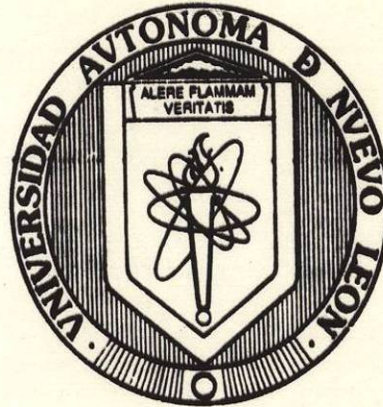


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Agronomia**



**Evaluación de un Módulo de Tratamiento Biológico  
CROMAGLASS MODELO CA-12 tipo "Batch"**

**T E S I S**

**Que para obtener el título  
de Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**PRESENTA**

**Mireya Mireles Hernández**

0745

1

040.628

FA1

1996

C.5

**MARIN, N.L.**

**ENERO 1996**

T  
TD745  
M5  
C.1

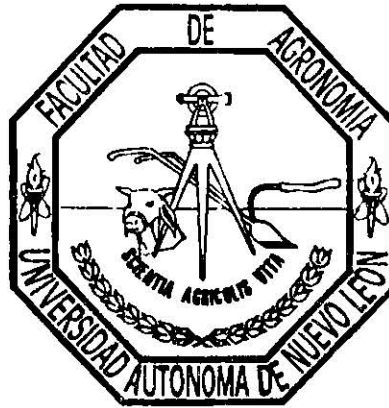
040.628  
FA1  
1996

C.5



1080062256

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Agronomía**



**Evaluación de un Módulo de Tratamiento Biológico**  
**CROMAGLASS MODELO CA-12 tipo "Batch"**

**T E S I S**

**Que para obtener el título**  
**de Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**PRESENTA**

**Mireya Mireles Hernández**

**MARIN, N.L.**

**ENERO 1996**

**12440** *i*

T  
TD 745  
M5

040.628

FA1

1996

C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad



BURAOI Rangel Fijas  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

**Evaluación de un módulo de Tratamiento Biológico  
Cromaglass modelo CA - 12 tipo "Batch"**

**Tesis que para obtener el título de  
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

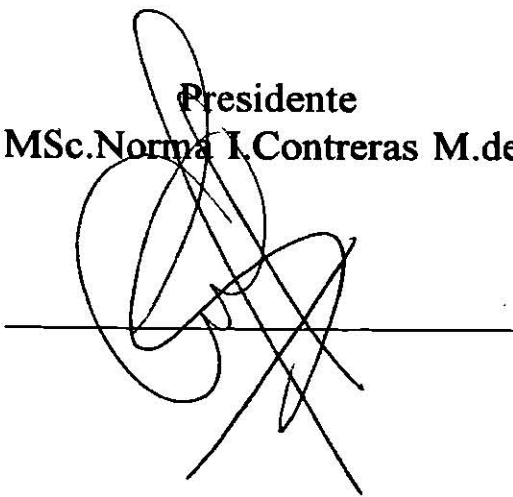
**PRESENTA**

**Mireya Mireles Hernández**

**Comisión Revisora**

**Presidente**

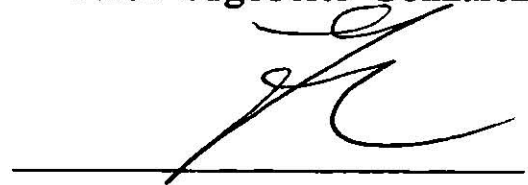
**MSc. Norma I. Contreras M. de O.**



A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

**Secretario**

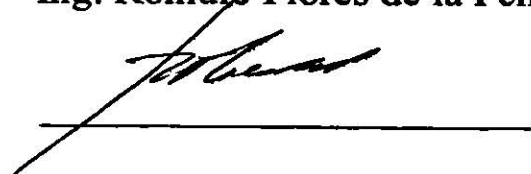
**P.h.D Rigoberto González**



A handwritten signature in black ink, featuring a prominent horizontal stroke and a large loop, positioned above a horizontal line.

**Vocal**

**Ing. Rómulo Flores de la Peña**



A handwritten signature in black ink, with a long horizontal stroke and a loop, positioned above a horizontal line.

## **AGRADECIMIENTOS**

***Agradezco a Dios por que me ama a pesar de lo que soy.***

***Lo que para mi era ganancia lo he considerado pérdida por amor de Cristo. Y más aún, considero todas las cosas como pérdida por el sublime valor de conocer a Cristo Jesús, mi Señor. Por él perdí todo, y lo tengo por basura para ganar a Cristo; y ser hallado en él, no en mi propia justicia, que viene por la ley, sino en la que es por la fe de Cristo, la justicia que viene de Dios por la fe. A fin de conocer a Cristo, conocer la virtud de su resurrección, y participar de sus padecimientos, hasta llegar, a ser semejante a él en su muerte, para llegar de algún modo a la resurrección de entre los muertos.***

fil. 3: 7-11

**Agradezco a mis padres:**

Sr. Roberto Mireles Cázares y Sra. Esperanza Hernández Delgadillo por que a pesar de todo hemos estado juntos; Gracias infinitamente a los dos.

**A mis hermanos:**

Miroslava

Roberto

Rodrigo y Rolando por su amor y compañía a través de los años.

**Agradezco a Luis A. Villareal, Silvia G. Cárdenas y sus hijos: Paty, Ana, Maru y Ernesto por formar parte de mi familia y con los cuales estoy muy agradecida**

**A mi hermano en Cristo José Manuel Márquez**

**A Verónica Belmares por su inmensa paciencia durante mi carrera que refleja un gran amor hacia mí.**

**A Guillermo Cázarez León por su amistad y compañerismo que me ha mostrado desde que lo conocí.**

**A Lolis, Maritza, Walo, Gustavo, Samuel, Adrián, Rigo, Betty,**

**Lalo, Leonor, Jesús y Carlos Pascoe todos ellos compañeros de la Universidad con los cuales pase momentos agradables que recordaré siempre. A LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Agradezco a Javier Hdz., Letty Lozano, Amanda Navarro, Magda y Quica todos ellos grandes profesionistas de los cuales aprendí mucho en el área de tratamiento de aguas.**



**A el Ing. Marco Aurelio Díaz Gzz.**

**Ing. Jesus Octaviano Gzz. Morales personal de Ecología de San Nicolás de los Garza, Nuevo León por su ayuda en la realización del trabajo de campo.**

**Agradezco a Ing. Leonel Romero Herrera**

**Ing. Norma Idalia Contreras Montes de Oca**

**P.h. D. Rigoberto González Gzz.**

**Ing. Rómulo Flores de la Peña por la asesoría brindada en este trabajo.**

**Agradezco muy especialmente a Ing. Angélica Soto y Lic. Elsa Gonzáles Gzz. por su amistad y apoyo brindado para el termino de esta tesis.**

Agradezco al Dpto. De Ecología de el municipio de San Nicolás de los Garza; N.L. Administración 92-94 a cargo de el Ing. Leonel Romero Herrera y a todo el personal que aquí labora por el apoyo brindado para la realización de este proyecto al igual que al Ing. Héctor Julio Gómez Director de Agua Industrial de Monterrey (**AIMSU**) por su gran disposición en la realización de este trabajo así como al personal administrativo, de laboratorio y del área de proceso de dicha empresa.

## CONTENIDO

<b>Lista de Cuadros y Figuras</b> .....	i
<b>Resumen</b> .....	iii
<b>Introducción</b> .....	iv
<b>Revisión de Literatura</b> .....	1
<b>Calidad del Agua</b>	
a) Análisis de agua .....	1
b) Origen del agua residual y sus desechos .....	2
c) Tipos o parámetros medibles en agua residual .....	2
d) Composición del agua residual .....	3
e) Valores permisibles para influentes y efluentes de agua residual doméstica y/o industrial.....	4
<b>Tratamiento de Agua Residual</b>	
a) Tipos de tratamientos .....	10
b) Tratamiento Biológico aeróbico .....	15
<b>Modulo de Tratamiento biológico CROMAGLASS modelo CA-12</b>	
a) Ciclo típico del módulo de tratamiento de agua residual y diagrama de flujo .....	18
<b>Materiales y Métodos</b> .....	21
<b>Resultados y Discusión</b> .....	34
<b>Conclusiones</b> .....	36
<b>Recomendaciones</b> .....	37

<b>Apéndice .....</b>	<b>38</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro</b>	<b>Pag.</b>
1. Parámetros comúnmente regulados en el tratamiento de agua residual .....	9
2. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos físicos por los cuales pueden ser removidos .....	12
3. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos químicos por los cuales pueden ser removidos .....	13
4. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos biológicos por los cuales pueden ser removidos .....	14
5. Valores promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno de flujos de entrada y salida en un módulo de tratamiento biológico respecto a el nivel permisible de descarga .....	39
6. Valores promedio de Demanda Química de Oxígeno de flujo de entrada y salida en un módulo de tratamiento biológico respecto a el nivel permisible de descarga .....	39
7. Valores promedio de Sólidos Totales de flujos de entrada y salida en un módulo de tratamiento biológico respecto a el nivel permisible de descarga .....	40
8. Valores promedio de Sólidos Suspendidos de flujos de entrada y salida en un módulo de tratamiento biológico respecto a el nivel permisible de descarga .....	40
9. Valores máximos y mínimos de Grasas y Aceites observados en agua cruda y tratada de cuatro tratamientos comparados con los niveles permisibles de descarga .....	41

10. Valores promedio de elementos y compuestos inorgánicos de agua tratada .....	41
--	----

<b>Figura</b>	<b>Pag.</b>
1. Microorganismos más comunes en agua residual .....	6
2. Esquema de módulo de tratamiento biológico de agua residual modelo CA -12 .....	20
3. Valores promedio de flujo volumétrico .....	27
4. Valores promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno en flujos de entrada y salida de agua de un módulo de tratamiento biológico comparado con el nivel permisible de descarga .....	28
5. Valores promedio de Demanda Química de Oxígeno en flujos de entrada y salida de un módulo de tratamiento comparado con el nivel permisible de descarga .....	29
6. Valores promedio de Sólidos Totales en flujos de entrada y salida de un módulo de tratamiento biológico comparado con el nivel permisible de descarga .....	30
7. Valores promedio de Sólidos Suspendidos de flujos de entrada y salida de un módulo de tratamiento comparado con el nivel permisible de descarga .....	31
8. Valores promedio de Grasas y Aceites en flujos de entrada y salida de un módulo de tratamiento comparado con los niveles permisibles de descarga .....	32
9. Eficiencia del módulo de tratamiento biológico de agua residual para cada tratamiento en cinco de la variables evaluadas .....	33

## RESUMEN

Un módulo de tratamiento biológico de agua residual Cromaglass Modelo CA-12 tipo "Batch" fue utilizado para tratar agua generada en edificios públicos de el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, variando los tiempos de proceso y tipo de lodo activado utilizado,

Los parámetros medidos en agua residual y en agua tratada fueron; Temperatura, pH, Conductividad, Sedimentación, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales (S.T), Sólidos Suspendidos (S.S), Grasas y Aceites (G y A), Dureza total (D.T) , Dureza de calcio, Dureza de magnesio, Calcio, Magnesio, Cloruro, Sulfatos, Fosfatos, de los cuales sólo los orgánicos fueron tomados en cuenta como indicadores de la eficiencia del tratamiento biológico.

Los resultados muestran que para los parámetros de DBO, DQO, S.T Y S.S no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos mientras que para grasas y aceites si hubo diferencia significativa. La temperatura promedio en el proceso fue de 31°C; en cuanto al pH se observaron variaciones de 6.8 a 8.1 rango adecuado en un tratamiento biológico. La sedimentación promedio que se observó en el agua residual fue de 1.0 a 2.9 ppm y para el agua tratada fue de 0 a 0.5, la conductividad del agua tratada 1500  $\mu\text{m}/\text{cm}$ . El oxígeno disuelto(OD) promedio para el proceso típico (4hrs.) fue de 5.1 ppm. Los parámetros inorgánicos se analizaron solamente para una caracterización más detallada. El análisis microbiológico se practicó al agua tratada para obtener cantidad de bacterias coliformes presentes en el efluente detectando una disminución con el proceso de aereación y sedimentación que se le da a el agua antes de descargarla.

## **INTRODUCCION**

**El agua es uno de los recursos naturales más importante de el mundo, ya que sin ella no podría existir la vida; a diferencia de muchas materias primas, no tiene sustitutos en una amplia variedad de aplicaciones, además juega un papel vital en el desarrollo de las comunidades, y es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que estas se establezcan permanentemente. Sin embargo, las grandes cantidades de agua residual o de deshecho producidos por las diversas actividades creadas por el hombre de alguna manera afectan directamente sobre los cuerpos de agua, y los va tornando progresivamente inadecuados, hasta hacerlos inutilizables para los propósitos que el hombre requiere, es así como se hace inevitable el tratamiento de las aguas residuales.**

**Las estadísticas marcan que una persona utiliza alrededor de 75-80 Lts/hr./día lo cuál nos da una idea de la cantidad de agua que se desecha. Por otro lado actualmente las necesidades de agua para riego en áreas verdes son satisfechas en su mayoría por agua potable por lo que se generan problemas de abastecimiento. Conociendo lo anterior, el municipio de San Nicolás de los Garza; Nuevo León instaló un módulo de tratamiento de aguas residuales domésticas con el fin de crear y formar una conciencia ecológica en el uso adecuado del agua en áreas industriales, comerciales y de servicio.**

**Este estudio tiene como objetivo principal el de evaluar la eficiencia de un módulo de tratamiento biológico (Cromaglass modelo CA-12) de agua catalogada como doméstica proveniente de edificios públicos modificando el tiempo de proceso así como el tipo de lodo activado teniendo como supuestos hipotéticos:**

- La reducción en el tiempo de proceso no afecta la calidad de agua tratada**



- La adición de lodo activado reduce el tiempo de proceso sin alterar la calidad de agua tratada.

## REVISION DE LITERATURA

### CALIDAD DE AGUA

Análisis de agua. Para hablar de la disponibilidad de agua en el país, no basta conocer la cantidad que está al alcance , es necesario saber cuál es su calidad, los caracteres del agua que permiten designarla como de "buena calidad" dependen directamente del uso al cuál se destine el agua. (12)

El agua tiene múltiples usos, pero aquellos que involucran criterios de calidad son principalmente el abastecimiento para sistemas de agua potable e industrias alimenticias, usos recreativos, conservación de la flora , de la fauna, uso agrícola e industrial.

Un examen analítico del agua consiste en una serie de ensayos y experimentos, por lo general de 10 a 25, que contribuyen a conocer sus antecedentes y su estado actual. Para lo primero importa, sobre todo, el examen químico, para lo segundo el bacteriológico. El objeto primordial de un análisis de agua es determinar la presencia o ausencia de residuos contaminantes humanos, animales o industriales, en particular en agua residual. (6)

El oxígeno disuelto es un valioso indicador de calidad, pues una concentración alta es imprescindible para algunas especies cuyo hábitat son las aguas superficiales. Tanto original como actualmente uno de los objetivos de el tratamiento de agua es reutilizarla para riego de parques y jardines y su recirculación como materia prima en la industria. (12)

**Origen de las aguas residuales y sus desechos.** Es válido definir como agua residual al conjunto de descargas líquidas hechas en el sistema de drenaje y que pueden provenir tanto de precipitaciones pluviales como de agua de abastecimiento que tras de haber sido utilizadas en casas habitación, comercios, industrias o servicios públicos entre otros han perdido las características que las hacían potables, este origen múltiple implica la existencia de grandes variaciones tanto en el caudal como en su composición lo que tiene como consecuencia que su tratamiento se vuelva más complejo. (13)

El agua residual pueden ser originada por: 1) desechos humanos y animales, estas son las exoneraciones corporales, 2) desperdicios caseros, los cuales proceden de las actividades domésticas del lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos, 3) corrientes pluviales, las cuales generalmente arrastran polvo, arena, hojas y otras basuras, 4) infiltración de agua subterránea, generada cuándo las juntas entre las secciones de tuberías que forman las alcantarillas no quedan perfectamente ajustadas. 5) Desechos Industriales, los cuales varían mucho en su tipo y volumen, pues dependen del tipo de establecimiento del que provienen. (3)

**Tipos o parámetros medibles en las aguas residuales.** El análisis tanto químico como el bacteriológico juegan un papel importante para las normas actuales de calidad y su propósito esencial es determinar su calidad como agua cruda así como su respuesta a un determinado tratamiento y su efecto en los cuerpos receptores.

Los análisis que miden la concentración de el agua negra son: pruebas para materia sólida en sus diferentes estados: Sólidos totales, sólidos suspendidos, disueltos, sedimentables, grasas, pruebas para materia orgánica,

para la ofensividad potencial de las aguas residuales al olfato, componentes volátiles para los Sólidos totales, suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO, DBO, sulfuros, nitrógeno orgánico, olor, surfactantes y grasas. Todos estos reflejan la calidad del agua residual en relación a sólidos y materia orgánica. (10)

Los análisis que explican el progreso de la descomposición de las sustancias orgánicas en el agua residual y en el efluente pueden estar contenidas en dos partes. a) pruebas químicas, físicas y bioquímicas: Oxígeno disuelto, DBO., DQO. , sulfuro, olor, nitrógeno, temperatura y pH. así como b) pruebas biológicas: crecimiento y contaminación de bacterias (incluyendo organismos coliformes. (10)

Los análisis que se refieren a los procesos de tratamiento son: sólidos suspendidos y sedimentables, DBO. y DQO. El alcance de las pruebas empleadas en el examen del agua son múltiples, y la naturaleza de las materias residuales descargadas en ella es variable. (11)

Composición de el agua residual. El agua residual se compone de agua, sólidos disueltos en ella y de los sólidos suspendidos en la misma .

El agua solamente provee el volumen y es el vehículo para el transporte de los sólidos, así como los que pueden estar disueltos, suspendidos o flotando, otros componentes de el agua residual son los gases que se encuentran disueltos en esta como oxígeno, bióxido de carbono, este resultante de la descomposición ácida de los sólidos; y ácido sulfúrico este último generado como resultado de la descomposición anaeróbica de los compuestos que contienen azufre. (4)

Así mismo las aguas negras contienen incontables organismos vivos, entre ellos bacterias, protozoarios, nemátodos, larvas y otros organismos más complejos

que son la parte viva natural de la materia orgánica, su presencia es de suma importancia ya que de ellas depende la degradación y descomposición ordenada de la materia orgánica, desempeñan un papel crucial en el tratamiento de aguas residuales. En la figura 1 se muestran algunos organismos típicos en el tratamiento biológico.

Los microorganismos tienen necesidades como abastecimiento alimenticio, oxígeno, humedad, temperatura etc. las cuales tienen que ser cubiertas para que lleven acabo sus actividades. Dentro de estos microorganismos podemos encontrar: bacterias saprófitas las cuáles descomponen los sólidos orgánicos y desechan sustancias orgánicas e inorgánicas, organismos macroscopicos los cuales a diferencia de las bacterias son más grandes por lo tanto más complejos como los gusanos e insectos, los virus son más pequeños que los anteriores pero igual de importantes ya que causan enfermedades en el hombre y son esenciales en los métodos de tratamiento. (3)

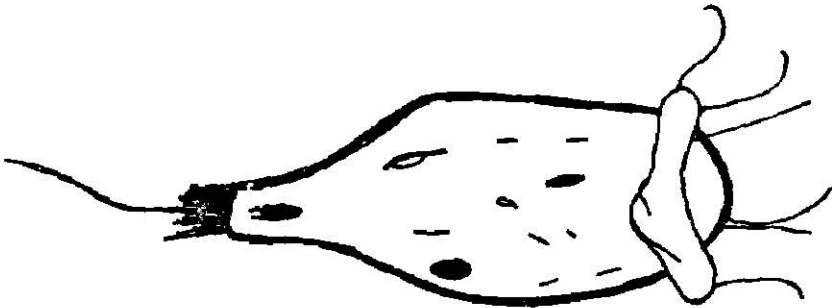
Valores permisibles para influentes y efluentes de aguas residuales domésticas y/o industriales. Los límites son regulados para proteger al humano y al medio ambiente. Las descargas de agua residual a una cloaca o a un sistema de alcantarillado debe ser pretratada para prevenir: 1) Afectar adversamente los procesos locales de tratamiento (proceso biológico típico), 2) El paso através de una planta de tratamiento impacta en la recepción del agua al ecosistema, 3) La contaminación producida por los desechos de lodo. Una planta industrial descarga desechos de efluentes directamente a una superficie o agua subterránea. Los límites de regulación para la contaminación encontrados pueden

**ser más rigurosos dependiendo de si el agua recibida es usada para recreación o para abastecimiento, los siguientes parámetros son regulados actualmente y posiblemente en el futuro. Los rangos típicos presentados en el cuadro 1 son solamente una indicación de los niveles de tratamiento y pueden variar dependiendo de la industria o efluente y de la localización de la descarga. (6)**

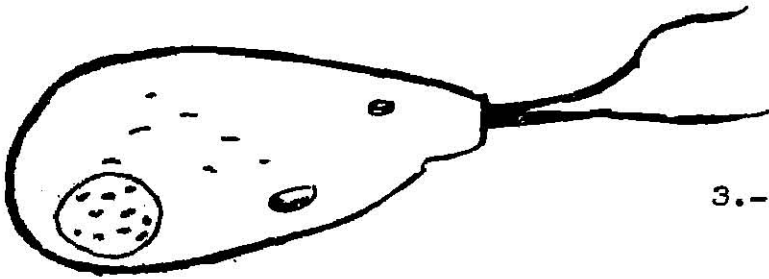
# MICROORGANISMOS



1.- Protozoario. Ciliado de nado libre  
(presencia normal)

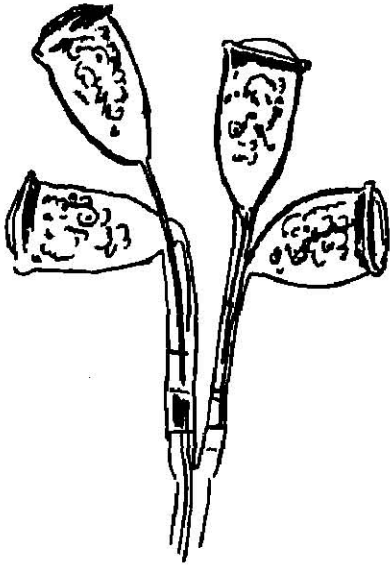


2.- Protozoario. Ciliado de tallo  
(presencia normal)

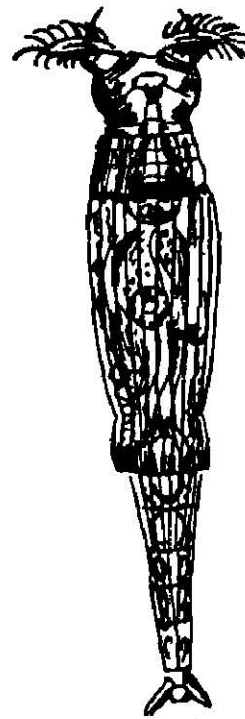


3.- Protozoario. Flagelado  
(presencia normal)

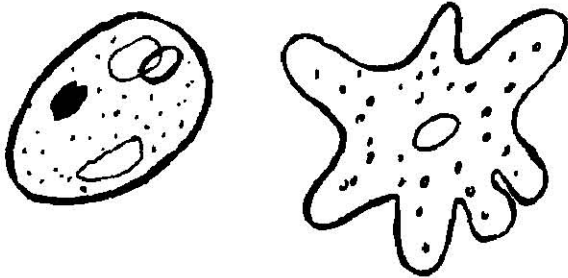
Figura 1 Algunos microorganismos más comunes en el agua residual; del 1 al 4 su presencia es normal en el agua de 5 en adelante provocan problemas en el equipo.



4.- Protozoario. Vorticela Ciliado de tallo (presencia normal)



5.- Rotifero (presencia normal)



6.- Protozoario. Amiba



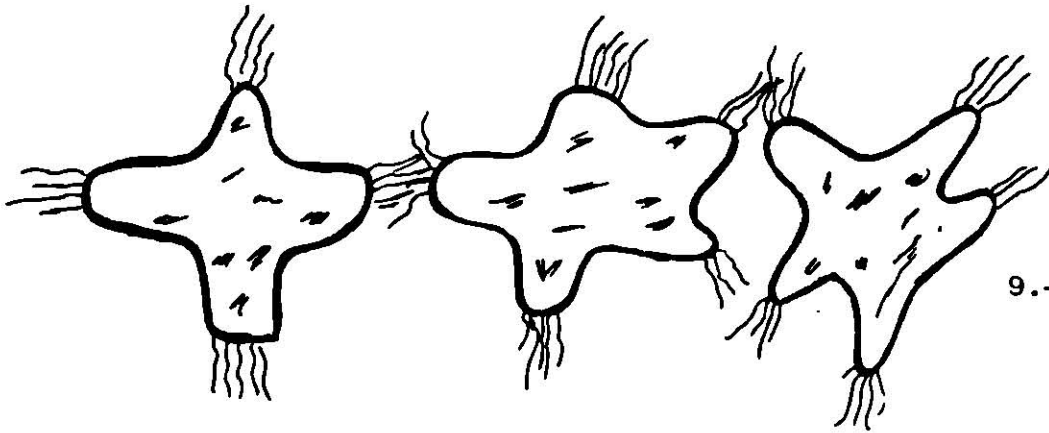
7.- Nematodo. Lombriz

Continuación figura 1.

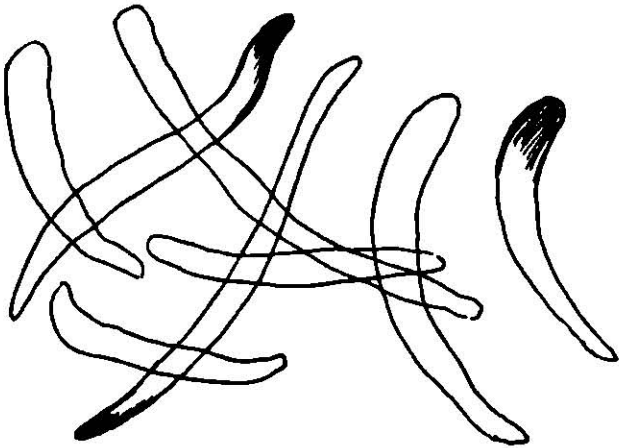




8.- Clorofita Filamentosa



9.- Clorofita Filamentosa



10.- Clorofita Filamentosa

Continuación figura 1.

**Cuadro 1. Parámetros comúnmente regulados en aguas residuales**

<b>Parámetros</b>	<b>Rango típico de límites en (mg./l)</b>	<b>Propósitos de la regulación</b>
Grasas y Aceites	20 a 100	Alta concentración afecta la ecología.
Temperatura	< 65° C	Alta temperatura en el efluente limita la actividad biológica.
pH	6 a 9	Desechos ácidos o alcalinos son inhibidores de microorganismos.
Sólidos - Sedimentables - Suspendidos	<10 ml/L	El exceso de sólidos sedimentables o suspendidos incrementan la turbidez en aguas recibidas y pueden causar sedimentación.
DBO	<500 <30 a 50	Para descargar a las alcantarillas municipales.
OD	2 a 5	Depende de la capacidad y uso de la corriente de reserva.
Metales	0.01 a 10	Los límites varían para los diferentes metales.
DQO	<500	Representa el oxígeno utilizado por los componentes químicos en el efluente.
Bacterias Coliformes	<10,000 por ml	La desinfección del efluente es requerido para aguas residuales domésticas.

Fuente: Geribo, Stephen H., Josti, John J. 1993. Memorias del tercer Foro y Expo del ambiente Pro Eco '93

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de agua residual no altera ni modifica los procesos, mas bien lo podríamos definir como la instalación de un dispositivo que sirve para situar en un lugar más adecuado un taller en el que los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica muerta se lleva hasta donde sea necesario y, hasta cierto grado, se controlan y aceleran. (4)

El tratamiento de el agua residual es un proceso por medio del cuál se elimina parte de los sólidos que contiene el líquido haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putresibles se conviertan en sólidos minerales o en sólidos inorgánicos relativamente estables .

Dependiendo del origen del agua residual la cantidad de desechos encontrados en el agua pueden ser más tóxicos y/o más difíciles de eliminar por tratamientos simples. La eficiencia del cambio de el agua residual depende de la magnitud del tratamiento empleado. (7)

Tipos de Tratamiento. Los factores básicos a tomar en cuenta en la selección de un tratamiento son: Especificaciones del agua tratada, calidad del agua residual y sus variaciones, restricciones locales y costo relativo de los diferentes procesos de tratamiento.(7)

Langdon Pearse afirma que las tres clases principales de procesos de tratamiento de aguas residuales son físicos, químicos y biológicos. **Tratamiento físico;** dependen esencialmente de las propiedades físicas de los sólidos presentes, como tamaño de partícula, peso específico, viscosidad, entre otros; la tecnología para tratamiento físico es limitada en la remoción de sólidos,

pero pueden ser tratados una gran variedad de contaminantes basado en la tecnología específica indicada en el Cuadro 2. **Tratamiento químico**; depende de las propiedades químicas de los sólidos presentes utilizando las propiedades químicas de los reactivos agregados. La tecnología para el tratamiento químico consiste en la destrucción de algunos contaminantes o de cambios químicos en ellos; la tecnología de varios tratamientos químicos son mostrados en el Cuadro 3 **Tratamiento biológico**; utiliza reacciones bioquímicas para eliminar impurezas solubles o coloidales, normalmente sustancias orgánicas. Los procesos aerobicos incluyen filtrado biológico y lodos activados, mientras que los procesos anaerobicos se usan para la estabilidad de lodos orgánicos y desechos orgánicos de alta concentración. La tecnología de varios procesos biológicos y los contaminantes removidos son indicados en el Cuadro 4 (11)

Cuadro 2. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos físicos por los cuales pueden ser removidos.

Parámetro	Sedimentación	Filtración	Tamizado y Depuración	Ultra filtración	Flotación	Remoción con aire	Carbón activado	Osmosis Inversa	Evaporación
Sólidos	*	*	*	*	*				
Suspendidos				*	*				
Grasas y aceites	*				*				
Orgánicos						*	*		
Tóxicos								*	*
Sólidos Disueltos	*	*	*	*	*		*	*	*
DBO/DQO								*	*
Metal						*		*	*
Temperatura						*			

Fuente: Geribo, Stephen H., Josti, John J. 1993. Memorias de 3er. Foro y Expo del ambiente PRO ECO '93

Cuadro 3. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos químicos por los cuales pueden ser removidos.

Parámetros	Precipitación con Hidróxido	Neutralización	Destrucción Química	Reducción Química	Separación del punto de congelación	Cambio Iónico	UV/Oxidación	Coagulación
Metales	*					*		
Cianuro		*						
Grasas y aceites								*
Cromo				*				
pH		*						
Orgánicos						*	*	
Tóxicos								
Amoniaco					*			
Fósforo								*

Fuente: Gerbo, Stephen H. Josti, John J. 1993. Memorias del 3er. Foro y Expo del ambiente PRO ECO '93

Cuadro 4. Contaminantes del agua residual y algunos tratamientos Biológicos para removerlos.

Parámetro	Lodo Activado	Filtro	Lagunas de aereación	Secuencia reacción "Batch"	RBCs	Proceso aeróbico	Desinfección
DQO/DBO	*	*	*	*	*	*	
Amoniaco	*			*	*		
Nitrato Orgánicos	*			*			
Tóxicos	*	*		*		*	
Compuestos Orgánicos					*		
Bacterias							*
Coliformes							

Fuente: Gerbo, Stephen H. Josti, John J. 1993. Memorias del 3er. Foro y Expo del ambiente PRO ECO '93

**Tratamiento biológico aeróbico.** El método de tratamiento en presencia del aire consta de una superficie de contacto, materia orgánica-bacterias y estabilización de microorganismos saturados, el agua residual es vertida en una superficie, cámara o tanque dónde se produce cierta agitación para que los microorganismos presentes entren en contacto firme con la materia orgánica contenida en el agua, al mismo tiempo que se le suministra oxígeno en abundancia para que se lleve a cabo la síntesis prevista, esto debido a la oxidación completa de la materia orgánica.(8)

En el tratamiento biológico aeróbico encontramos dos factores los cuales hacen que este proceso sea uno de los más eficientes para tratar el agua, estos son: la aereación y los lodos activados.

***Aereación.*** Al suministrar oxígeno ayudamos a mejorar las características físicas y químicas de el agua mediante el intercambio de gases y otras sustancias volátiles con el aire, u otra atmósfera especial. Dentro de los objetivos específicos de la aereación encontramos: a) **Remoción de olor y sabor:** generados por algas u otros microorganismos que exudan aceites, así como a la descomposición de materia orgánica. b) **Remoción de gases disueltos:** como el cloro, ácido sulfúrico y CO<sub>2</sub>, entre otros. c) **Adición de gases:** como oxígeno este principalmente para mejorar el sabor del agua y oxidar la materia orgánica. La aereación puede llevarse a cabo ya sea por contacto con el aire en el medio ambiente o artificialmente por medio de aereadores gravitacionales o de caída de agua, de inyección o difusión, y aereadores de rociado entre otros. (3)

***Lodos activados.*** Como mencionamos anteriormente en el proceso biológico aeróbico intervienen organismos vivos aerobios y sólidos orgánicos que se



encuentran en el agua residual, y los cuales se mezclan íntimamente en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. En el agua residual podemos encontrar microorganismos pero en cantidades pequeñas por lo tanto les es difícil llevar a cabo todo el trabajo y debido a esto es necesario agregar una cantidad mayor de microorganismos y distribuirlos antes de llevar a cabo el tratamiento. ( 8 )

Este tipo de reacción se forma cuando las aguas residuales que contienen sólidos suspendidos y coloidales se agitan en presencia de aire, donde los sólidos suspendidos forman núcleos sobre los que se desarrolla la vida biológica y que conforme se desarrollan aumentan su tamaño y se les conoce como lodos activados, estos están formados por flóculos parduscos que están formados en su mayoría de materia orgánica procedentes de las aguas residuales pobladas de miríadas de bacterias y otras formas de vida biológica; los lodos activados con sus microorganismos tienen la propiedad de absorber la materia orgánica coloidal y disuelta incluyendo el amoníaco de las aguas, este material absorbido lo transforman en sólidos insolubles no putresibles esta transformación es gradual, algunas bacterias utilizan sustancias complejas produciendo compuestos más simples y estos desechos son utilizados por otras bacterias convirtiéndolos en desechos aún más simples y así sucesivamente hasta que los desechos finales no pueden ya ser utilizados como alimento para los microorganismos. (4)

Terminado el proceso de aereación este debe ser complementado con la sedimentación en la cuál se produce una síntesis forzada, dónde los microorganismos utilizan la materia orgánica hasta saturarse y decantarse en forma de materia celular inerte. Siempre existirán bacterias las cuales no hayan tenido contacto con el alimento lo cual da lugar a lo que llamamos recirculación

de lodos activados los cuales son transportados de la cámara de estabilización o sedimentación a la de contacto o aereación y vueltos a utilizar (8)

Los lodos formados inicialmente no son tan eficientes en el tratamiento; pero si se logra recolectar los lodos que se van formando gradualmente se obtendrá una cantidad de lodos activados los cuáles llevarán acabo un proceso eficaz; a este tipo de lodos se les llama recirculados y este proceso es acumulativo por lo tanto se debe eliminar con frecuencia el exceso de lodos de el proceso de tratamiento. Los lodos activados deben mantenerse en suspensión durante su periodo de contacto con las aguas a tratar, por medio de algún método de agitación ya que con la aereación se logra el mezclado de los lodos con las aguas residuales, se mantienen los lodos en suspensión por agitación de la mezcla además de proporcionar el suficiente oxigeno para que se lleve acabo la oxidación biológica. (16)

La cantidad de aire que se requiere depende de la carga de DBO, la cantidad de lodos activados, la concentración de sólidos y de la eficiencia que se desee en el abatimiento de la DBO; la cantidad básica de aire que se requiere debe ser suficiente para mantener el agua residual con un mínimo de 2 ppm. de oxigeno disuelto bajo cualquier condición de carga de la DBO. (16)

## **Módulo de Tratamiento Biológico CROMAGLASS Modelo CA-12**

La figura 2 muestra la estructura del sistema modular el cual tiene una entrada para el agua residual , dos bocas de acceso , una caja de controles y tubería de PVC , el módulo en general consta de tres cámaras, la cámara A, es la sección de retención de sólidos entre la cámara A y la siguiente (B) existe una malla metálica a través de la cuál pasa el agua de la cámara A a la B y evita el paso de materia inorgánica como bolsas de plástico, vasos desechables, huesos de comida, entre otros, los cuales pueden dañar el sistema; dentro de la cámara A también encontramos un flotador el cual activa una alarma cuándo el módulo ha llegado a su capacidad máxima de agua. Dentro de la cámara B esta una bomba la cual tiene como función proveer aire y líquido de recirculación una tubería de PVC distribuidora de aire, y un flotador el cuál al llegar el agua a un determinado nivel automáticamente empieza el sistema de aereación (cuándo el agua esta por debajo de este nivel no funciona). En la cámara C también se encuentra una bomba para la descarga del agua al terminar el proceso y un flotador que marca la cantidad de agua a descargar y por último la salida del módulo.

### Ciclo típico del módulo de tratamiento de agua residual y diagrama de flujo.

**Llenado y aereación.** El flujo de entrada en la sección de retención (cámara A) es separado por una malla no corrosiva. Los sólidos orgánicos son rotos por la turbulencia creada por una bomba de aereación sumergible existente forzando el flujo través de la reja o malla esto elimina la necesidad de triturar mecánicamente los solidos de gran tamaño presentes en el flujo de entrada . El líquido y los

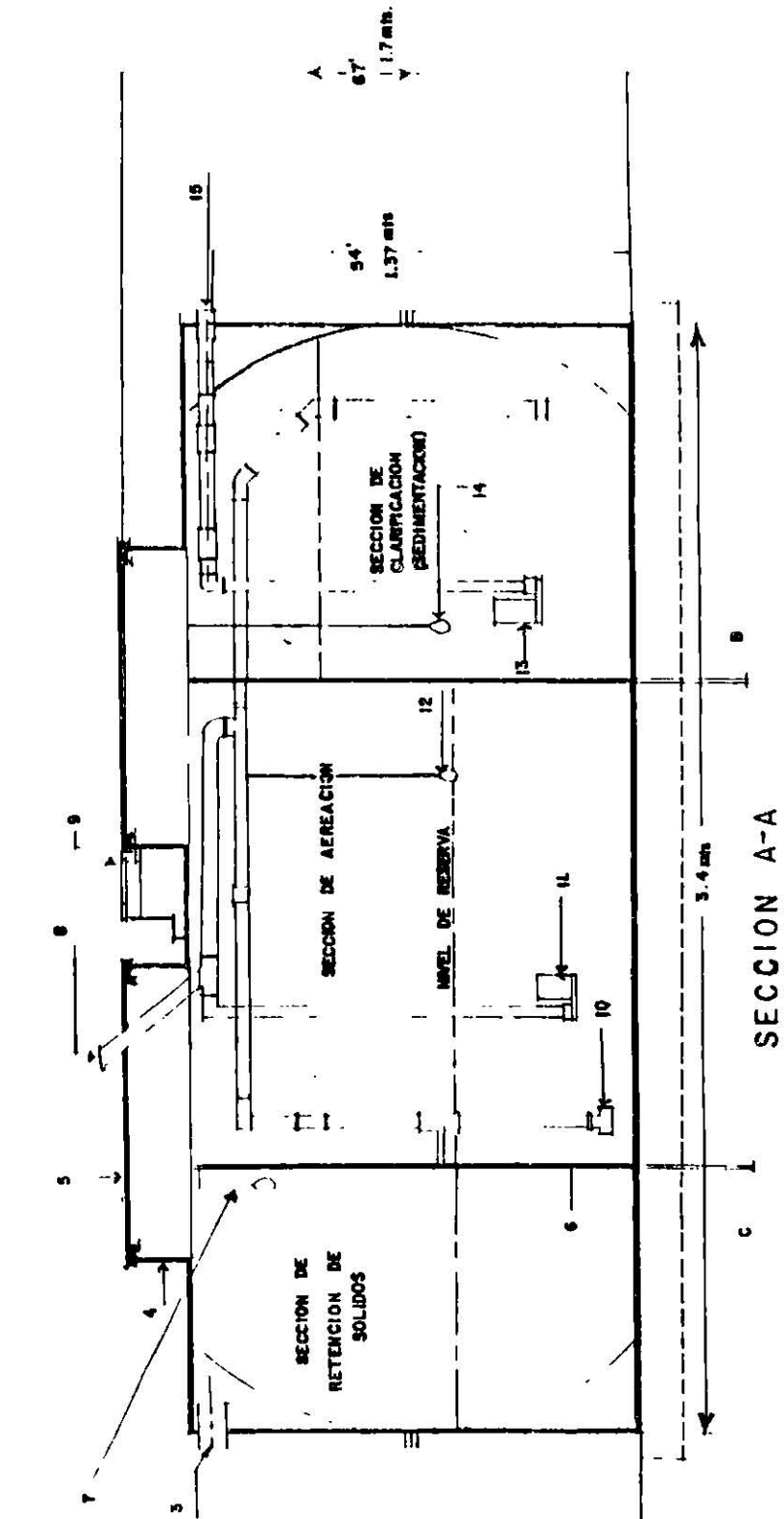
pequeños sólidos orgánicos pasan a través de la reja a la contigua sección de aereación (B). Aire y líquido de recirculación son provistos por una bomba sumergible con que reciben aire del ambiente a través de la tubería situada dentro del tanque.

***Sedimentación.*** El licor mezclado es transferido por bombeo de la cámara B al clarificador (cámara C). Concluido el periodo de llenado del clarificador el exceso es derramando a la sección principal de aeración para recircularse. Se suspende la transferencia y el clarificador es aislado la separación de los sólidos ocurre bajo condiciones inactivas. ***Descarga.*** Después del asentamiento, el efluente es bombeado fuera del clarificador (C) para ser descargado.

## DESCRIPCION DEL PROCESO

## SIMBOLOGIA

1. PLANTA DE TRATAMIENTO AEROBICO
2. TANQUE MODELO CA-12
3. ENTRADA
4. BOCA DE ACCESO
5. CUBIERTA
6. MALLA METALICA
7. FLOTADOR DE ALARMA
8. ENTRADA DE AIRE
9. CAJA DE CONEXIONES ELECTRICAS
10. TUBERIA DE DISTRIBUCION DEL AIRE
11. BOMBA DE AEREAACION
12. FLOTADOR DE DESCARGA
13. BOMBA DE DESCARGA
14. FLOTADOR - VALVULA DE DESCARGA
15. SALIDA



## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio fue hecho a aguas residuales provenientes de dos edificios públicos(DIF y Policía) del Municipio de San Nicolás de los Garza; Nuevo León efectuando los análisis fisico-químico en los laboratorios de control de calidad de la empresa **Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios (AIMSU)** los análisis bacteriológicos en el laboratorio de **Biología Microbiana de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL)**.

Fueron evaluados cuatro tratamientos en tiempo de proceso (4hrs. y 3hrs.) y tipo de lodo activado (natural y adicionado) considerando los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura, pH, Conductividad, Demanda Química de Oxígeno (DO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DO), Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Grasas y Aceites, Dureza Total, Dureza de Calcio, Dureza de Magnesio, Fosfatos, Sulfatos, Cloruros, excluyendo los inorgánicos para el agua residual.

El equipo empleado para esta evaluación fue: Módulo de tratamiento de aguas residuales CROMAGLASS Modelo CA-12 El sistema tiene un acabado interno de fibra de vidrio, tubería de PVC, bomba de aereación sumergible de 1/3 y 1/4 HP con necesidad de corriente monofásica para el tablero de controles de 115 volts., 60 Hz, 15 amp. El módulo mide 3.4 x1.7 x1.7 con una capacidad de tratamiento de 4.5m<sup>3</sup> ( 1,200 gpd.) con necesidad de un flujo máximo de 7.28 lts./min., y un mínimo de 3.3 lts./min. y un volumen de aereación de 3325 lts., volumen del clarificador de 1428 lts. después de cada proceso descarga 700 lts.

debe cubrirse un volumen de 1,750 lts. como capacidad de arranque, proporcionando 2 Kg. de oxígeno por día en un tiempo de proceso de 4 hrs.

Equipo de extracción Soxhlet para grasas, Equipo de reflujo para DQO, Mufla de calcinación mod. 439DL, estufa de secado, bomba de vacío, potenciómetro mod. 7 Corning, incubadora y autoclave entre otros.

### **Método de Muestreo.**

Se analizó agua residual y agua tratada tomando muestras a la entrada del módulo y en la salida (cisterna) midiendo en el sitio de muestreo Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto y Sedimentación, completando un volumen de 2.5 a 3.5 lts. de muestra para el análisis fisicoquímico, 100 ml. para el bacteriológico y 100 ml. de lodo activado, preservando las muestras a una temperatura de 4°C hasta su análisis; la preservación y el manejo de la muestra fue de acuerdo a lo establecido en Metodos Estandarizados para el Análisis de Agua y Aguas residuales (2)

### **Análisis fisicoquímico del agua.**

El análisis fisicoquímico del agua se llevó acabo utilizando los métodos convencionales sugeridos en el Stándard Methods, 18<sup>th</sup> edition 1992 en el cual la DBO se obtiene por medio de la diferencia de la cantidad de oxígeno que se necesita al tomar la muestra para biodegradar la materia orgánica y el que se necesita después de incubar la muestra durante 5 días a 20°C en ausencia de luz.

Para la DQO se siguió el método del reflujo abierto en el cuál se obtiene la cantidad de materia orgánica que se biodegrada por medio químico; la muestra es sometida a reflujo a 2hrs. y después titulada con Sulfato Ferroso Amoniacal (FAS). Las grasas y aceites presentes fueron determinadas hidrolizando la muestra con Acido Clorhídrico y filtrándola con ayuda de vacío; en esta técnica el agente extractor es el hexáno se somete la muestra a reflujo durante 4hrs. y al termino de este el matraz es llevado a la estufa y por medio de diferencia de pesos se obtiene el total de grasa y aceites. Los Solidos Totales de la muestra son calculados por diferencia de pesos; una cápsula tarada es llenada con la muestra y llevada a la estufa hasta su evaporación, calculandose así los Solidos Totales. El mismo seguimiento es para los Sólidos Suspendidos a diferencia de la cantidad de muestra y el recipiente utilizado (aquí se utiliza filtro de una medida específica recomendada). Para los parámetros inorgánicos fueron: en el caso de fosfatos por comparación, Dureza de Calcio y Magnesio, Cloruros y Sulfatos fue por titulación, agitando la muestra y añadiendo reactivos específicos para cada prueba y titulando hasta un cambio de color sugerido en el Standard Metodos.

#### **Análisis bacteriológico:**

Al igual que para los análisis fisicoquímicos las técnicas seguidas fueron del Stándar Métodos 18<sup>th</sup> Edition 1992. (2)

a) Lodos Activados. Para el conteo de microorganismos en lodo natural y adicionado se utilizó un hemocitómetro enumerando directamente las células en suspensión, la muestra de lodo fue tomada y se hizo una dilución de 1:200 obteniendo de esta manera las bacterias en suspensión.



b) Agua tratada. Se determinó siguiendo la técnica del Numero Más Probable (NMP) reportadas en el Stándar Métodos 18<sup>th</sup> Edition, 1992 para la cuantificación de coliformes utilizando 3 tubos por dilución en lugar de los 5 comúnmente usados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

La figura 3 muestra el flujo de entrada que se observó preliminarmente el cuál determinó el horario del muestreo debido al flujo volumétrico necesario para iniciar el proceso.

Las figuras 4, 5, 6 y 7 así como los cuadros 5 al 9 del apéndice muestran los valores para las variables de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos, y los Sólidos Totales variables que no mostraron diferencia significativa entre tratamientos. Mientras que para el contenido de grasas y aceites la figura 8 muestra diferencia entre los tratamientos atribuyendo esta diferencia a que la grasa presente en el lodo natural para los dos primeros tratamientos es una grasa poco compleja debido a su procedencia por lo tanto fácil de digerir para los microorganismos a diferencia de la grasa presente en el lodo adicionado para los dos últimos tratamientos ya que este proviene del tratamiento de aguas industriales y su tipo y cantidad de grasas y aceites es más compleja y mayor además de carecer de equipo para extraer grasa presente.

La baja eficiencia del tratamiento en relación a los Sólidos Totales se debe a la ausencia de un pretratamiento de desarenación del módulo; las arenas y sólidos gruesos no son eliminados en su mayoría lo cuál se refleja en un alto contenido de sólidos totales en el efluente. La figura 9 nos muestra el porcentaje de eficiencia del módulo para los cuatro tratamientos probados en las cinco variables de interés en este tratamiento biológico.

El contenido de los componentes inorgánicos tales como Calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, fosfatos, Dureza Total, Dureza de Calcio y Magnesio es

mostrado en el cuadro 10 del apéndice; dicho contenido no es modificado por medio de tratamiento biológico.

El contenido microbiológico de coliformes del agua residual disminuyó notoriamente reportando una disminución de un 90%. Sin embargo; es recomendable la aplicación de cloro para hacerla más aceptable si se va a utilizar para riego de áreas verdes.

Algunos de los microorganismos observados tanto en lodo natural como en el lodo adicional fueron: Protozoarios; Opercularia ramosa, Paramecium, Ciliados, Vorticella y en su mayoría del Filum Rotifera Philodina roseola.

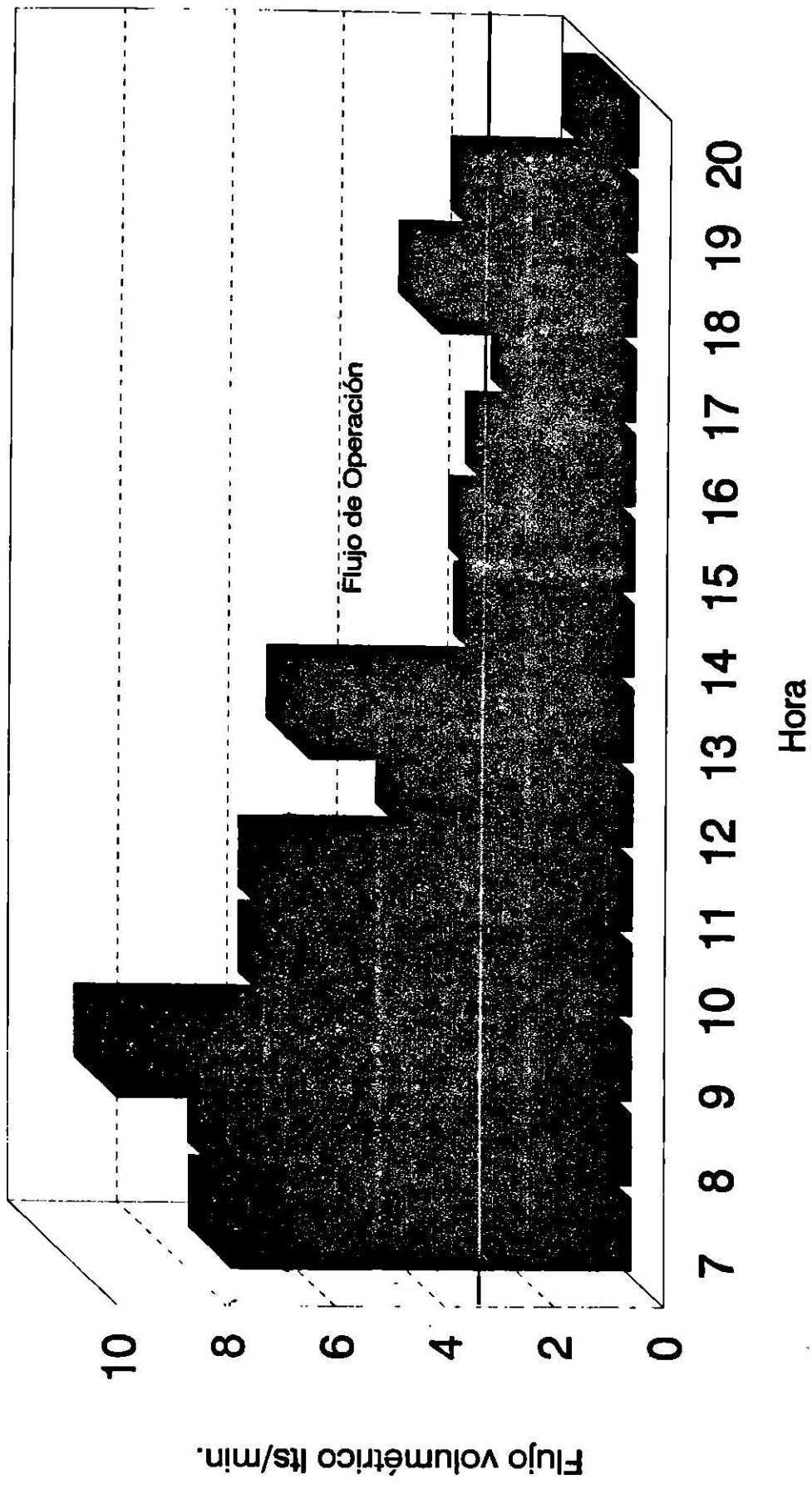


Figura 3. Valores promedio de los flujos de entrada a un módulo de tratamiento biológico de aguas residuales

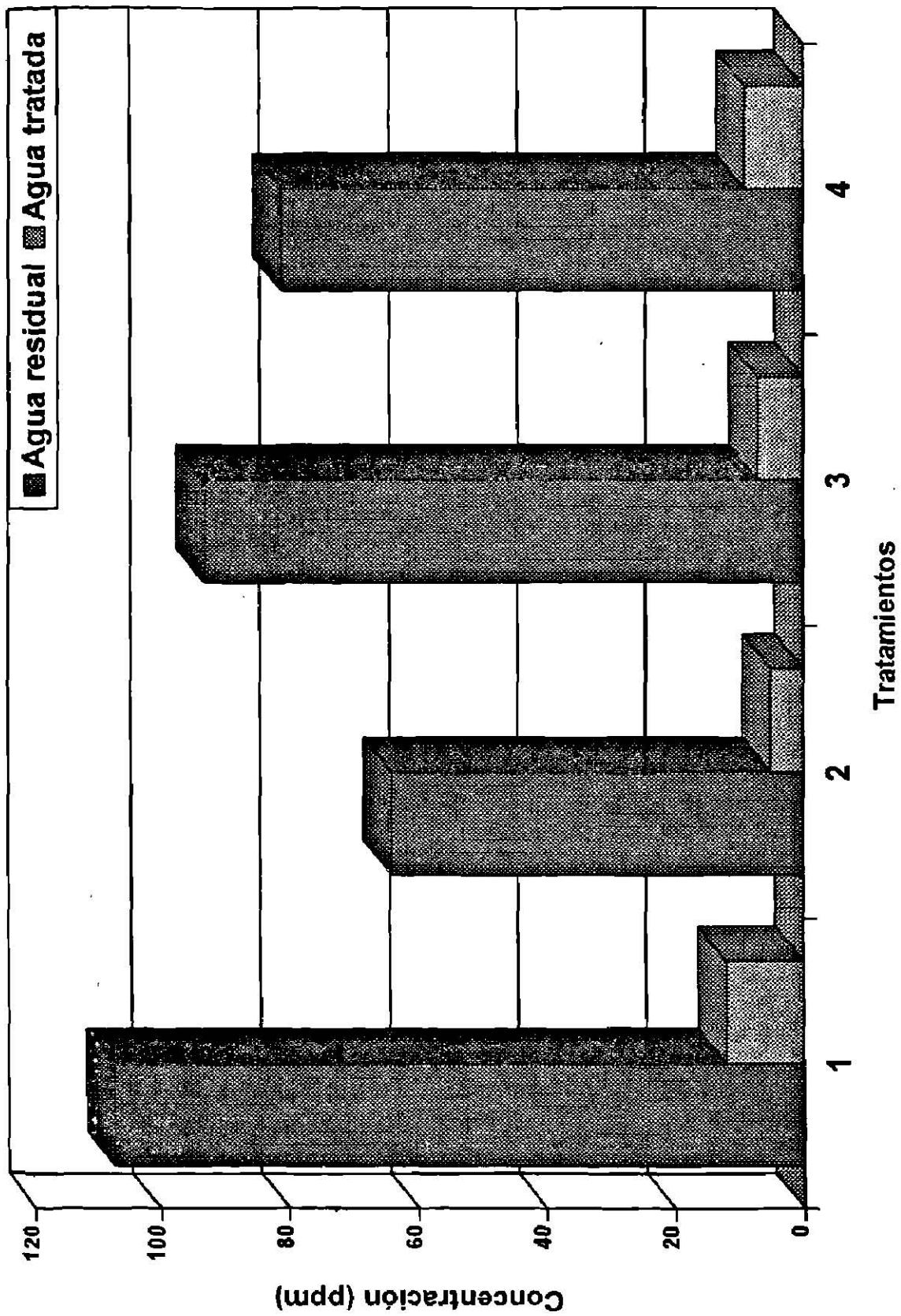


Figura 4. Valores Promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico comparados con el nivel permisible.

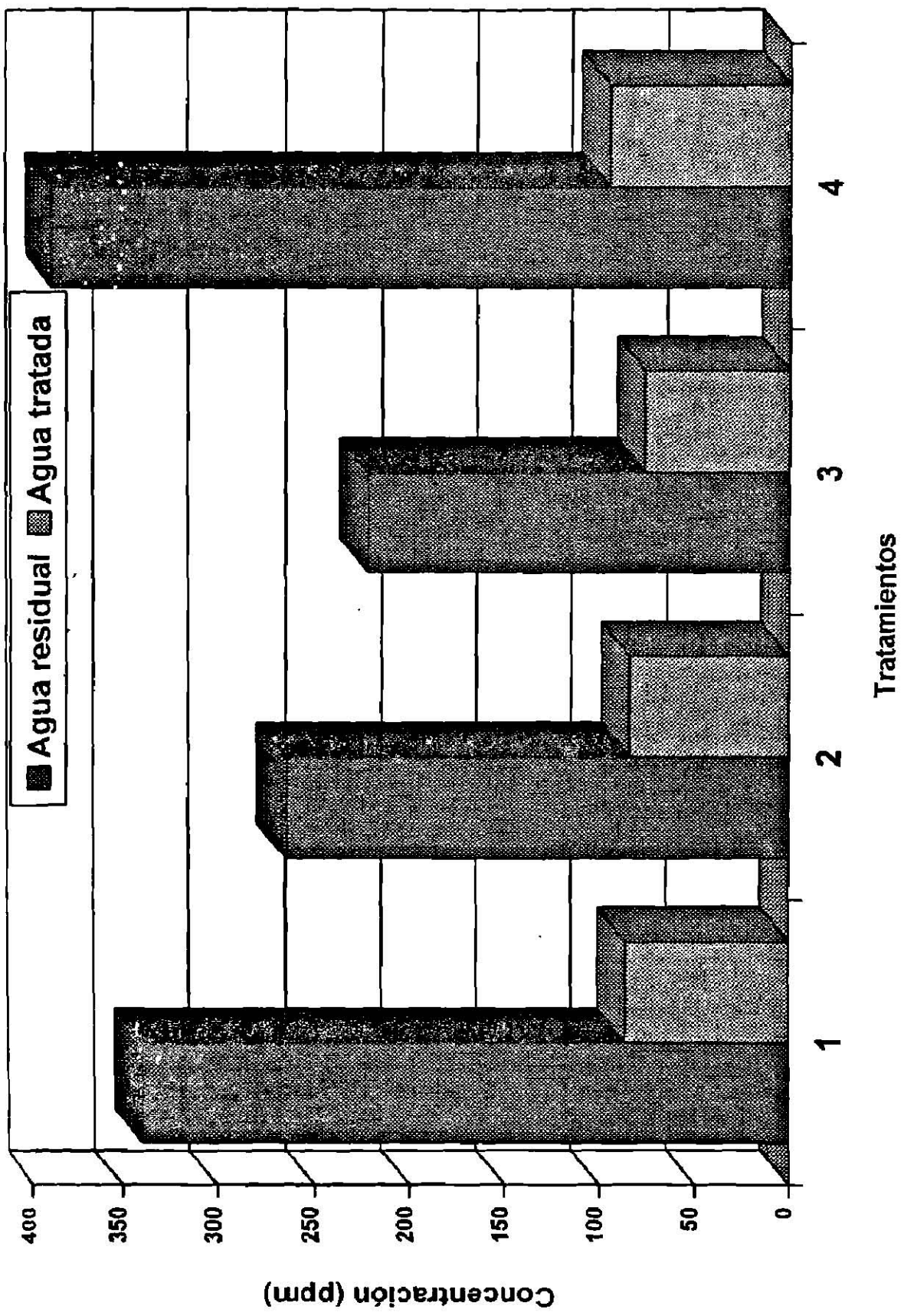


Figura 5. Valores promedio de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en flujos de entrada y salida de agua a un módulo de tratamiento biológico comparados con el nivel permisible.

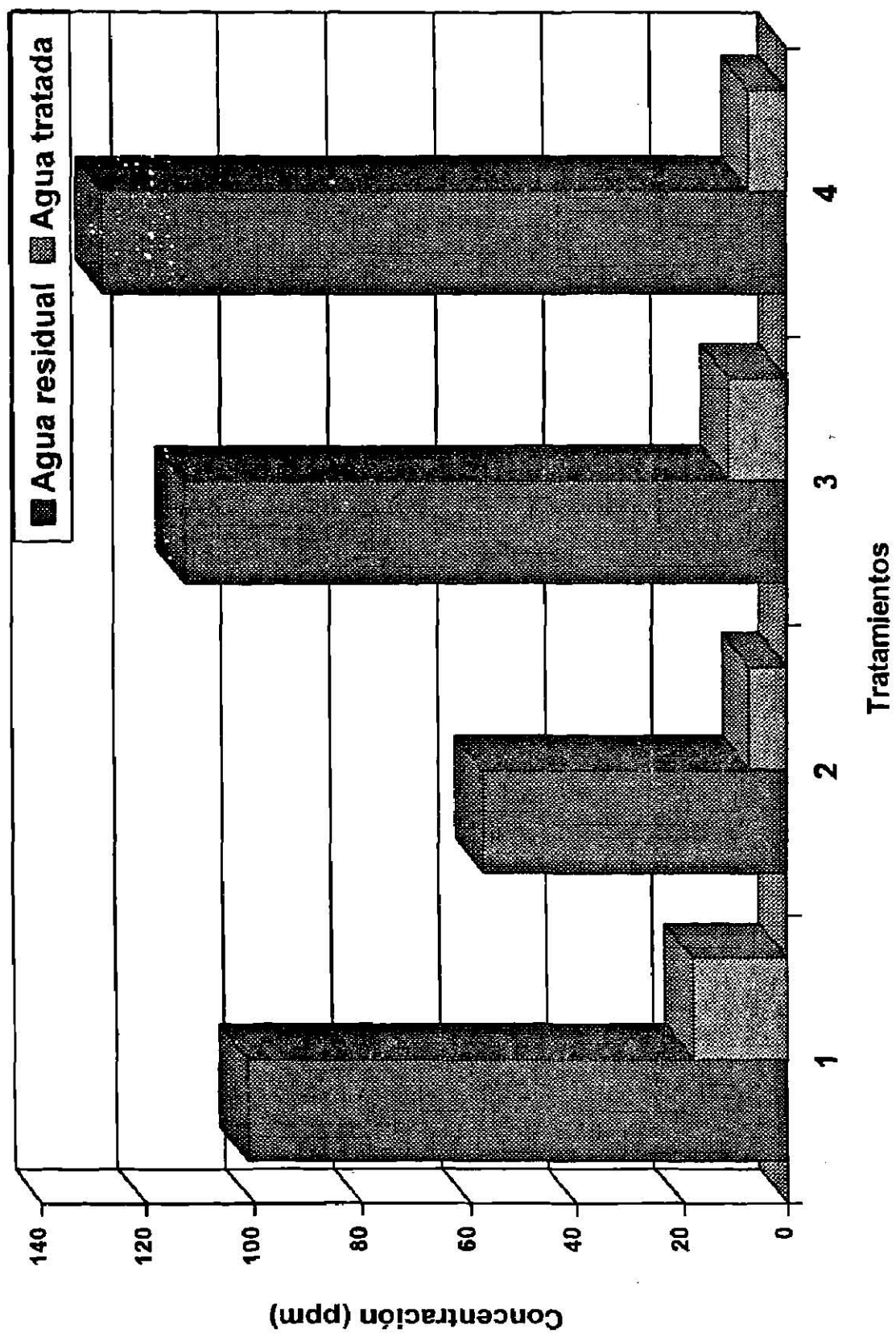


Figura 6. Valores promedio de Sólidos Suspendidos (S.S) en flujos de entrada y salida de agua de un módulo de tratamiento biológico comparados con el nivel permisible.

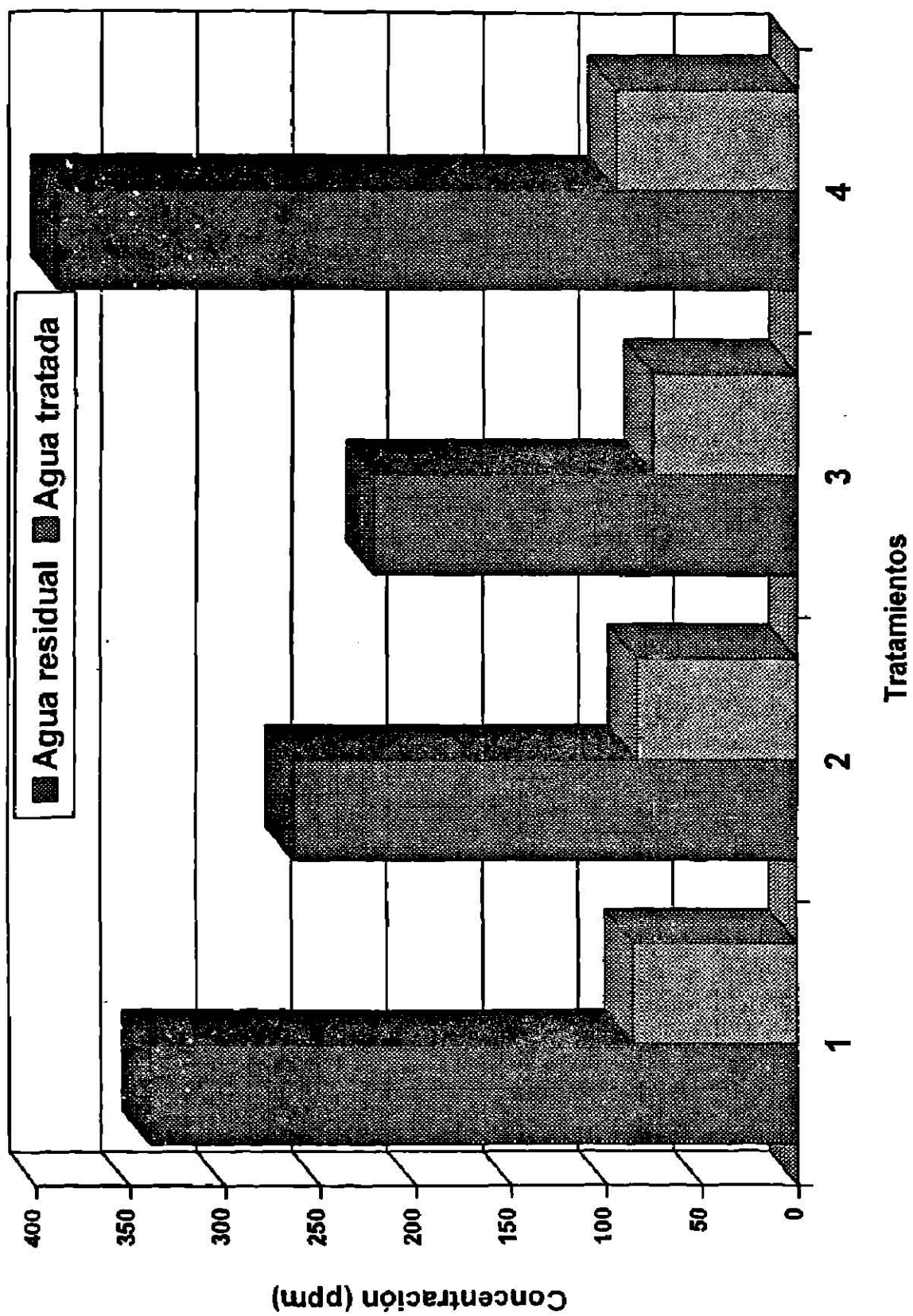
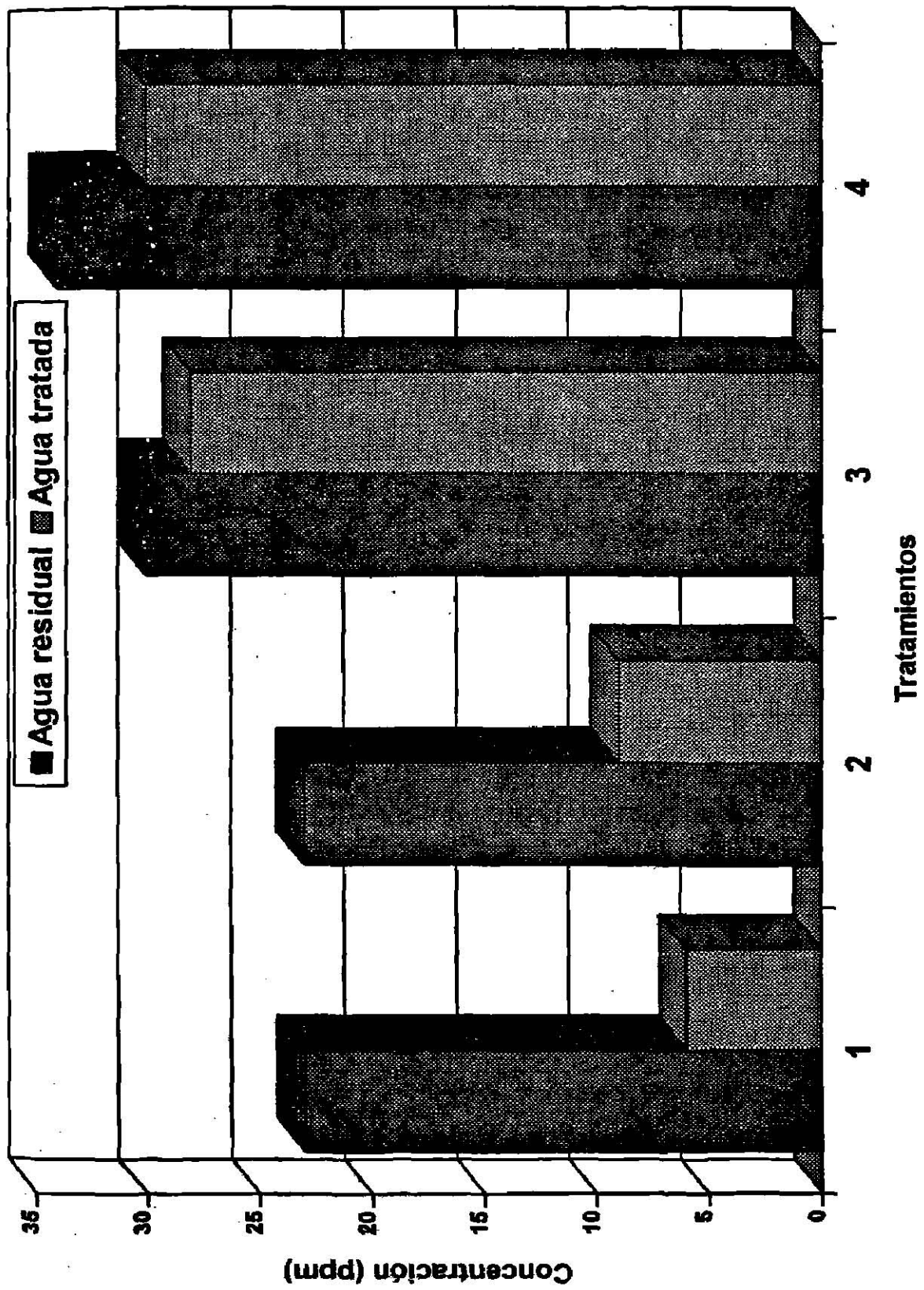


Figura 7. Valores promedio de Sólidos Totales (S.T) en flujos de entrada y salida a un módulo de tratamiento biológico comparados con los niveles permisibles.





22 Figura 8. Valores promedio para Grasas y Aceites en flujos de entrada a un módulo de tratamiento en comparación con los niveles permisibles.

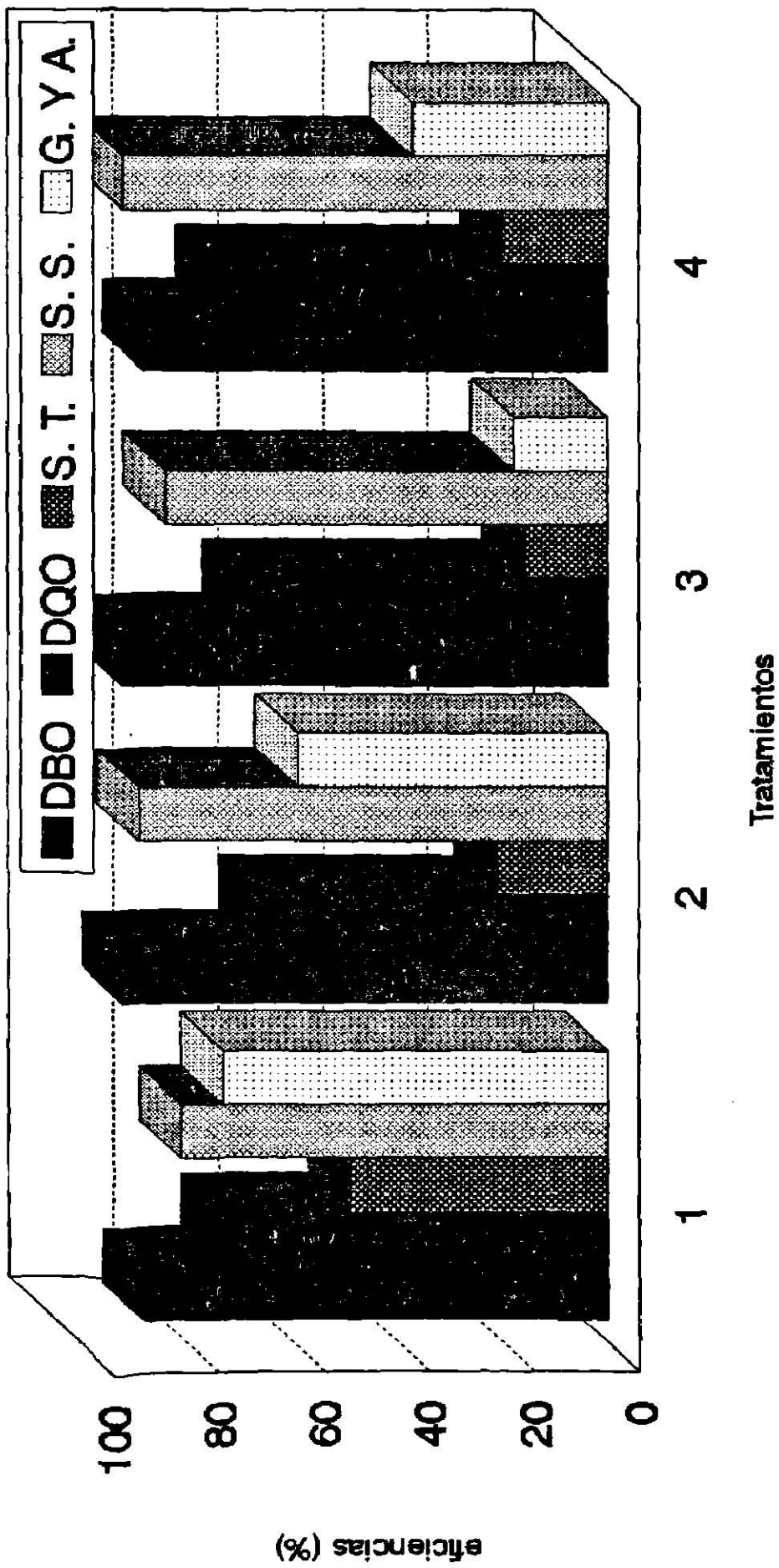


Fig. 9 Eficiencia del módulo de tratamiento biológico de agua para cada tratamiento en cinco de las variables probadas

## **CONCLUSIONES**

**El agua obtenida del módulo de tratamiento biológico con un proceso de 3hrs. tanto con lodo natural como con lodo adicionado es de igual calidad que la obtenida utilizando un proceso de 4 hrs.**

**La presencia de grasas y aceites en el lodo adicionado no puede ser removida eficientemente por un tratamiento biológico como el que se utilizo influyendo en la calidad del agua tratada.**

**El tiempo de sedimentación no es suficiente dentro del módulo para reducir sólidos suspendidos.**

## **RECOMENDACIONES**

**Se recomienda construir una cisterna para incrementar el tiempo de sedimentación.**

**Debido a que no existe manera de purgar el lodo activado que se ha acumulado se recomienda efectuar un estudio para obtener el índice volumétrico de lodos (IVL) que se produce y determinar el tiempo adecuado para eliminar los lodos que han quedado inactivados ya que estos interfieren para un buen tratamiento**

## APENDICE

**Cuadro 5. Valores promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico respecto a los niveles permisibles de descarga establecidos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Flujo</b>	<b>Mínimo mg/lto.</b>	<b>Máximo mg/lto.</b>	<b>Promedio mg/lto.</b>	<b>Niveles permisibles de descarga mg/lto.</b>
1	Entrada	33	145	107	30
	Salida	4	38	12	
2	Entrada	30	110	64	30
	Salida	4	7	5	
3	Entrada	35	120	93	30
	Salida	2	24	7	
4	Entrada	30	150	81	30
	Salida	4	16	9	

**Cuadro 6. Valores promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO) de flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico respecto a los niveles permisibles de descarga establecidos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Flujo</b>	<b>Mínimo (mg/lto.)</b>	<b>Máximo (mg/lto.)</b>	<b>Promedio (mg/lto.)</b>	<b>Niveles permisibles de descarga (mg/lto.)</b>
1	Entrada	255	546	339	125
	Salida	56	172	86	
2	Entrada	180	320	264	125
	Salida	60	123	84	
3	Entrada	189	314	222	125
	Salida	39	171	76	
4	Entrada	296	528	388	125
	Salida	93	97	95	

**Cuadro 7. Valores promedio de Sólido Totales (S.T) de flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico respecto a los niveles permisibles de descarga establecidos.**

Tratamiento	Flujo	Mínimo (mg/lto.)	Máximo (mg/lto.)	Promedio (mg/lto.)	Niveles permisibles de descarga (mg/lto.)
1	Entrada	684	1376	915	1250
	Salida	604	832	744	
2	Entrada	732	832	784	1250
	Salida	505	744	654	
3	Entrada	647	890	775	1250
	Salida	556	728	649	
4	Entrada	868	968	903	1250
	Salida	716	729	722	

**Cuadro 8. Valores promedio de Sólidos Suspendidos (S.S) de flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico respecto a los niveles permisibles de descarga establecidos.**

Tratamiento	Flujo	Mínimo (mg/lto.)	Máximo (mg/lto.)	Promedio (mg/lto.)	Niveles Permisibles de descarga (mg/lto.)
1	Entrada	55	150	101	50
	Salida	4	59	18	
2	Entrada	36	80	57	50
	Salida	1	15	7	
3	Entrada	58	242	112	50
	Salida	2	35	11	
4	Entrada	66	200	127	50
	Salida	3	10	7	

oCuadro 9. Valores promedio de Grasas y Aceites (GyA) de flujos de entrada y salida de agua en un módulo de tratamiento biológico comparados con niveles de descarga establecidos.

Tratamiento	Flujo	Mínimo (mg/lto.)	Máximo (mg/lto.)	Promedio (mg/lto.)	Niveles Permisibles de descarga (mg/lto.)
1	Entrada	15	32	23	40
	Salida	1	9	6	
2	Entrada	15	36	23	40
	Salida	3	10	9	
3	Entrada	28	31	30	40
	Salida	26	32	28	
4	Entrada	30	37	34	40
	Salida	27	32	30	

Cuadro 10. Valores promedio de elementos y compuestos inorgánicos de agua tratada en un módulo de tratamiento biológico.

Tratamiento	D.Total (ppm)	Calcio (ppm)	Magnesio (ppm)	Cloruros (ppm)	Sulfatos	Fosfatos
1	365	126	12	118	98	12
2	350	127	14	95	72	9
3	347	123	10	104	82	9
4	357	122	13	118	74	13



## **BIBLIOGRAFIA**

1. Babbit, Harold E. y Baumann, E. R. 1965. Alcantarillado y tratamiento de aguas negras. Ed. Continental. México, D.F.
2. Brock D., Thomas .1973. Biología de los Microorganismos .Ed. Omega. Barcelona; España.
3. Departamento de Sanidad del Edo. de N. York. 1976. Manual de tratamiento de aguas negras. Ed. Limusa. México.
4. Desarrollo y medio ambiente en México. 1990. Ed. Fundación Universo Veintiuno, A. C. México.
5. Coffin, L. David .V.M.D. 1977. Laboratorio Clínico en medicina Veterinaria. 3ª Edición.
6. Fair M. Geyer G., Charles J. 1971. Purificación de aguas y Tatamiento y remoción de aguas residuales. Vol. 2 Ed. Limusa-Wiley. Buenos Aires.
7. Ferrero, J. H. 1974. Depuración biológica de las aguas. Ed. Alhambra. España.

8. Flinn A. D., Weston R. S., Bogert C.L. 1952. Abastecimiento de aguas. Ed. Labor S. A. Barcelona; España.
9. Geribo, Stephen H. Josti, John, J. 1993. A Procedure for evaluating Wastewater treatment options for industry in México. Ed. SEA Latina S. A de C. V. Monterrey, N. L.
10. Greenberg, Arnold E., Clesceri, Lenore S. 1992. Standard Methods for the Examination of Water an wastewater. Ed. American Public Healt Asociation AWWA y WEF. 18<sup>th</sup> Edition
11. Mtz. M. F. D. 1985. Informe del arranque de la planta de tratamiento de aguas negras Petróleos Mexicanos. Guadalupe; Nuevo León.
12. Rivas M. G. Proceso de tratamiento de aguas.
13. Rodier J., 1981. Análisis de aguas. Ed. Omega. Barcelona, España.
14. Schulz, Christopher R. y Okun, Daniel A. 1990. Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo. Ed. Noriega-Limusa. México.
15. Tebbutt. T. H. Y. 1990. Fundamentos de control de la calidad del agua. Ed. Limusa. México, D.F.

16. Unda Opazo. F. y Salinas C., Sergio M. 1969. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. Ed. UTEHA. México
17. Wayne W. D. 1987. Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa. México.

12140<sup>4</sup>

