre las lagunas y las viviendas más cercanas se fija una distancia mínima de 800 metros, por lo común, a fin de evitar quejas debidas a los olores que desprenden este tipo de instalaciones.

Es muy importante también una buena ubicación en donde se

aprovechen períodos prolongados de tiempo despejado, los vientos en sentido favorable, y las temperaturas calurosas.

En la Ciudad de Mexicali, B.C., las aguas negras conducidas por el sistema de drenaje y alcantarillado son tratadas a través del conjunto de lagunas de estabilización construidas en un área disponible de 215.6 Ha, localizadas a 2 Km del límite de la zona urbana, al suroeste de la Ciudad.

El sistema fue construido en su primera etapa por la antes existente Secretaría de Recursos Hidráulicos en el año de 1972 y en su segunda etapa en 1980 por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.).

El sistema esta integrado por tres lagunas anaerobias y diez facultativas; cada una de las primeras tiene una superficie de 8.77 Ha, y cada facultativa, 14.736 Ha. Las lagunas anaerobias tienen 4.90, 4.60 y 4.30 m de profundidad y las facultativas, cuatro son de 1.30 m, dos de 1.40 m, dos de 1.60 m y dos de 1.68 m

Las dos lagunas anaerobias construidas en 1972 se encontraban azolvadas en un 40 %, según información recabada, (5)llevándose a cabo su dragado en el mes de noviembre de 1994

El efluente de las lagunas de estabilización descarga al Dren Internacional, el cual conduce las aguas por gravedad al Río Nuevo vertiéndolas a la altura de la Línea Internacional y las mismas son

conducidas a los Estados Unidos de Norteamérica donde son reutilizadas para fines recreativos.

2.1 CLASIFICACION

Las lagunas de estabilización se pueden clasificar dependiendo del proceso que en ellas se lleve a cabo, en:

- a) Lagunas Aerobias
- b) Lagunas Anaerobias
- c) Lagunas Facultativas

a) Lagunas Aerobias.- Una laguna de estabilización aerobia es aquella en la que las bacterias que requieren de oxígeno para su metabolismo descomponen la materia orgánica contenida en las aguas residuales, oxidándola para transformarla en sales estables o minerales; mientras que las algas, por el proceso de fotosíntesis, proveen el oxígeno suficiente para mantener un ambiente aerobio.

b) Lagunas anaerobias.- Las lagunas anaerobias se consideran digestores que no requieren de oxígeno disuelto, ya que las bacterias anaerobias descomponen en ausencia de oxígeno los compuestos orgánicos complejos; en estas lagunas, la producción de ácidos orgánicos y la obtención de metano y anhídrido carbónico por fermentación de carbohidratos, son parte de las reacciones principales.

c) **Lagunas facultativas.**- Las lagunas facultativas son aquellas en las que la capa superior es aerobia, la zona central contiene bacterias facultativas y la zona de fango del fondo es anaerobia.

2.2 LAGUNAS DE ESTABILIZACION SELECCIONADAS

En la actualidad, la mayor parte de las lagunas de estabilización que tratan aguas residuales crudas, son del tipo facultativo. Los sólidos sedimentables forman en el fondo de la laguna una capa de fango, organismos animales y vegetales. En las lagunas facultativas, la formación de sólidos sedimentables está en función de la temperatura, en cualquier caso los sólidos degradables ejercen una gran influencia en el funcionamiento de la laguna.

Las lagunas facultativas se oxigenan principalmente por la actividad fotosintética de las algas bajo la influencia de la radiación solar, aunque en los grandes estanques la aereación superficial por la acción del viento también aporta una importante proporción de oxígeno. La concentración de oxígeno disuelto es mayor durante los períodos de luz diurna que por la noche. La determinación del potencial de oxidación y reducción nivela la tendencia a una situación aerobia o anaerobia pura. El medio reductor se sitúa cerca del fondo, indicando la situación anaerobia.

A causa de absorción solar por las algas, la penetración

efectiva de la luz puede ser inferior a un metro, por lo tanto, la formación del oxígeno puede quedar limitada a la capa superior. Si no hay mezcla, se producen gradientes de oxígeno disuelto que descienden desde un valor máximo en la superficie, a cero o casi cero en las zonas más profundas.

El viento representa la principal fuente de energía en la mezcla del agua en las lagunas facultativas, pero una causa secundaria de la mezcla que puede ser importante en las zonas tropicales cuando la velocidad del viento es baja, es el calentamiento. La mezcla es un parámetro físico importante que afecta el crecimiento de las algas, ya que muchas algas no son móviles por sí mismas y se requiere del efecto de la mezcla para llevarlas a la zona de penetración efectiva de la luz.

La temperatura, es de gran importancia por que afecta la velocidad de la degradación bioquímica. La temperatura media, las fluctuaciones diarias y las variaciones anuales, influyen todas ellas en los procesos biológicos, físicos y químicos de la laguna.

2.2.1 OPERACION

La operación de una laguna más o menos pequeña, con una profundidad aproximada de un metro, en la cual se está llevando a cabo un proceso natural de purificación de las aguas negras, es bastante sencillo.

Las lagunas de estabilización necesitan para llevar a cabo su acción purificadora:

- 1.- Que se mantenga un nivel de operación adecuado, sin que exista una tendencia de la laguna a secarse o rebasarse.
- 2.- Que la luz solar pueda actuar sobre la capa superior de la laguna, sin que existan en la superficie de ésta, elementos perturbadores que impidan su acción.
- 3.- Que la laguna esté libre de la influencia de sustancias que puedan afectar el desarrollo normal del proceso estabilizador.
- 4.- Que la carga orgánica aplicada no exceda las tasas de trabajo recomendables por su diseño.

Cuando una laguna de estabilización inicia su vida, las pérdidas por filtración son mayores, debido a que el terreno absorbe mucha agua mientras logra saturarse; además, hay una tendencia a que la permeabilidad vaya disminuyendo con el tiempo debido al efecto de sellado por los sólidos que trae el agua residual.

Los fondos de las lagunas deben ser acabados esmeradamente para que queden bien nivelados, llanos, limpios y libres de raíces.

La lagunas se deben mantener llenas de agua, de otro modo habrá un fracaso completo en su funcionamiento, por eso se remueve del fondo la materia y la tierra vegetal y sustituir cualquier material poroso, como la arena y la grava que pueden encontrarse en los bolsones, aislandolos con un material arcilloso o membranas sintéticas. Donde se espera una percolación excesiva, se debe sellar el fondo con una carpeta extensa, impermeable, de arcilla compacta, bentonita o asfalto.

La entrada del agua a una laguna se debe disponer de manera que el agua se reparta en forma uniforme.

La descarga debe estar localizada a cierta distancia de la orilla de la laguna de manera tal que los vientos desde cualquier dirección, puedan causar corrientes para dispersar los sólidos sedimentables.

Cuando la laguna es pequeña, la descarga se localiza en el centro de la misma, en lagunas grandes se aconseja que el afluente descargue a unos 15 metros de la orilla, o a una distancia del talud equivalente a $1/4$ ó $1/3$ de la longitud de la laguna.

Se utilizan entradas sencillas y múltiples. En la entrada sencilla, el flujo entra a la laguna a través de un dispositivo único. En las entradas múltiples, se dispone de un distribuidor de donde parten ramales que hacen su descarga a la laguna, o se puedan

proyectar independientemente varias entradas. Las entradas múltiples son recomendadas para lagunas muy anchas.

En instalaciones con unidades múltiples operando únicamente en serie, las consideraciones anteriores respecto a la localización de la entrada, se aplican sólo a la primera de las lagunas. La alimentación de las demás se hace por medio de una tubería de interconexión a través de los diques que la separan.

En el caso de instalaciones con unidades múltiples operando en paralelo, cada laguna tiene su propia descarga en el centro o cerca de él.

Las salidas para el efluente pueden estar constituidas de tubos con válvulas de control, o de artesas de madera u hormigón con tabloncillos de cierre, los que se colocan de manera que sea posible la operación de la laguna, prestando así cierta flexibilidad de manejo.

El tiempo de retención en una laguna de estabilización es de gran importancia en el proceso de depuración de las aguas negras.

Una laguna con tiempo de retención de menos de tres días se comporta de manera similar a un tanque de sedimentación. Algunas algas se desarrollan en la laguna, pero no tiene ningún efecto notable en el tratamiento de las aguas negras.

Los tiempos de retención de esta magnitud, permiten que el material orgánico cambie de forma y retarde los problemas para cuando las algas se sedimenten.

La tasa de consumo del oxígeno utilizado decae temporalmente, pero se incrementa cuando empieza la descomposición anaerobia de las células de las algas muertas sedimentadas.

En las lagunas cuyos períodos de retención son mayores, las algas se sedimentan presentandose condiciones aerobias en la superficie y anaerobias en el fondo. El tratamiento aerobio-anaerobio combinado con un período largo de retención, producen la estabilización definitiva del efluente.

En cuanto a la disminución de la cantidad de *Escherichia coli*, en los primeros cinco días y a igualdad de tiempo de retención, se observa una eficiencia mayor al aumentar la temperatura; para tiempos mayores, parece ser que solamente tiene influencia la retención.

2.2.2 MANTENIMIENTO

A pesar del alto grado de tratamiento proporcionado por las lagunas, es deseable cercar el área, prohibir el acceso a extraños y colocar en puntos estratégicos señalamientos que expliquen la naturaleza de la instalación. Este tipo de cuidados son necesarios debido a que las lagunas de este tipo favorecen la propagación de

los mosquitos y otros vectores, como las aves acuáticas, que por su contacto con las aguas contaminadas pueden llegar a ser un peligro, potencial o real, para la salud pública.

Las lagunas de estabilización, como todos los dispositivos para tratamiento de aguas negras, deben estar sujetas a mantenimiento. Es necesario realizar inspecciones regulares para controlar el declive de bordes y el crecimiento de vegetación, asimismo se deben efectuar determinaciones de laboratorio que permitan hacer un seguimiento del comportamiento de la laguna.

Las malezas y las hierbas proporcionan abrigo para las larvas de los mosquitos, es posible controlar el crecimiento manteniendo un declive fuerte en los bordes, se consigue un margen adecuado al construir un dique bien compactado y revestido de roca.

Una profundidad mínima de aproximadamente un metro, evita el crecimiento de la mayoría de las plantas acuáticas en la superficie de la laguna, las hierbas y malezas en los márgenes pueden cortarse. En los Estados Unidos se utilizan lanza-llamas portátiles que demuestran utilidad para quemar estas hierbas y malezas. El empleo de herbicidas y esterilizantes del suelo en la periferia del agua, también es una medida buena y efectiva.

Los agentes esterilizantes del suelo pueden colocarse en el dique antes de llenar la laguna. El dique debe estar

impermeabilizado y compactado con el equipo apropiado.

Casi toda la laguna presenta tarde o temprano el problema de espuma o manto flotante de algas que es empujado para uno de los bordes o esquinas de la laguna. En el caso de haber espuma, surgen problemas más difíciles que los ocasionados por olores o insectos, la mejor medida preventiva es considerar este problema durante el diseño y la eliminación de esquinas agudas y áreas muertas, que dan buenos resultados. Entre tanto, después de que se verifique la acumulación de espumas, la única solución consiste en mezclar el agua suficientemente bien, de manera que el material nuevamente se sedimente o disperse. Muchas de las instalaciones de los Estados Unidos utilizan ruedas de paletas movidas por gasolina y montadas en un flotador, también el empleo de chorros de agua da buenos resultados.

Un cambio en el olor o en el color probablemente muestra una variación significativa de eficiencia de la laguna. Los olores dependen de muchas causas, acompañan a las variaciones que tienden a mantener condiciones aerobias, frecuentemente resultan del lanzamiento ilícito de compuestos químicos en el alcantarillado con lo cual la población microbiana varía rápidamente.

Cuando el color verde característico de una laguna comienza a cambiar o a desaparecer, es el momento para que el operador comience a buscar razones que puedan estar causando este cambio.

Por ejemplo, variaciones en el volumen, carga orgánica, temperatura, luz, turbiedad, etc., pueden producir variaciones en los cultivos de algas. Un cambio de color del verde al negro, seguido de la formación de mantos flotantes del material del fondo, usualmente indica una fermentación rápida de los sedimentos depositados, resultando, frecuentemente de variaciones en la composición y características del agua negra o cambios en la temperatura.

Para mejores resultados de operación, se practican algunas medidas de rutina. Se recomienda la instalación de un dispositivo de medición de caudales tanto para el afluente como para el efluente. Es deseable tener por lo menos un medidor de flujo, de manera que sea posible obtener una indicación referente a la fluctuación inesperada, evaporación y agua de lluvia.

2.2.3 EFICIENCIA

Se toma como una medida de eficiencia del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de estabilización, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO a cinco días de incubación a 20°C) del efluente con relación al agua alimentadora de la laguna, llegándose a obtener reducciones hasta de poco más del 98%.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno disminuye rápidamente en función del tiempo de retención, sobre todo en los primeros días y

esto todavía se acentúa a medida que aumenta la temperatura.

La reducción de los organismos coliformes y la DBO sirve para medir la eficiencia del tratamiento. En las lagunas de estabilización, se tienen remociones hasta de un 99% aunque también se encuentran valores bajos como del 29%; normalmente en lagunas bien operadas la eficiencia varía entre 92 y 98%.

La reducción de la DBO que se observa en las lagunas de estabilización, es tan grande o mayor que en otros sistemas de tratamiento, así como la eliminación de bacterias fecales y patógenas. Algunos autores sugieren que la destrucción rápida de Coliformes, en presencia de algas, se debe a la producción, por estas últimas de compuestos semejantes a la "clorelina", que es una sustancia con propiedades antibióticas, parecida a la penicilina, y tiene acción más o menos específica ya que no perjudica la actividad bacteriana normal de las aguas residuales.

Un análisis del funcionamiento de las lagunas de estabilización de la Ciudad de Mexicali, B. C., indica que están constituidas por tres de tipo anaerobio y diez facultativas; considerando que las lagunas dos y tres anaerobias han sido dragadas para restituirles su capacidad de proyecto, da como resultado, que modificando el proyecto original, haciendo funcionar las lagunas nueve y diez como aerobias, tienen capacidad para

tratar el efluente de 730000 habitantes con una eficiencia del 94.5% en el sistema, obteniéndose una concentración del efluente de 19 mg/l de DBO cumpliéndose así con la Norma más rígida exigible en los Estados Unidos de Norteamérica.

CAPITULO I I I

3. INDICADORES DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA.

Los análisis bacteriológicos que se practican habitualmente están encaminados a la determinación de microorganismos cuya presencia indica contaminación por aguas residuales de origen humano y/o animal.

3.1 PROPIEDADES DE UN INDICADOR DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA

- Estar presente en el agua cuando los patógenos estén presentes.
- No reproducirse en el agua.
- La cantidad de éstos debe tener relación directa con el grado de contaminación fecal.
- Mayor supervivencia en el agua que los patógenos entéricos.
- Desaparición rápida, posterior a los patógenos.
- Siempre ausente en aguas bacteriológicamente seguras.
- Requerir de técnicas sencillas para su identificación.

3.2 GRUPOS INDICADORES DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA

- a) Coliformes totales
- b) Coliformes fecales
- c) Estreptococos fecales

3.2.1 COLIFORMES TOTALES

Son bacilos cortos no esporulados, facultativos, Gram negativos, que fermenten la lactosa con producción de ácido y gas a 35 +/- 0.5 °C en 48 horas.

Ventajas que presenta el grupo coliforme como indicador de contaminación:

- Los coliformes se presentan en mucho mayor número que los microorganismos patógenos de origen intestinal.
- Los coliformes están siempre presentes en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente y son eliminados en gran número a través de las heces.

3.2.2 COLIFORMES FECALES

Son bacilos cortos Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a temperatura entre 35 +/- 0.5 °C y 44.5 °C en períodos de 24 a 48 horas.

La importancia del grupo coliforme fecal radica en:

- Su presencia indica contaminación fecal.
- La mayoría crece a altas temperaturas.

- La supervivencia del grupo coliforme fecal es más corta en medio acuoso que la de otros coliformes, por lo tanto su presencia indica una contaminación reciente.
- Generalmente no se multiplica fuera del intestino de animales de sangre caliente.

3.2.3 ESTREPTOCOCOS FECALES

La determinación de enterococos o estreptococos fecales, confirma la suposición de que los organismos coliformes identificados en una muestra de agua, sean de origen fecal; los estreptococos solo pueden proceder del intestino de animales de sangre caliente.

Ventajas como indicador:

- Estar presentes en excrementos y descargas, dando aspecto de contaminación reciente.
- No se encuentran en aguas limpias o sitios fuera del contacto con la vida humana.
- Son más resistentes a los electrolitos, que las demás bacterias, soportando cierto grado de salinidad.

CAPITULO I V

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1 APARATOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

- Incubadoras equipadas con termómetro exacto y termostato, que mantengan uniforme y constante la temperatura.
- Hornos para esterilizar.
- Autoclaves.
- Baño de agua con control de temperatura para usarse a 44.5 +/- 0.20C.
- Balanza granataria.
- Recipientes de vidrio de borosilicato o de acero inoxidable para la preparación de los medios.
- Pipeteros de aluminio o de acero inoxidable.
- Frascos de dilución de vidrio con tapón de rosca y capacidad de 60 ml.
- Tubos de cultivo con capacidad de 20 X 150 mm de cristal pyrex con tapón de rosca.
- Tubos Durham o de hemólisis.
- Gradillas metálicas.
- Mecheros.
- Asas bacteriológicas de cromo o platino-iridio con una lazada de 3 mm de diámetro.
- Frascos de muestreo de vidrio, resistentes, de boca ancha,

con tapón de vidrio esmerilado o tapón de rosca y por consiguiente que soporten las temperaturas de esterilización.

-Pipetas serológicas de 5 ml.

4.2 MEDIOS DE CULTIVO

-Caldo Lactosado

-Medio EC

-Caldo Lactosado Bilis-Verde-Brillante

-Caldo Azida Dextrosa

-Caldo EVA

4.2.1 PREPARACION DE LOS MEDIOS DE CULTIVO

Caldo Lactosado.- Disolver 13 gramos de medio Caldo Lactosado en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml de Caldo en tubos de fermentación (tubo Durham invertido en un tubo de cultivo) y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Caldo EC.- Disolver 37 gramos de medio Caldo EC en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml de Caldo en tubos de fermentación (tubo Durham invertido en un tubo de cultivo) y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Caldo Lactosa Bilis-Verde-Brillante.- Disolver 40 gramos de medio Caldo Lactosa Bilis-Verde-Brillante en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml de Caldo en tubos de fermentación (tubo

Durham invertido en un tubo de cultivo y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Caldo Azida Dextrosa.- Disolver 34.7 gramos de medio Caldo Azida Dextrosa en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml de Caldo en tubos de fermentación (tubo Durham invertido en un tubo de cultivo) y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Caldo EVA.- Disolver 35.8 gramos de medio Caldo EVA en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml de caldo en tubos de fermentación (tubo Durham invertido en un tubo de cultivo) y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

4.3 PREPARACION DEL AGUA DE DILUCION

a) Solución Madre de Fosfatos.- Disolver 34 gramos de fosfato monobásico de potasio en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a 7.2 con NaOH 1N y diluir a 1 litro con agua destilada.

b) Agua de dilución.- Agregar 1.25 ml de la solución Madre y 5 ml de sulfato de magnesio (50 gramos de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ /lt.) a un litro de agua destilada y distribuir en frascos con volúmenes que permitan obtener después de esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos, 45 +/- 2 ml.

4.3.1 PREPARACION DE DILUCIONES

Ver cuadro No.1

4.4 RECOLECCION DE LA MUESTRA

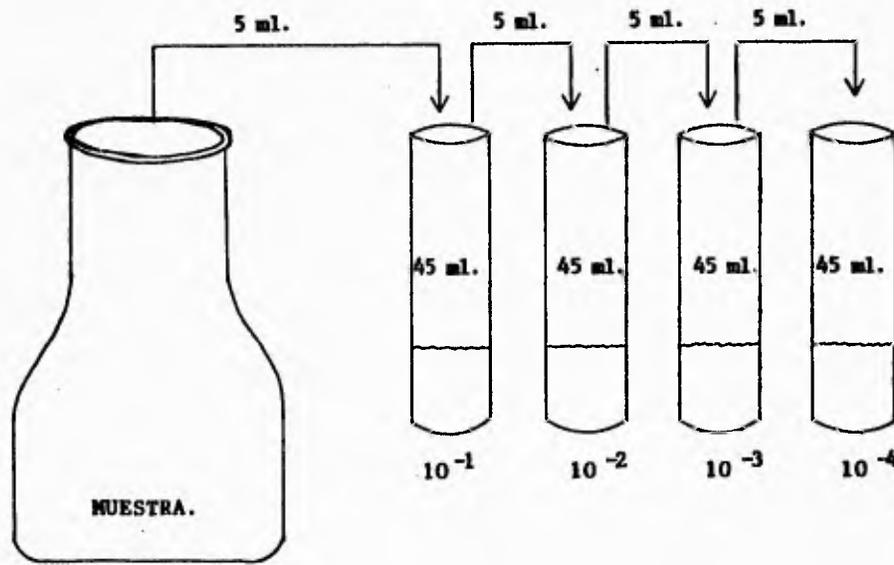
Los puntos de muestreo son: el afluente y el efluente de las lagunas de estabilización, muestreándose con una frecuencia aproximada 15 días, recolectándose un total de 24 muestras de cada punto. La técnica de muestreo es la siguiente:

Los frascos se sumergen en el agua en sentido contrario a la corriente y una vez dentro de ésta se abren tratando de que no se llenen, se debe dejar un espacio (por lo menos de 2.5 cm) para facilitar el mezclado.

4.4.1 PRESERVACION Y MANTENIMIENTO

El tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y su procesamiento fue de aproximadamente tres horas, fueron transportadas en hieleras y la temperatura a la cual se mantuvieron durante su transporte fue aproximadamente de 10 OC.

PREPARACION DE DILUCIONES.



CAPITULO V

5. METODOS BACTERIOLOGICOS

Para la determinación de Coliformes se utiliza la técnica de Tubos Múltiples o Técnica del Número Más Probable (N.M.P.), haciéndose una serie de cinco diluciones (0.1 hasta 0.00001) de cada una de las muestras tomadas.

5.1 DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES

PRUEBA PRESUNTIVA

Con cada dilución hecha, se inoculan tres tubos de fermentación que contienen 10 ml de caldo lactosa, agregando a cada uno un ml de la dilución y mezclando con cuidado. Se incuban a 35 +/- 0.5 °C, examinando cada tubo a las 24 +/- 2 horas.

Los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos, los que no presentan formación de gas se vuelven a incubar otras 24 +/- 2 horas.

La formación de gas dentro de las 48 horas, constituye una prueba presuntiva positiva e indica la presencia de coliformes totales por lo que se procede a realizar la prueba confirmativa.

PRUEBA CONFIRMATIVA

Los tubos positivos de la prueba presuntiva se resiembran utilizando una asa bacteriológica en Caldo Lactosa Bilis-Verde-Brillante (LBvB), se incuban a 35 ± 0.5 °C, se examina cada tubo a las 24 \pm 2 horas.

Los tubos que presentan formación de gas, se consideran positivos. Los que no presentan formación de gas se incuban durante otras 24 horas. La formación de gas dentro de las 48 horas, constituye una prueba confirmativa de la presencia de coliformes totales.

La ausencia de gas al final de las 48 horas, indica a su vez la ausencia del grupo Coliformes totales. (ver cuadro No.2)

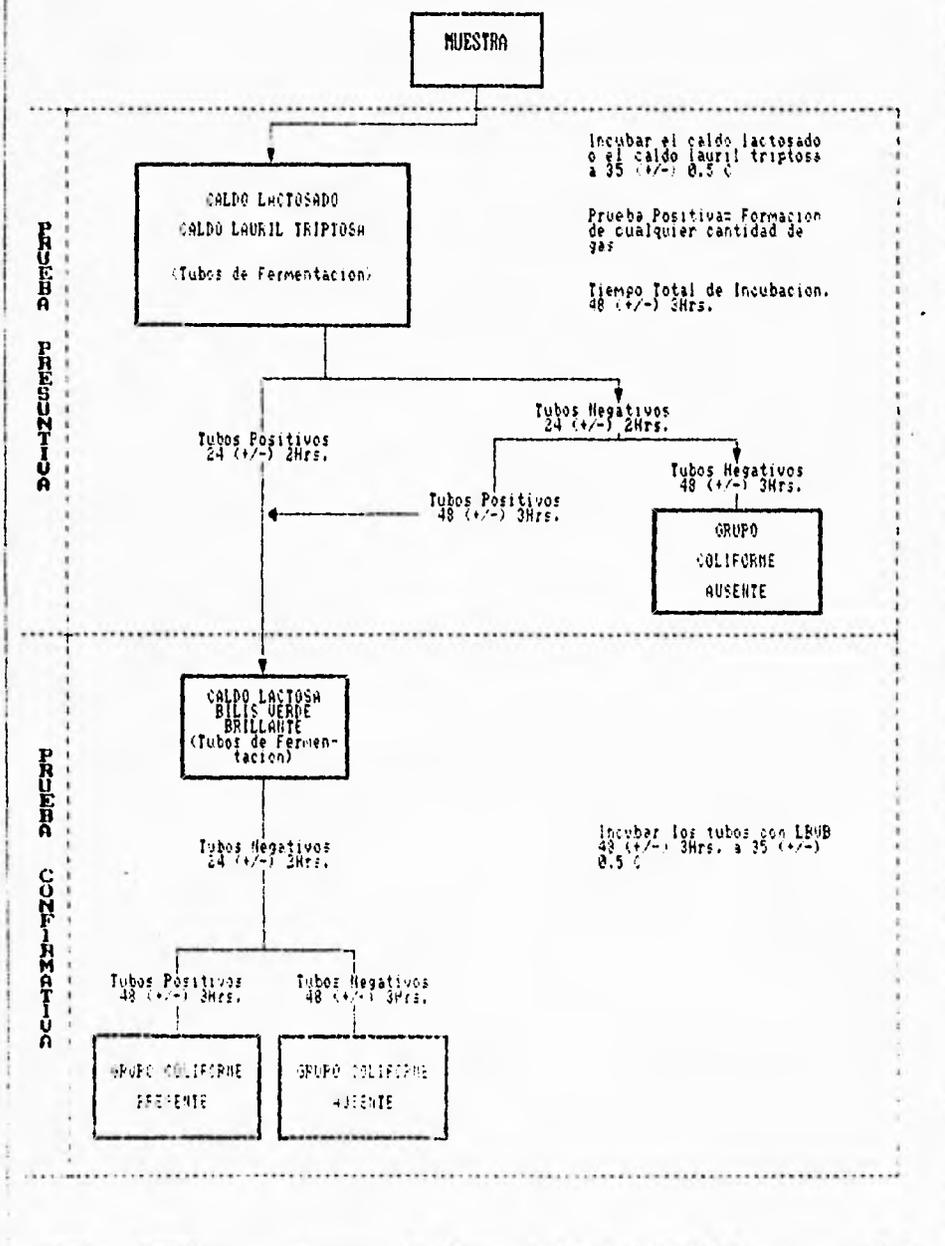
5.2 DETERMINACION DE COLIFORMES FECALES

Con cada dilución hecha, se inoculan tres tubos de fermentación que contienen 10 ml de Caldo lactosa, agregando a cada uno 1 ml de la dilución mezclando con cuidado. Se incuban a 35 ± 0.5 °C, examinando cada tubo a las 24 \pm 2 horas.

Los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos, los que no presentan formación de gas se vuelven a incubar otras 24 \pm 2 horas.

CUADRO No. 2

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES



FALLA DE ORIGEN

La formación de gas dentro de las 48 horas, constituye una prueba presuntiva positiva e indica la presencia de coliformes fecales por lo que se procede a realizar la prueba confirmativa.

PRUEBA CONFIRMATIVA

Los tubos positivos de la prueba presuntiva se resiembran con un asa bacteriológica en tubos de fermentación que contienen Caldo EC y se incuban a 44.5 °C en baño maría durante 24-48 horas. Se examina cada tubo a las 24 horas.

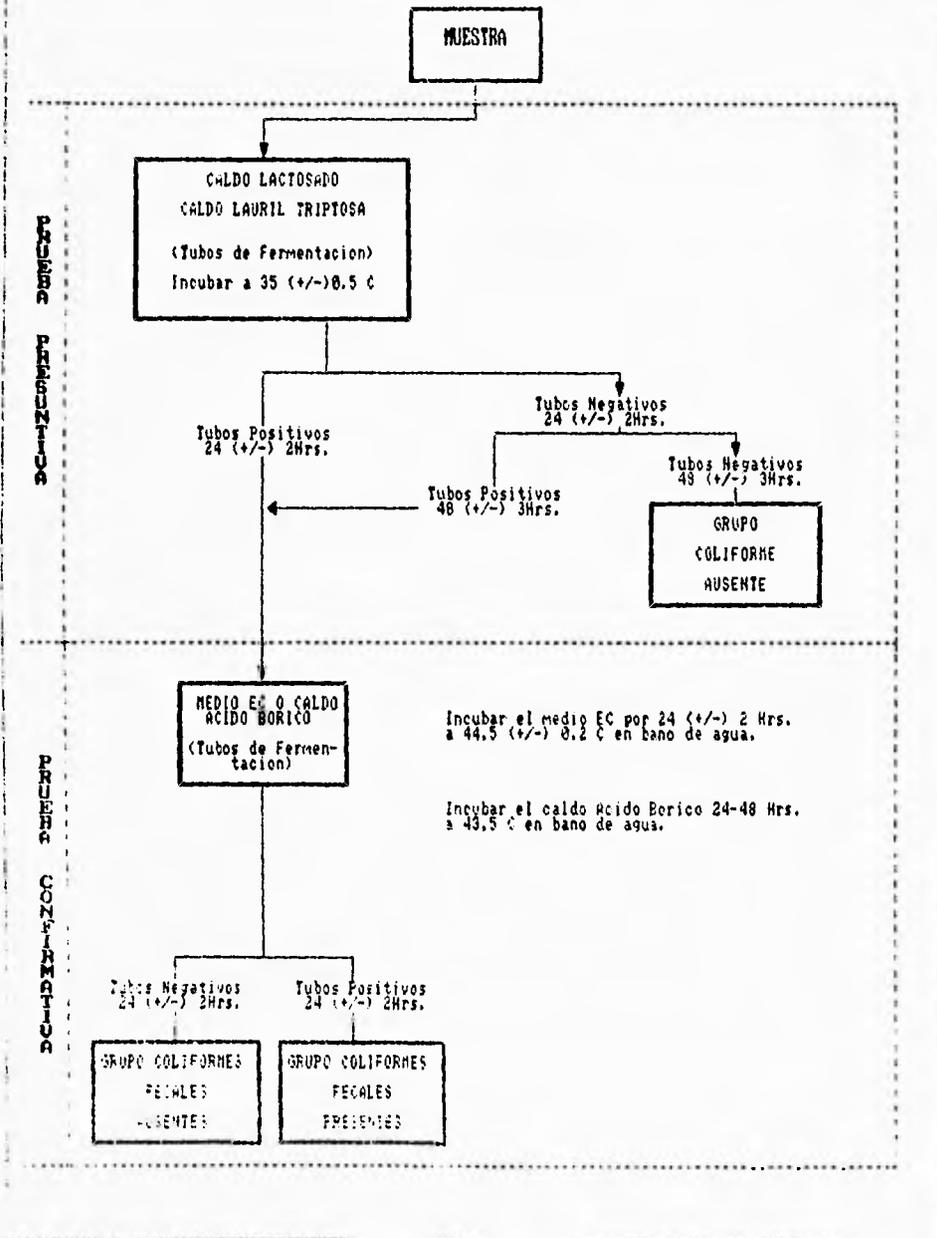
Los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos. Los que no presentan formación de gas se incuban otras 24 horas. La formación de gas dentro de las 48 horas, constituye una prueba confirmativa positiva de la presencia de coliformes fecales.

La ausencia de gas al final de las 48 horas, indica a su vez la ausencia del grupo coliforme fecal. (ver cuadro No.3)

Para la observación del gas producido por la actividad microbiana se usan los tubos Durham, los cuales deben estar completamente llenos de medio y libres de cualquier burbuja, es decir, deben estar llenos a toda su capacidad y quedar cubiertos por el medio contenido en los tubos de cultivo. Los tubos Durham que presentan burbujas, o que manifiestan fermentación se desechan.

CUADRO No. 3

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE COLIFORMES FECALES



FALLA DE ORIGEN

5.3 ESTREPTOCOCOS FECALES

PRUEBA PRESUNTIVA

Con cada dilución hecha, se inoculan tres tubos que contienen 10 ml de caldo Azida Dextrosa, agregando a cada uno 1 ml de la dilución y mezclando con cuidado.

Los tubos inoculados se incuban a 35 ± 0.5 OC durante 24-48 horas. Se examina cada tubo a las 24 horas.

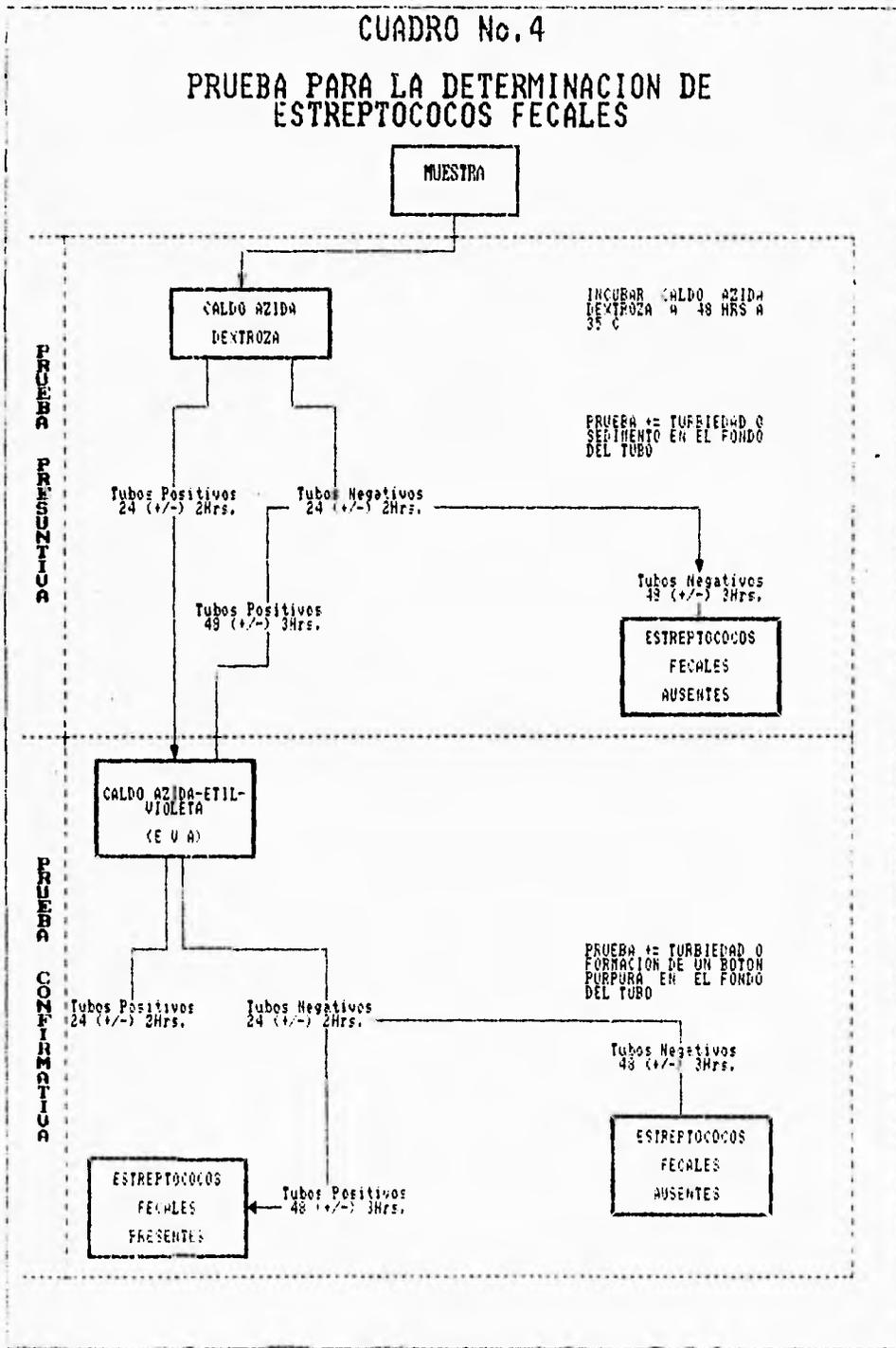
Los tubos que muestran turbiedad o la formación de un botón en el fondo se consideran positivos. Los que no presentan esta característica se incuban durante 24 horas adicionales. La turbiedad o la formación del botón en el fondo del tubo dentro de las 48 horas, constituye una prueba presuntiva positiva e indica la presencia de estreptococos fecales, por lo que se procede a realizar la prueba confirmativa.

PRUEBA CONFIRMATIVA

Los tubos positivos de la prueba presuntiva se resiembran en tubos de cultivo que contienen 10 ml de Caldo EVA (caldo azida-violeta de etilo) e incuban a 35 ± 0.5 OC, por 24-48 horas. La turbiedad o la formación de un botón en el fondo del tubo dentro de las 48 horas indica prueba positiva. (ver cuadro No.4)

CUADRO No. 4

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE ESTREPTOCOCOS FCALES



FALLA DE ORIGEN

5.4 LECTURA

Los resultados para la determinación de coliformes totales, fecales y estreptococos fecales por el método de tubos de fermentación, deben reportarse en términos del Número Más Probable (NMP).

El método de conteo de bacterias por la técnica de tubos múltiples o NMP, se utiliza considerando que se hará una estimación con base estadística, ya que la probabilidad de obtener tubos de cultivo positivos, disminuye conforme es menor el volumen de la muestra inoculada.

La producción de gas desaloja proporcionalmente un volumen del medio de cultivo contenido en el tubo Durham, esta es una característica positiva de la prueba tanto presuntiva como confirmativa, agitando el tubo levemente se observa la liberación de gas en forma de pequeñas burbujas.

Los resultados se expresan en forma de quebrado, en donde el numerador es el número total de tubos positivos y el denominador es el total de tubos empleados en cada dilución.

En el caso de recuento de coliformes totales, fecales y estreptococos fecales por la técnica de Número Más Probable (NMP), el resultado final se obtiene consultando las tablas

correspondientes, ya que están diseñadas para cualquier tipo de muestras y diluciones que se determinen por esta técnica. (Ver cuadro No.5)

Indice NMP y 95% de limite de confianza para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usa dos tres tubos por dilución (10ml, 1.0ml, 0.1ml)

Combinaciones de tubos positivos	Indice NMP/100ml	Límite de confianza 95%	
		Bajo	Alto
0-0-0	<3	.	.
0-0-1	3	<0.5	9
0-1-0	3	<0.5	3
1-0-0	4	<0.5	20
1-0-1	7	1	21
1-1-0	7	1	23
1-1-1	11	3	36
1-2-0	11	3	36
2-0-0	9	1	36
2-0-1	14	3	37
2-1-0	15	3	44
2-1-1	20	7	89
2-2-0	21	4	47
2-2-1	28	10	150
3-0-0	23	4	120
3-0-1	39	7	130
3-0-2	64	15	380
3-1-0	43	7	210
3-1-1	75	14	230
3-1-2	120	30	380
3-2-0	93	15	380
3-2-1	150	30	440
3-2-2	210	35	470
3-3-0	240	36	1300
3-3-1	460	71	2400
3-3-2	1100	150	2400
3-3-3	≥2400	.	.

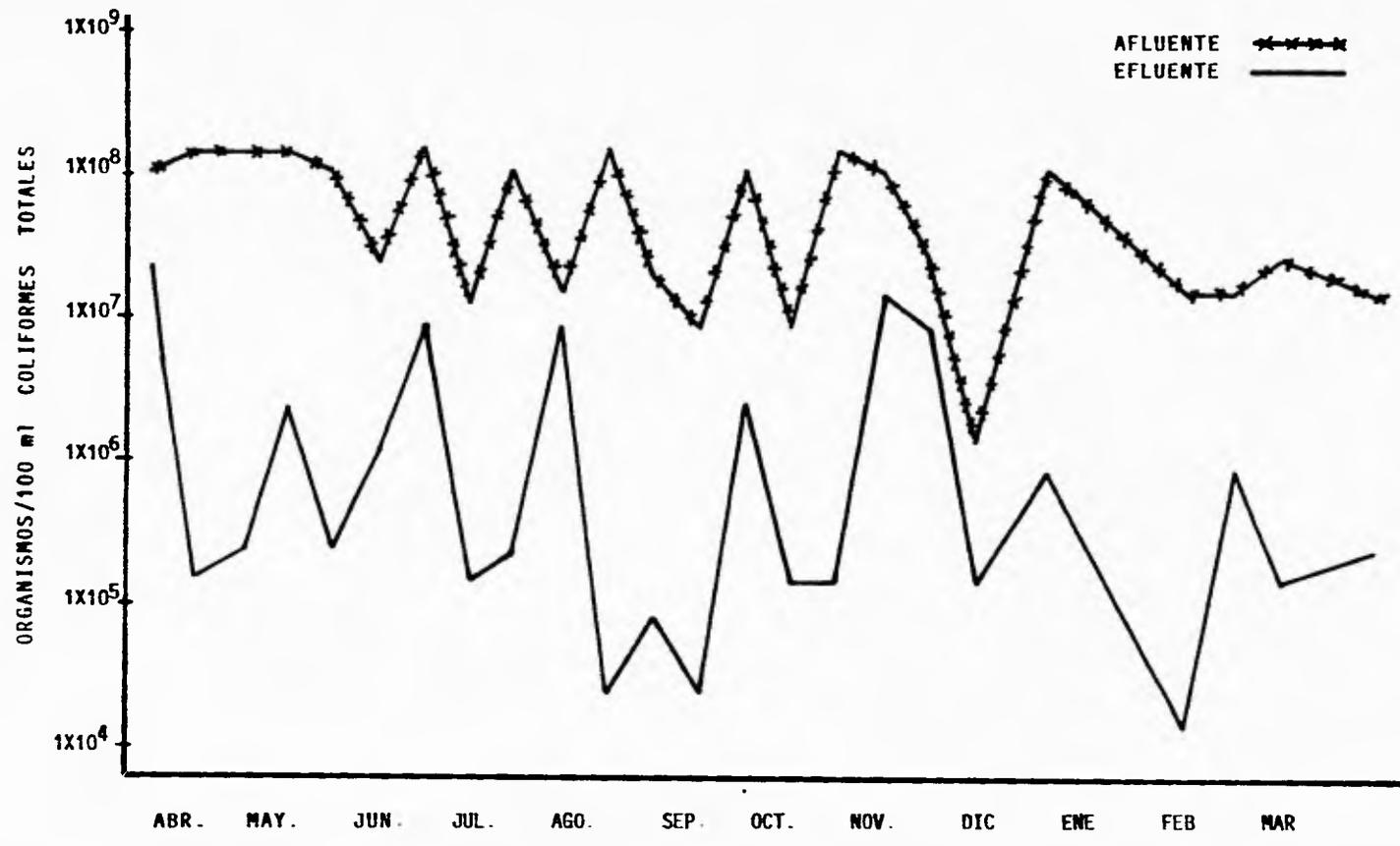
Fuente: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 13th Edition, APHA, 1971.

CAPITULO V I

6. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este estudio.

DETERMINACION: COLIFORMES FECALES		
LUGAR: LAGUNAS DE ESTABILIZACION, MEXICALI, B. C.		
FECHA DE MUESTREO	AFLUENTE	EFLUENTE
7/ABRIL/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁷
21/ABRIL/1991	2.4 X 10 ⁸	2.5 X 10 ⁵
6/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
19/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁶
2/JUNIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
16/JUNIO/1991	4.6 X 10 ⁷	1.5 X 10 ⁶
30/JUNIO/1991	2.4 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁶
14/JULIO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵
27/JULIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
11/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
25/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁴
8/SEPTIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁴
22/SEPTIEMBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	4.3 X 10 ⁴
6/OCTUBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	4.6 X 10 ⁶
20/OCTUBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
3/NOVIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁸	4.6 X 10 ⁵
17/NOVIEMBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	2.4 X 10 ⁷
1/DICIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
15/DICIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
5/ENERO/1992	1.1 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁵
16/FEBRERO/1992	2.4 X 10 ⁷	2.3 X 10 ⁴
2/MARZO/1992	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁵
16/MARZO/1992	4.6 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵



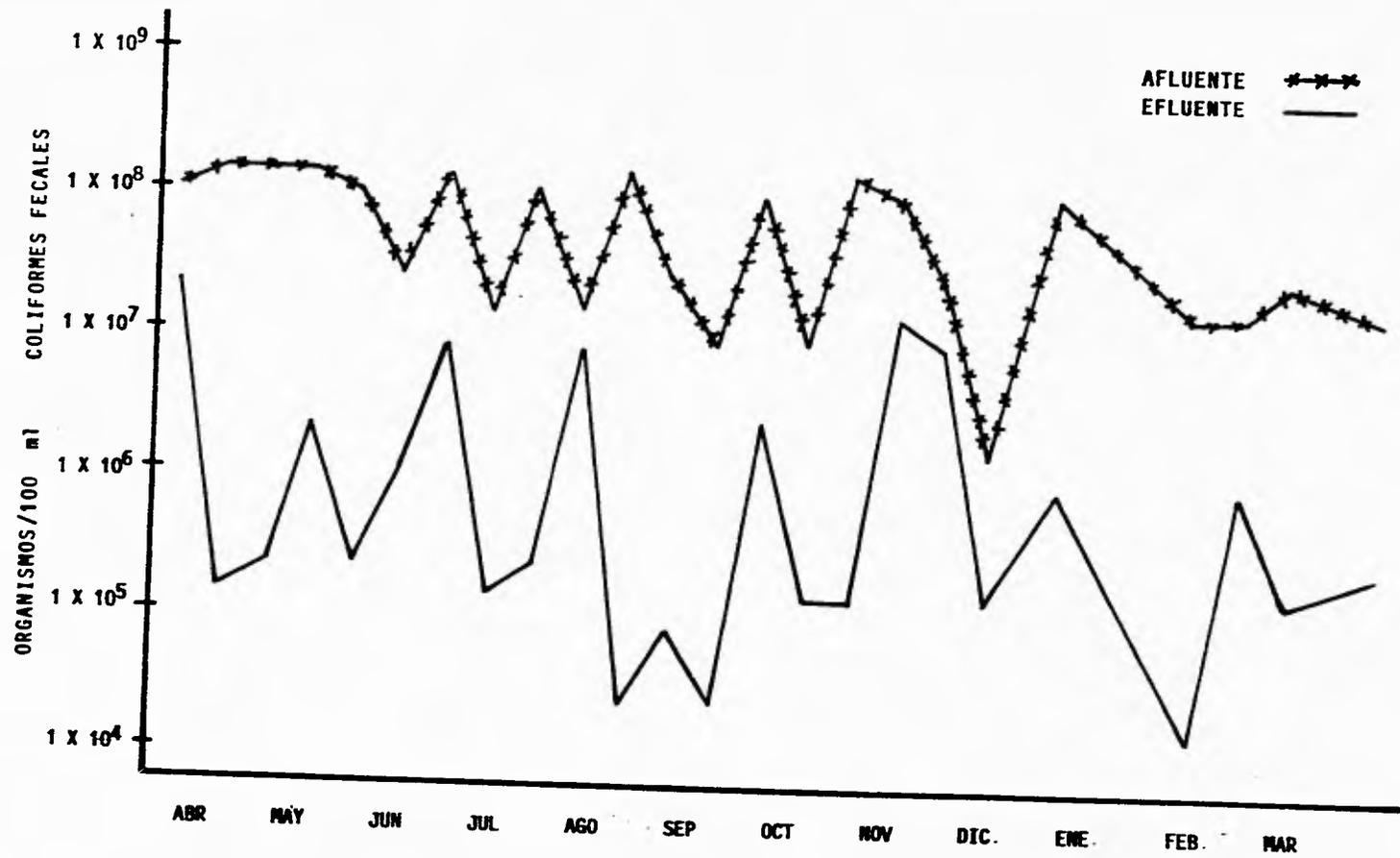
COMPORTAMIENTO DE LOS COLIFORMES TOTALES
 PERIODO 1991 - 1992

DETERMINACION: COLIFORMES TOTALES		
LUGAR: LAGUNAS DE ESTABILIZACION, MEXICALI, B. C.		
FECHA DE MUESTREO	AFLUENTE	EFLUENTE
7/ABRIL/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁷
21/ABRIL/1991	2.4 X 10 ⁸	2.5 X 10 ⁵
6/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
19/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁶
2/JUNIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
16/JUNIO/1991	4.6 X 10 ⁷	1.5 X 10 ⁶
30/JUNIO/1991	2.4 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁶
14/JULIO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵
27/JULIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
11/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
25/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁴
8/SEPTIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁴
22/SEPTIEMBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	4.3 X 10 ⁴
6/OCTUBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	4.6 X 10 ⁶
20/OCTUBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
3/NOVIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁸	2.4 X 10 ⁵
17/NOVIEMBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	2.4 X 10 ⁷
1/DICIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
15/DICIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
5/ENERO/1992	1.1 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁵
16/FEBRERO/1992	2.4 X 10 ⁷	2.3 X 10 ⁴
2/MARZO/1992	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁵
16/MARZO/1992	4.6 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵

TESIS SIN PAGINACION

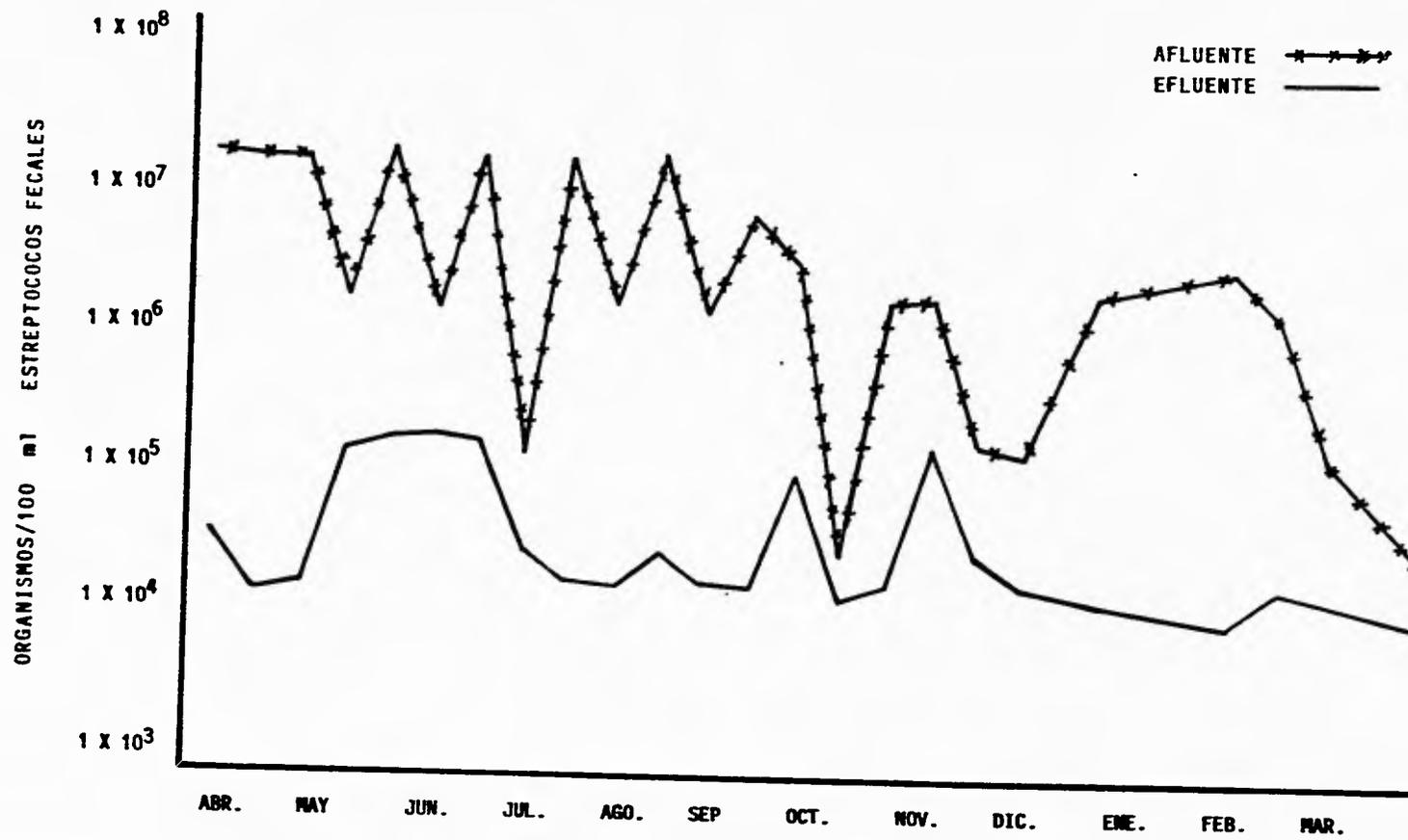
COMPLETA LA INFORMACION

DETERMINACION: COLIFORMES TOTALES		
LUGAR: LAGUNAS DE ESTABILIZACION, MEXICALI, B. C.		
FECHA DE MUESTREO	AFLUENTE	EFLUENTE
7/ABRIL/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁷
21/ABRIL/1991	2.4 X 10 ⁸	2.5 X 10 ⁵
6/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
19/MAYO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁶
2/JUNIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
16/JUNIO/1991	4.6 X 10 ⁷	1.5 X 10 ⁶
30/JUNIO/1991	2.4 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁶
14/JULIO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵
27/JULIO/1991	1.1 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁵
11/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
25/AGOSTO/1991	2.4 X 10 ⁸	4.3 X 10 ⁴
8/SEPTIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁴
22/SEPTIEMBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	4.3 X 10 ⁴
6/OCTUBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	4.6 X 10 ⁶
20/OCTUBRE/1991	9.3 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
3/NOVIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁸	2.4 X 10 ⁵
17/NOVIEMBRE/1991	1.1 X 10 ⁸	2.4 X 10 ⁷
1/DICIEMBRE/1991	4.6 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁶
15/DICIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
5/ENERO/1992	1.1 X 10 ⁸	9.3 X 10 ⁵
16/FEBRERO/1992	2.4 X 10 ⁷	2.3 X 10 ⁴
2/MARZO/1992	2.4 X 10 ⁷	9.3 X 10 ⁵
16/MARZO/1992	4.6 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁵



COMPORTAMIENTO DE LOS COLIFORMES FECALES
 PERIODO 1991 - 1992

DETERMINACION: ESTREPTOCOCOS FECALES		
LUGAR: LAGUNAS DE ESTABILIZACION, MEXICALI, B. C.		
FECHA DE MUESTREO	AFLUENTE	EFLUENTE
7/ABRIL/1991	2.3 X 10 ⁷	4.3 X 10 ⁴
21/ABRIL/1991	2.1 X 10 ⁷	1.5 X 10 ⁴
6/MAYO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.1 X 10 ⁴
19/MAYO/1991	2.1 X 10 ⁶	1.5 X 10 ⁵
2/JUNIO/1991	2.4 X 10 ⁷	2.3 X 10 ⁵
16/JUNIO/1991	1.5 X 10 ⁶	2.4 X 10 ⁵
30/JUNIO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.1 X 10 ⁵
14/JULIO/1991	1.5 X 10 ⁵	4.3 X 10 ⁴
27/JULIO/1991	2.1 X 10 ⁷	2.4 X 10 ⁴
11/AGOSTO/1991	2.1 X 10 ⁶	2.1 X 10 ⁴
25/AGOSTO/1991	2.1 X 10 ⁷	4.3 X 10 ⁴
8/SEPTIEMBRE/1991	1.5 X 10 ⁶	2.3 X 10 ⁴
22/SEPTIEMBRE/1991	1.5 X 10 ⁶	2.1 X 10 ⁴
6/OCTUBRE/1991	4.6 X 10 ⁶	9.3 X 10 ⁴
20/OCTUBRE/1991	4.3 X 10 ⁴	1.5 X 10 ⁴
3/NOVIEMBRE/1991	2.1 X 10 ⁶	2.3 X 10 ⁴
17/NOVIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁶	2.5 X 10 ⁵
1/DICIEMBRE/1991	2.1 X 10 ⁵	4.3 X 10 ⁴
15/DICIEMBRE/1991	2.4 X 10 ⁵	2.3 X 10 ⁴
5/ENERO/1992	2.4 X 10 ⁶	1.5 X 10 ⁴
16/FEBRERO/1992	4.3 X 10 ⁶	9.0 X 10 ³
2/MARZO/1992	1.1 X 10 ⁶	2.1 X 10 ⁴
16/MARZO/1992	1.5 X 10 ⁵	1.5 X 10 ⁵



COMPORTAMIENTO DE LOS ESTREPTOCOCOS FECALES
PERIODO 1991-1992

CUADRO COMPARATIVO DE LA CALIDAD SANITARIA (COLIFORES FECALES/ 100 Ml) DE LAS AGUAS RESIDUALES ANTES DE SER TRATADAS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION "MEXICALI" Y "GONZALEZ ORTEGA"

PERIODO 1991-1992	APLUENTE LAGUNA ESTABILIZACION "MEXICALI"	APLUENTE LAGUNA DE ESTABILIZACION "GONZALEZ ORTEGA"
ABRIL 1991	1.7×10^8	4.3×10^7
MAYO 1991	2.4×10^8	2.4×10^7
JUNIO 1991	2.4×10^8	2.4×10^9
JULIO 1991	1.6×10^8	2.4×10^7
AGOSTO 1991	2.4×10^8	2.4×10^7
SEPTIEMBRE 1991	6.9×10^7	4.3×10^8
OCTUBRE 1991	5.2×10^8	2.4×10^9
NOVIEMBRE 1991	1.7×10^8	2.4×10^9
DICIEMBRE 1991	3.5×10^7	4.3×10^7
ENERO 1992	1.1×10^8	4.3×10^7
FEBRERO 1992	2.4×10^7	4.6×10^8
MARZO 1992	3.5×10^7	1.1×10^8

CUADRO COMPARATIVO DE LA CALIDAD SANITARIA (COLIFORMES FECALES/ 100 MI) DE LAS AGUAS RESIDUALES UNA VEZ TRATADAS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION "MEXICALI" Y "GONZALEZ ORTEGA"

PERIODO 1991-1992	EFLUENTE LAGUNA ESTABILIZACION "MEXICALI"	EFLUENTE LAGUNA DE ESTABILIZACION "GONZALEZ ORTEGA"
ABRIL 1991	3.4×10^7	2.4×10^7
MAYO 1991	4.3×10^6	4.3×10^6
JUNIO 1991	4.8×10^6	2.4×10^5
JULIO 1991	3.3×10^5	4.6×10^7
AGOSTO 1991	6.8×10^6	4.6×10^5
SEPTIEMBRE 1991	6.8×10^4	1.5×10^5
OCTUBRE 1991	3.5×10^6	2.4×10^7
NOVIEMBRE 1991	2.4×10^7	2.4×10^7
DICIEMBRE 1991	5.8×10^6	1.1×10^7
ENERO 1992	9.3×10^5	2.4×10^6
FEBRERO 1992	2.4×10^4	4.6×10^6
MARZO 1992	5.8×10^5	9.3×10^5

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VII

7.- ANALISIS DE RESULTADOS

Uno de los parámetros utilizados para medir la eficiencia de los sistemas de tratamientos de aguas negras mediante el uso de lagunas de estabilización, es el de la reducción de organismos coliformes.

Las determinaciones de laboratorio que se llevaron a cabo para la realización de este estudio, fueron las de coliforme total, coliforme fecal y estreptococo fecal.

Con los valores obtenidos, se elaboraron las respectivas gráficas, con el fin de observar el comportamiento que se presenta en los microorganismos de las aguas negras, antes y después de ser sometidas al tratamiento del sistema de lagunas " Mexicali ", con lo cual se puede hablar de un valor aproximado de 10^6 organismos en 100 ml en el afluente, mientras que el valor para el efluente promedia en 10^6 organismos en 100 ml, dichos valores se incluyen tanto en los coliformes totales, como a los coliformes fecales por ser organismos que comparten características comunes de morfología, habitat y cultivo.

En cuanto a la presencia de estreptococos fecales, se logra ver una pequeña reducción debido a que las aguas negras las

contienen en una menor cantidad, el número de organismos que traen las aguas negras antes de someterse a tratamiento es de 10^7 en 100 ml, y el valor con el que salen las aguas en el efluente es de 10^5 organismos en 100 ml.

Comparando el sistema de lagunas de estabilización "Mexicali", en el cual, el tratamiento de las aguas negras es únicamente natural, en contraste con el sistema de lagunas de estabilización "González Ortega", localizado este último al sur de la ciudad y provisto en su primera etapa de cuatro lagunas con aereadores, y construyéndose posteriormente cuatro lagunas más para satisfacer la demanda del servicio por el incremento de la población en dicha zona, tenemos en el análisis comparativo de las eficiencias para la remoción de coliformes fecales en ambos sistemas, los valores de organismos que contienen los afluentes antes del tratamiento son de 2×10^9 organismos en 100 ml y 9×10^9 organismos en 100 ml respectivamente y en los valores para los efluentes, o sea la cantidad de coliformes fecales con la que sale el agua ya tratada son de 9×10^7 organismos en 100 ml y 1×10^8 organismos en 100 ml en el mismo orden.

Por lo tanto, los resultados que se obtuvieron para la realización de este estudio, muestran que la eficiencia obtenida para el sistema Mexicali es del 96% y para el sistema González es del 98%.

Independientemente de lo antes mencionado, podemos decir que a pesar de que el sistema Mexicali le da tratamiento a las aguas negras en forma completamente natural, y sus capacidades de diseño han sido rebasadas por el crecimiento en la población, así como factores adicionales que influyen de alguna manera como lo son; el mantenimiento que se daba en forma ineficiente, el exceso de aguas negras y materia orgánica que le llegan, temperatura ambiental luz solar y tiempos de retención entre otros, la eficiencia que se alcanza es alta, por lo que se puede comentar que se trata de un sistema noble.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ECOL/1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutales de consumo crudo, en lo relativo a parámetros bacteriológicos se clasifican en los siguientes tipos para efectos de determinar las clases de cultivo no permitido:

I.- Tipo 1.- La que contenga menos de 1000 coliformes fecales por cada 100 ml y ningún huevo de helminto viable por litro de agua

II.- Tipo 2.- La que contiene de uno a 1000 coliformes fecales por cada 100 ml o cuando menos más de un huevo viable de helminto por litro de agua.

III.- Tipo 3.- La que contiene de 1001 a 100000 coliformes fecales por cada 100 ml.

IV.- Tipo 4.- La que contiene más de 100000 coliformes fecales por cada 100 ml.

De acuerdo a esta Norma Oficial Mexicana podemos clasificar a las aguas residuales tratadas en los sistemas de lagunas de estabilización "Mexicali" y "González Ortega" dentro de la clasificación IV Tipo 4.- debido a que ambos efluente contiene más de 100000 coliformes fecales por cada 100 ml de agua, por lo que no se pueden reutilizar en el riego de hortalizas como son: acelga, ajo, apio, berro, betabel, brocoli, cebolla, cilantro, col, coliflor, epazote, espinaca, lechuga, pápalo, perejil, quelite, quintonil, rábano, hierbabuena, sanahoria, pepino, calabacita, jitomate, tomatillo, jitomate verde o de cáscara, frijol ejotero, fresa, jícama, melón y sandía. Las lagunas de estabilización de la ciudad de Mexicali han sido cuestionadas en altos foros de ingeniería sanitaria, en la eficiencia de su depuración y su uso para riego agrícola, como el fue Seminario-Taller sobre tecnología de diseño y operación de lagunas de estabilización, que se llevó a cabo del 2 al 4 de diciembre de 1985 en esta misma ciudad.

CAPITULO VIII

8.- CONCLUSIONES

El acelerado crecimiento de la población trae como consecuencia una mayor demanda de los recursos hídricos, como resultado de ello, generando un aumento en el volumen de aguas negras.

El sistema de tratamiento de aguas negras por medio de lagunas de estabilización ayuda a resolver el problema, lográndose obtener una buena eficiencia con el mantenimiento y operación adecuado.

Con el objeto de que las aguas negras tratadas puedan ser utilizadas para algunas necesidades que no requieren agua de la misma calidad que la potable, se requiere de ampliar u optimizar el sistema.

Para valorar el funcionamiento y la eficiencia lograda por el conjunto de lagunas de estabilización durante el tratamiento de las aguas negras, se hace necesario mantener un control, que implica la realización de las siguientes medidas y análisis de laboratorio como son: gasto, oxígeno disuelto, DBO, demanda química de oxígeno, temperatura, pH, sólidos en todas sus formas, nitrógeno en todas sus formas, fosfatos (orto y totales), grasas y aceites, sustancias activas al azul de metileno (detergentes), coliformes totales, fecales y estreptococos fecales, entre otros.

Muchas de las características mencionadas anteriormente determinan el grado de depuración obtenido, sobre todo al comparar la calidad del agua que entra al sistema de tratamiento con la que sale de él.

Se logra obtener una buena reducción de organismos coliformes en las lagunas de estabilización de la Ciudad de Mexicali, pese a que existen fallas en cuanto a su mantenimiento.

Para lograr una mayor disminución de organismos coliformes, se recomienda conectar en serie las lagunas facultativas del sistema y con ello mejorar la calidad bacteriológica y orgánica del efluente, así como aumentar el tiempo de retención a 30 días, también es recomendable iniciar estudios sobre la presencia de parásitos y virus para verificar la calidad del agua tratada.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- APHA - AWWA - WPF (1975)
STANDAR METHODS FOR EXAMINATION OF
WATER AND WASTEWATER
14th. EDITION.
- 2.- BABBIT H., BAUMANN L. (1971)
ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
EDITORIAL C.E.C.S.A.
MEXICO, D. F.
- 3.- BROCK T. (1976)
MICROBIOLOGIA DE LOS MICROORGANISMOS
EDICIONES OMEGA, S. A.
- 4.- DE LA PUENTE C. (1972)
BACTERIOLOGIA Y POTABILIDAD DEL AGUA
EDICIONES OMEGA, S. A.
- 5.- FAIR M .G., GEYER J. CH. Y OKON D. A., (1984)
INGENIERIA SANITARIA Y DE AGUAS RESIDUALES
EDITORIAL LIMUSA, S. A.
- 6.- FERNANDEZ E. E. (1981)
MICROBIOLOGIA SANITARIA DE AGUAS Y ALIMENTOS
VOLUMEN I

E D U G UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

- 7.- GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA (1979)
PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE MEXICALI
VOLUMEN I.
- 8.- HARDERBERG W. A., RODIE E. (1979)
INGENIERIA SANITARIA
EDITORIAL C.E.C.S.A
MEXICO, D. F.
- 9.- HERMAN E. (1976)
MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
EDITORIAL LIMUSA
MEXICO, D. F.
- 10.- IZURIETA E. (1971)
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
INDUSTRIALES Y MUNICIPALES
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA,
FACULTAD DE INGENIERIA
U. N. A. M.
- 11.- JARQUIN C. (1966)
LAGUNAS DE ESTABILIZACION
APUNTES DEL CURSO INTENSIVO No. 8
FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES U.N.A.M
MEXICO, D. F.

- 12.- MANUAL DEL CURSO DE AGUAS RESIDUALES PRETRATADAS EN
LA AGRICULTURA Y PISCICULTURA
7 - 11 DE ABRIL DE 1986
MEXICO, D. F.
- 13.- METCALF - EDDY
TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES
EDITORIAL LABOR, S. A.
- 14.- PEREZ B. D. (1981)
TESIS PROFESIONAL
ORDENAMIENTO ECOLOGICO EN EL VALLE
DE MEXICALI, B. C.
FACULTAD DE CIENCIAS
U. N. A. M.
- 15.- SAWHYER C. McCARTHY P. (1976)
CHEMISTRY FOR SANITARYENGINEERS
INTERNATIONAL STUDENT EDITION
Mc. GRAW - HILL, BOOK CO.
- 16.- SUBSECRETARIA DE PLANEACION
LEGISLACION RELATIVA AL AGUA Y SU CONTAMINACION
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA

S.A.R.H

17.- TOVAR F. (1976)

HIDROLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA SANITARIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON