

24
2 ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

CAMPUS IZTACALA

**RELACIÓN ENTRE PROTOZOARIOS (CILIADOS Y
FLAGELADOS) Y LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN
DE UN SISTEMA BIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO
DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL RÍO DE LOS
REMEDIOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

ARTURO CHILPA NAVARRETE

DIRECTOR DE TESIS: BIÓL. JOSÉ LUIS MUÑOZ LÓPEZ

LOS REYES IZTACALA, MÉXICO, AGOSTO 1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

266837



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

DEDICATORIAS

Madre... a tu bendito amor que en diez pedazos partiste.

A la sagrada memoria de mi madre, Raquel Navarrete Bonilla, quien amó tanto la vida que en sus hijos la dejó.

A mi querido padre, Ponciano Chilpa García, con todo el cariño y respeto que bien merece su amor de padre.

Con mucho amor

A mi esposa Myrna Santos Lara

***A mis queridos hijos Myrna Lizette Chilpa Santos
Emmanuel Chilpa Santos***

***A mis queridos hermanos Julieta, Araceli, Pedro, Jorge,
Gerardo, Carlos, Armando,
Oscar y Elizabeth.***

***Por el sacrificio y apoyo compartido Sra. Felipa Lara Barrán
Clara Cazarín Lara***

***Familia Ramírez Sr. Jesús Ramírez,
Sra. Zoila del Carmen
Edgar Jesús, Arlette Elena y Zoila Ivette.***

AGRADECIMIENTOS

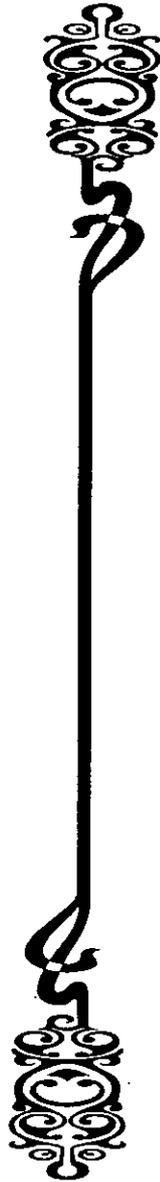
*Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la ENEP IZTACALA, así como a todos y cada uno de mis maestros, en especial a los siguientes **Biól. José Luis Muñoz López**, por su valiosa ayuda y dirección, de igual modo al **M. en C. Alfonso Lugo Vázquez**, por la asesoría y el invaluable apoyo brindado en todo momento, así como a los profesores **Dra. Rosario Sánchez Rodríguez**, al **M. en C. Salvador Rodríguez Zaragoza**, por su valiosa orientación, y a la profesora **Q. F. B. Esperanza Robles Valderrama**.*

*Mi más expresivo agradecimiento a la Empresa "Aguas San Juan Ixhuatepec Sociedad de Usuarios", especialmente al **Ing. Maximiliano Olivares Padilla**, y al **C.P. Marcos Sánchez Hernández**, así como al personal del laboratorio, por las facilidades brindadas para la realización de este proyecto.*

*Al **Quím. David Aguilar Jerónimo**, agradezco tu ayuda y el tiempo dedicado al proyecto, muchas gracias David.*

*Deseo aprovechar la ocasión para hacer patente mi gratitud al **Dr. Héctor Francisco Martínez Frías**, a quien también dedico con mucho gusto este modesto trabajo, por la oportunidad brindada en la **ESIQIE**, para la continuación de mis estudios, sin su ayuda jamás lo hubiera logrado.*

*Al **M. en C. Rafael Oropeza Monterrubio**, así como a mis hermanos **Pedro y Carlos Chilpa Navarrete** por sus desinteresadas muestras de apoyo y alentadora confianza.*



La tierra es a la vez cuna y sepultura de la naturaleza, y su seno educa y nutre hijos de varia condición, pero ninguno tan falto de virtud que no de aliento o remedio o solaz al hombre.

Extrañas son las virtudes que derramó la pródiga mano de la naturaleza, en piedras, plantas y yerbas.

No hay ser inútil sobre la tierra, por vil y despreciable que parezca.

Por el contrario, el ser más noble, si se emplea con mal fin, es dañino y abominable.

El bien mismo se trueca en mal, y el valor en vicio, cuando no sirve a un fin virtuoso.

*William Shakespeare.
ROMEO Y JULIETA.*

CONTENIDO

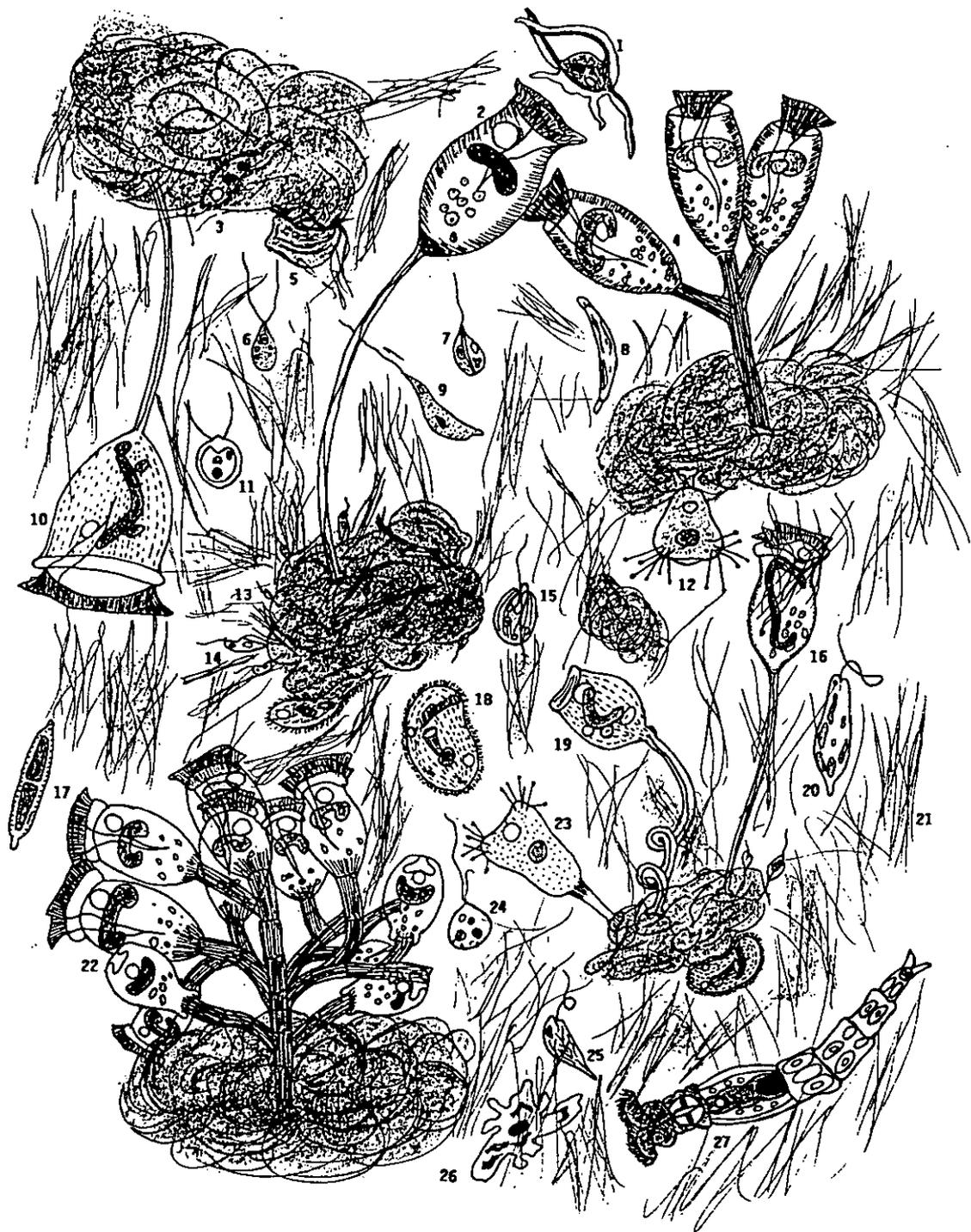
INTRODUCCIÓN	1
Tratamiento Biológico.	2
ANTECEDENTES	3
Dinámica de lodos.	4
Sobre los Índices Saprobios.	9
Reseña sobre el Índice Saprobio de Pantle y Buck.	16
OBJETIVO	19
METODOLOGÍA	20
Diagrama de bloques.	20
Parámetros de operación.	21
Método de identificación.	22
Consideraciones generales.	23
RESULTADOS	24
Hojas de resultados.	25
ANÁLISIS DE RESULTADOS	62
I. Características del agua.	62
II. Condiciones de operación.	63
III. Resultados del monitoreo microscópico.	65
IV. Comparación de los porcentajes de remoción y el Índice Saprobio de Pantle y Buck.	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

TABLAS, FIGURAS Y GÁFICAS

Figura 1	Proceso de transferencia de masa en lodos activados, diagáma de la planta "Aguas San Juan de Ixhatepec Sociedad de Usuarios".	5
Gráfica 1	Sucesión de poblaciones de protozoarios en las plantas de lodos activados.	6
Figura 2	Pirámide de las relaciones alimenticias de los procesos de lodos activados.	8
Tabla I	Porcentaje de presencia y frecuencia de algunos protozoarios y su clasificación asociada a efluentes dentro de cuatro rangos de DBO.	9
Tabla II	Coefficiente de regresión de los reducidos predictores, contra la DBO del efluente de dos tipos de aguas residuales tratadas.	12
Tabla III	Dos-vías para determinar el Índice Biótico del Lodo (SBI) en base a grupos claves, densidad y número de unidades taxonómicas de la microfauna.	14
Tabla IV	Conversión de valores del SBI dentro de cuatro clases de calidades y su respectivo dictamen.	15
Tabla V	Clasificación de los sistemas saprobios de acuerdo al ISPB.	17
Tabla VI	Criterios de evaluación.	21
Tabla VII	Relación de especies microbianas observadas durante el período de monitoreo (julio del 96 - mayo del 97) en el licor mezclado de la planta de tratamiento A.S.J.L.,S.U.	57
Tabla VIII	Valores fisico-químicos y biológicos.	58
Tabla IX	Valores del porcentaje de remoción a partir de la D.B.O.s Y el ISPB.	60
Gráfica 2	Correlación entre el % de remoción de la DBOs contra el ISPB.	61
Gráfica 3	Sedimentación del índice volumétrico de lodo con respecto a las bacterias filamentosas	64
Tabla X	Protozoarios ciliados y flagelados encontrados.	66
Tabla XI	Relación de especies encontradas en alta y baja eficiencia según el I.S.P.B. contra el porcentaje de remoción de la DBOs.	67

**LISTADO DE MICROORGANISMOS OBSERVADOS
EN EL MONITOREO MICROSCÓPICO.**

NÚMERO	ESPECIE
1	<i>Amiba sp.</i>
2	<i>Vorticella striata variedad octava</i>
3	<i>Trachelophyllum pusillum</i>
4	<i>Opercularia microdiscum</i>
5	<i>Aspidisca cicada</i>
6	<i>Polytoma uvela</i>
7	<i>Petalomonas mediocanellata</i>
8	<i>Euglena mutabilis</i>
9	<i>Astasia dangeardii</i>
10	<i>Vorticella alba</i>
11	<i>Chlamydomonas</i>
12	<i>Acineta cuspidata</i>
13	<i>Bodo saltans</i>
14	<i>Bodo caudatus</i>
15	<i>Entosiphon sulcatum</i>
16	<i>Vorticella convallaria</i>
17	<i>Diatomea</i>
18	<i>Chilodonella uncinata</i>
19	<i>Vorticella microstoma</i>
20	<i>Euglena gracilis</i>
21	<i>Bacterias filamentosas</i>
22	<i>Epistylis rotans</i>
23	<i>Acineta foetida</i>
24	<i>Monas vulgaris</i>
25	<i>Euglena viridis</i>
26	<i>Amiba sp</i>
27	<i>Rotiferos Philodina</i>



INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico e industrial observado a partir de las dos últimas décadas, derivó en un aumento significativo en el consumo de agua y en consecuencia en la generación de mayores volúmenes de aguas residuales, originando que el sistema de drenaje capturara nuevos desechos modificando la mezcla de las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales susceptibles de ser tratadas, afectando dramáticamente la calidad del recurso. Por ello se ha reducido la disponibilidad de aguas superficiales de buena calidad, ocasionando una explotación mayor de los mantos acuíferos y la transportación desde fuentes cada vez más lejanas de los centros de desarrollo urbano e industrial. Por otra parte, las tecnologías empleadas para tratar las aguas residuales y aprovecharlas principalmente en algunos procesos industriales, en el riego de áreas verdes y en el llenado de lagos, responde favorablemente a la calidad fisico-química-biológica de las aguas residuales a tratar, así como a las exigencias de la calidad de las aguas renovadas, decretadas por las autoridades. (Guerra, 1989; Ramalho, 1992).

Dentro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, Curds señala dos como los principales procesos biológicos aerobios comúnmente usados y considerados para la estabilización de las aguas negras, los procesos son; filtros percoladores y lodos activados. Ambos procesos dependen del crecimiento de microorganismos para la remoción de las sustancias indeseables disueltas o suspendidas en las aguas negras. El proceso de lodos activados es un verdadero proceso acuático, donde las aguas y los microorganismos son aireados juntos en un tanque durante varias horas. Los organismos crecen formando flóculos o lodo activado el cual puede ser fácilmente separado del efluente en un tanque de sedimentación, de donde este lodo es reciclado o regresado al tanque de aireación. El exceso de sólidos en este proceso aerobio es purgado, y puede ser tratado en un digestor hasta su estabilización y disposición final. (Curds, 1982)

Las poblaciones microbianas presentes en los sistemas de tratamiento, cambian continuamente debido a la composición y las variaciones fisico-químicas y biológicas de las aguas residuales así como a las condiciones de operación y ambientales proporcionadas al sistema de tratamiento. Los microorganismos presentes son: bacterias, hongos, algas, protozoarios y rotíferos. Dentro de estos grupos, las bacterias heterotróficas consumen la materia orgánica soluble. Un grupo que destaca por su importancia son los protozoarios, tales como los ciliados y los flagelados, los cuales son responsables de llevar a cabo la estabilización del

sistema. (Curds, 1970; Madoni, 1991). La mayoría de los protozoarios son heterótrofos aerobios, aunque algunos pocos son anaerobios, éstos suelen consumir bacterias como fuente de energía; así, la importancia de los protozoos en los procesos de purificación, radica en su capacidad de consumir una gran cantidad de bacterias y partículas orgánicas presentes en cada paso de los sistemas de tratamiento. (Curds, 1982; Madoni, 1994).

Por lo tanto, el análisis rutinario de las micropoblaciones utilizado como un indicador del funcionamiento en plantas de lodos activados esta siendo más y más común. Este análisis proporciona información rápida y útil de la actividad biológica del lodo, basándose en la estructura de la comunidad de los microorganismos presentes. Estas comunidades de microorganismos son también útiles para indicar cambios en el funcionamiento específico de las plantas de lodos activados (Al-Shahwani y Horan, 1991; Esteban, 1991), sin embargo, no pueden ser necesariamente aplicados directamente a otras plantas similares, por el contrario, otros métodos basados en el análisis microscópico (índices saprobios) pueden ser aplicados a cualquier planta estimando ambos la calidad del efluente (Curds y Cockburn, 1970) y el funcionamiento de la planta (Drakides, 1978; Madoni, 1981).

◊ Tratamiento Biológico.

De los procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales, el conocido como lodos activados es el más ampliamente usado, teniendo como objeto fundamental la remoción de la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales y es considerado como un proceso verdaderamente acuático, donde el agua residual y los microorganismos son aireados en un tanque durante varias horas. , proceso que puede representarse mediante la siguiente reacción:



Los organismos crecen formando flóculos o lodo activado, el cuales pueden ser fácilmente separado del efluente en un tanque de sedimentación y ser recirculado o regresado al tanque de aireación. De tal modo, que las poblaciones microbianas que se desarrollen serán consecuencia en primera instancia, de las características físico-químicas del agua residual, y en segundo lugar del tipo de tratamiento y sus condiciones de operación. El exceso de sólidos producidos en este proceso puede y deberá ser tratado en un digestor, bien sea aerobio o anaerobio

ANTECEDENTES

La clasificación de los organismos saprobios, fue introducida primeramente por Kolkwitz & Marsson (1908-1909), cuando notaron que ciertas especies diferentes de microorganismos estaban presentes en distintas partes de un río con cierto grado de contaminación orgánica. Ellos clasificaron los ríos o sección de éstos dentro de cuatro categorías de acuerdo a su grado de contaminación; un río o parte de río polisaprobio es aquel que esta altamente contaminado, entonces un río oligosaprobio es aquel que presenta un pequeño grado de contaminación. Entre estos dos extremos se ubica la condición mesosaprobia, la cual es subdividida en dos categorías, las condiciones α y β mesosaprobia, el primero siendo más contaminado que el segundo. Más tarde otros autores clasifican ciertas especies por zonas o grados de contaminación bajo las cuales normalmente son encontradas. (Curds 1970).

Desde las primeras instalaciones de plantas de lodos activados a gran escala en 1922, se ha notado que los protozoarios son potencialmente indicadores de la eficiencia y funcionamiento del proceso. Así de este modo, en 1928, Arderen y Lockett describieron comunidades de protozoarios las cuales pudieron ser vistas en cuatro categorías de eficiencia en las plantas de lodos activados. Desde ese entonces, las asociaciones entre el funcionamiento de plantas y comunidades protozoicas han sido descritas con intervalos regulares. Estas han culminado en el estudio de Curds y Cockburn (1970), quienes condujeron hacia un comprensivo estudio de las poblaciones protozoarias de 56 plantas de lodos activados, sus datos fueron utilizados para producir un sistema claro el cual facilitaría la predicción de promedios mensuales del efluente en base a la DBO_5 , fundamentado en la identificación de especies de protozoarios ciliados presentes en licor mezclado del reactor (Al-Shahwani y Horan 1991).

La vida en plantas de lodos activados esta representada por bacterias Gram-negativas principalmente las especies del género *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacilos*, *Alcaligenes*, y *Micrococos*, así como ciertas bacterias filamentosas asociadas a los llamados "bulkings" (bacterias de naturaleza filamentosa que permanecen constantemente en suspensión dentro del sistema y que impiden la clarificación del efluente), hongos, algas rotíferos nemátodos y protozoarios ciliados y flagelados (Curds, 1982, Gray, 1992).

Las investigaciones microscópicas realizadas en sistemas de tratamiento biológico de las aguas residuales, tanto industriales como municipales, han resultado en la identificación de algunos grupos de microorganismos (protozoarios), de los cuales su crecimiento y presencia dependen como ya se mencionó; del origen de las aguas residuales, así como de las condiciones de operación para finalmente obtener una cierta calidad del efluente en el proceso de tratamiento (Curds, 1970; Al-Sahawani, 1991; Lugo, 1991; Gray, 1992; Madoni, 1994).

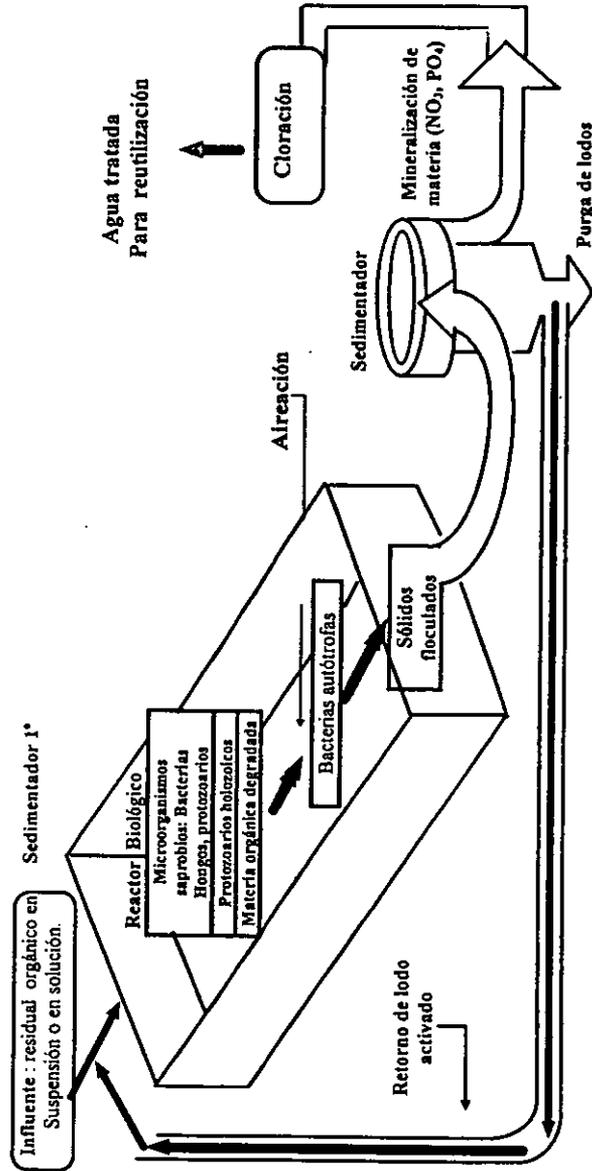
Entonces se puede decir, que el proceso de lodos activados es un verdadero proceso acuático donde las aguas y los microorganismos son aireados juntos en un tanque durante varias horas. Esta continua acción de mezclado es importante porque no solo garantiza una adecuada alimentación, sino también un gradiente máximo en la concentración de oxígeno aumentando con esto la transferencia de masa, y ayuda a dispersar los productos metabólicos a partir del interior del floculo (Curds, 1982; Madoni, 1991; Ramalho, 1992; Kerri, 1993).

◊ **Dinámica de lodos activados.**

El proceso se realiza con ayuda de una densa población microbiana, siendo mezclada con el agua residual bajo condiciones aerobias. Con una carga orgánica como alimento y oxígeno, los valores de crecimiento microbiano son extremadamente altos y la respiración puede llevarse a cabo, dando como resultando la utilización de la materia orgánica presente (como productos de oxidación, CO_2 , NO_3 , SO_4 , PO_4), o en la biosíntesis de nuevos microorganismos. La purificación ocurre a partir de un número sucesivo de pasos, pero como la masa microbiana es mezclada con el agua residual dentro de un simple reactor (tanque de aireación), los pasos individuales no son ajenos uno de otro, pero se suceden simultáneamente lo cual queda representado en la figura 1 (Gray, 1992).

FIGURA 1

PROCESO DE TRANSFERENCIA DE MASA EN LODOS ACTIVADOS,
DIAGRAMA DE LA PLANTA "AGUAS SAN JUAN S. U."

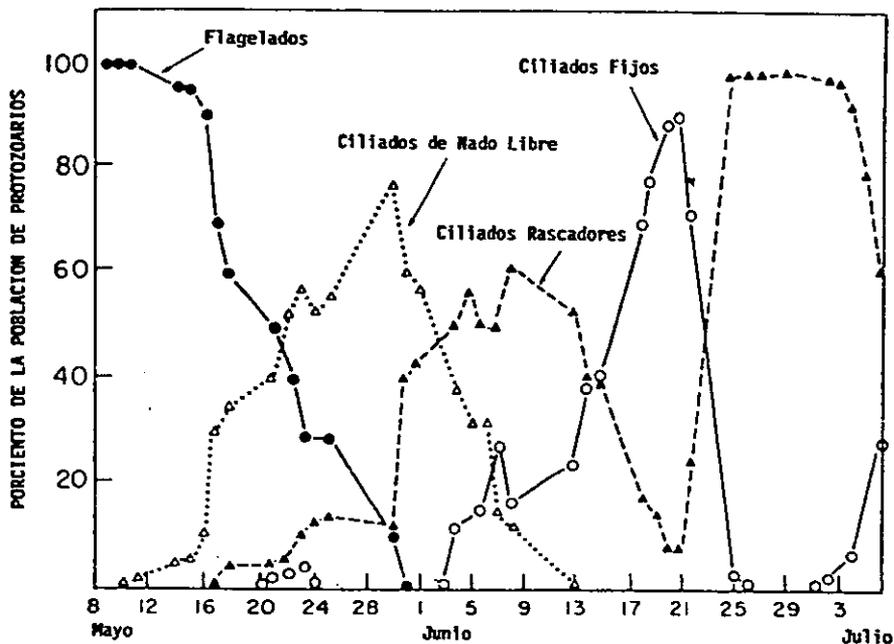


En el proceso de lodos activados existe una marcada zona temporal o sucesión de tipos de protozoarios, que se presentan durante el desarrollo natural del lodo. Varias de las primeras publicaciones sugieren que estos pueden ser una sucesión distinta durante el establecimiento de un lodo activado. Los protozoarios flagelados son típicamente el primer grupo dominante y ellos son después reemplazados por ciliados nadadores libres. Los más recientes son después reemplazados por rascadores hipotricos tales como *Aspidisca spp.* Finalmente llegan a establecerse los ciliados anclados peritricos. En ocasiones una relación inversa de peritricos e hipotricos se han notado a gran escala y a escala de planta piloto (Curds 1968).

La gráfica 1 muestra una sucesión de especies la cual se presenta como un modelo similar en todas las plantas de lodo activado, con el licor mezclado maduro, inicialmente maduran los flagelados seguidos por los ciliados nadadores libres, ciliados rascadores y ciliados fijos o anclados. (Agersborg y Hatfield, 1929; Horosawa, 1950; McKinney y Gram, 1956; Curds 1966).

GRÁFICA 1

Sucesión de poblaciones de protozoarios en las plantas de lodos activados



Ambos, ciliados rascadores y fijos están estrechamente asociados con el flóculo, y en ocasiones estabilizan sus densas poblaciones las cuales son mantenidas por la recirculación del tanque sedimentador. Una vez maduro el licor mezclado, las especies de peritricos y rascadores son inversamente relacionados. Como el licor mezclado madura y la población de protozoarios madura, la calidad del efluente gradualmente mejora relacionados (Brown, 1965; Curds, 1966).

Por lo tanto se dice, que un licor mezclado nuevo o una planta que tiene una pobre condición producirá una calidad inferior del efluente, debido a la presencia de poblaciones principalmente compuesta por flagelados y rizopodos, con pocos ciliados presentes. En contraste con una población satisfactoria en el licor mezclado se podrá obtener una razonable calidad del efluente conteniendo principalmente ciliados con pocos flagelados y amebas. Los ciliados son las especies dominantes, tales como *Chilodonella spp.*, *Colpoda spp.*, *Colpidium spp.*, *Aspidisca spp.*, y ciertos *Carchesium spp.*, y *Vorticella spp.* (Gray, 1992).

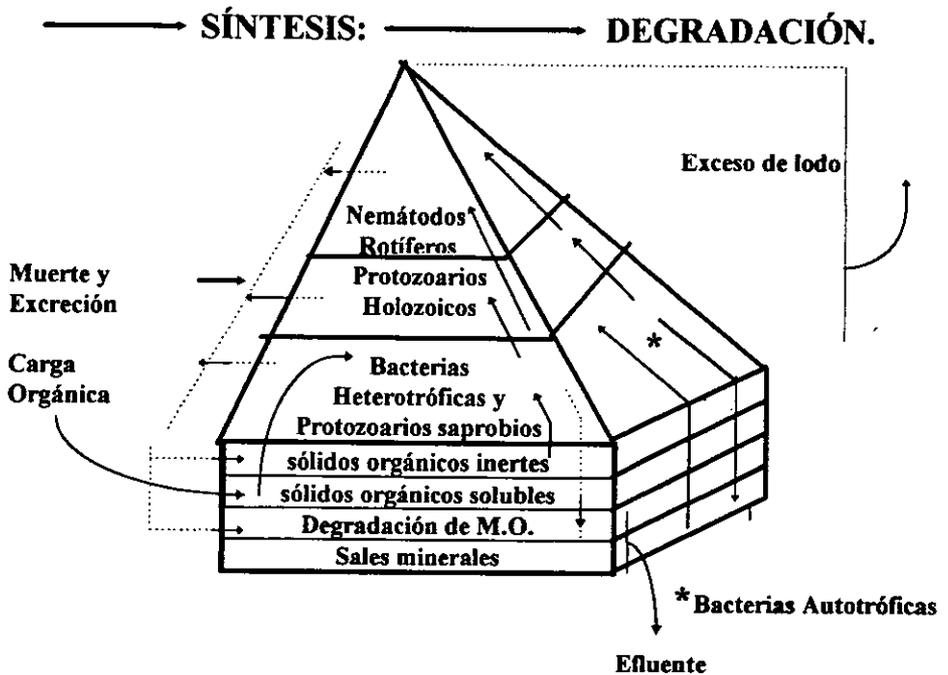
Inicialmente la nutrición fue considerada el factor más importante en determinar la sucesión poblacional de los microorganismos, sin embargo, Curds simulo en una computadora digital sucesiones similares a aquellas descritas por simples consideraciones teóricas de cinética de crecimiento, nutrición y particularmente más en el marco de propiedades de los organismos. Durante el desarrollo y sucesión de las diferentes poblaciones microbianas de un lodo activado, la calidad del efluente mejora y éste es el enlace entre la calidad del efluente y las especies de protozoarios presentes. Por lo que este hecho ha sido el responsable de la sugerencia por los primeros autores al uso de protozoarios como indicadores de la calidad del efluente del lodo activado (Curds, 1982).

En todos los casos, la mayoría de los ciliados presentes en las plantas de tratamiento biológico se alimentan de poblaciones dispersas de bacterias. Algunos ciliados sin embargo son predadores de otros ciliados, otros se alimentan de una variedad de organismos incluyendo pequeños ciliados, flagelados y bacterias dispersas (Madoni 1991).

FIGURA 2

PIRÁMIDE DE LAS RELACIONES ALIMENTICIAS EN LOS PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS

(Hawkes 1983).



Por tanto, a quedado demostrado que los protozoarios ciliados mejoran la calidad del efluente porque se involucran en la remoción de la biomasa bacteriana en una continua depredación de la mayor parte de las bacterias dispersas en licor mezclado. Por el contrario, en ausencia de protozoarios ciliados el efluente del sistema tendrá una elevada DBO, y una alta turbiedad debido a la presencia de muchas bacterias dispersas (Curds, 1970).

Sobre los Índices Saprobios

Muchos de los protozoarios encontrados en ríos contaminados también se encuentran en los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales. La presencia de tales microorganismos puede ser un índice del funcionamiento de dichos sistemas, resaltando la existencia de cuatro especies comunes a ambos procesos, lodos activados y filtros percoladores: *Carchesium polypinum*, *Vorticella convallaria*, *Opercularia coarctata* y *Aspidisca cicada*. También, se han podido identificar 218 especies de protozoarios en filtros percoladores y hasta 228 especies en lodos activados. Algunos estudios de Curds sugieren que puede existir una correlación entre la estructura de las especies de un lodo activado y la calidad del efluente. Para probar su hipótesis, dividió en cuatro categorías los efluentes de las plantas investigadas de acuerdo a su demanda bioquímica de oxígeno, otorgando la más alta calidad al rango entre 0 y 10 mg/l; una alta calidad entre 11 y 20 mg/l; una menor calidad entre 21 y 30 mg/l; y una baja calidad, sobre los 30 mg/l. Inicialmente, la frecuencia de cada una de las especies presentes en las plantas fue calculado en porcentajes dentro de cada una de las cuatro categorías de efluente liberado según se muestra en la tabla I (Curds, 1982).

TABLA I

Porcentaje de presencia y frecuencia de algunos protozoarios y su clasificación asociada a efluente dentro de cuatro rangos de DBO.

Rango de DBO mg/l	Frecuencia de Presencia (%) ^a			
	0 - 10	11 - 20	21 - 30	730
<i>Vorticella convallaria</i>	63 (3)	73 (4)	37 (2)	22 (1)
<i>Vorticella fromenteli</i>	38 (5)	33 (4)	12 (1)	0 (0)
<i>Carchesium polypinum</i>	19 (3)	47 (5)	12 (2)	0 (0)
<i>Aspidisca cicada</i>	75 (3)	80 (3)	50 (2)	56 (2)
<i>Euplotes patella</i>	38 (4)	25 (3)	24 (3)	0 (0)
<i>Protozoarios Flagelados</i>	0 (0)	0 (0)	37 (4)	45 (6)

^a El paréntesis indica asociación y clasificación adjudicada Curds (1982).

Muchas especies están asociadas con todas las categorías de efluentes, pero éstas han sido una tendencia para la consideración de especies presentes con mayor frecuencia en plantas que liberan efluentes dentro de una categoría particular como se presenta en la tabla anterior. Ésta indica que las especies de protozoarios encontrados dentro del licor mezclado están de algún modo asociadas con la calidad del efluente, dado que *Carchesium polypinum*, fue encontrada principalmente en plantas que producen buena calidad de efluentes, considerando que a los protozoarios flagelados fueron restringidos a plantas que producen efluentes de inferior calidad.

Un total de 10 puntos fueron arbitrariamente adjudicados a cada una de las especies, y estos puntos fueron distribuidos entre las cuatro categorías de los efluentes, así que el número máximo de puntos fueron dados a la categoría de efluentes con el cual algunas especies fueron más frecuentemente asociadas. El método mostró ser el 85% correcto sobre los datos originales y el 83% correcto cuando se examinaron 34 sitios. Las relaciones aparentes entre la estructura de las especies de un lodo activado y la calidad del efluente tienen algún valor parcial por lo que no reemplaza la prueba de la DBO₅, ya que el método, señala Curds que no pretende predecir la DBO del efluente, pero si debe considerarse como una vía de evaluación de la eficiencia del lodo activado y la probable categoría general del efluente (Curds 1982).

Según Al-Shahwani (1991), dentro de las limitaciones del esquema que presenta Curds, destaca el que sólo provee información sobre los valores promedio mensuales del efluente respecto de la DBO, y que ello requiere de la identificación de 34 diferentes especies de protozoarios ciliados. A pesar de las obvias ventajas de economía y rapidez que una técnica de monitoreo de poblaciones protozoarias se ofrece como una ayuda en la operación diaria de la planta, ello tiene pequeños inconvenientes respecto al sitio de la planta donde los protozoarios regularmente se monitorean, las razones principales de esto han sido resumidas por Kinner y Curds (1987). "Todas las estrategias de indicadores sufren de un dilema común: la simplificación de la compleja taxonomía requerida para identificar protozoarios hacia un mismo uso en la operación de las plantas de tratamiento de agua residuales dejando perder la importancia de distinguir entre género y especie".

Por otra parte, según Al-Shahwani este método carece de datos asociados a los cambios en la comunidad protozoaria con los cambios en las condiciones de operación, en particular la edad del lodo, la carga orgánica y la relación

alimento microorganismos (F/M), así como el ciclo presa depredador y la composición del influente.

Lo anteriormente presentado, fue la razón del estudio hecho por Al-Shahwani y Horan (1991) respecto a las relaciones entre las especies de protozoarios presentes en el licor mezclado del lodo activado, con el funcionamiento y las condiciones de operación prevalescentes. Esperando con ello obtener un nuevo método de predicción de las condiciones de operación y el funcionamiento del proceso de lodos activados, basándose en la necesidad requerida por los operadores de plantas. Al-Shahwani, llevó a cabo sus estudios en dos plantas ambas con el proceso de lodos activados, una de ellas tratando agua residual de origen doméstico y la otra de origen industrial, tomando sus muestras tanto del licor mezclado como del efluente de cada una de ellas. Los grupos principales de microorganismos que observaron fueron, ciliados, flagelados y amibas. Los rotíferos y nemátodos fueron raramente observados. La evaluación de Al-Shahwani, según su propio criterio fue subjetiva registrando solo aquellas especies observadas con una densidad mayor a 101/ml. Para Al-Shahwani la subespecie peritrica es la más importante en el proceso de lodos activados, reportando que 14 de las 29 especies de ciliados fueron peritricos. Al asignar a cada una de las especies un coeficiente de correlación respecto a la calidad del efluente en términos de los sólidos suspendidos y la DBO, estableciendo especies indicadoras diferentes para cada tipo de agua residual (doméstica e industrial) según se muestra en la tabla II.

En vista del gran número de protozoarios los cuales fueron incluidos en el análisis original, éstos se redujeron a sólo 20 especies predictoras. El primer paso en su método fue encontrar el coeficiente de correlación para cada una de las especies de protozoario, con respecto a la operación de la planta y la calidad del efluente en términos de los sólidos suspendidos y la DBO del efluente con lo cual quedan seleccionadas y en una lista de 20 especies predictoras. Estos coeficientes de regresión se usan para formular la ecuación de regresión para lo cual, se requiere de los parámetros de operación de la planta. Por lo tanto para determinar la DBO de la ecuación de regresión se presenta el siguiente ejemplo,

$$DBO = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 +$$

Donde x es el número registrado de un protozoario particular y a es el coeficiente de regresión dado.

Con el uso de esta técnica de predicción con un número reducido de especies predictoras, se obtuvo un coeficiente de correlación del 84% para plantas que tratan agua residual doméstica y 57% para plantas que tratan agua residual de origen industrial (Al Shahwani y Horan 1991).

TABLA II

Coefficientes de regresión múltiple de los reducidos predictores, contra la DBO del effluente de dos tipos de aguas residuales tratadas

Protozoarios	Coeficiente de regresión	
	ART-D	ART-I
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	-0.000440	-0.000070
<i>Litonotus fasciola</i>	0.001659	-0.003500
<i>Chilodonella cucullulus</i>	-0.002730	-0.000640
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	-0.001000	0.000536
<i>Aspidisca costata</i>	0.000772	0.000200
<i>Euplotes moebiusi</i>	-0.000020	-0.000070
<i>Vorticella convallaria</i>	-0.000010	-0.000050
<i>Vorticella microstoma</i>	0.000480	-0.000242
<i>Vorticella alba</i>	-0.000110	-0.002680
<i>Vorticella fromenteli</i>	-0.000120	-0.001260
<i>Vorticella striata var. octava</i>	-0.001230	0.000583
<i>Vorticella nebulifera var. similis</i>	-0.000970	-0.000430
<i>Vorticella campanula</i>	0.000811	—
<i>Vorticella elongata</i>	-0.001870	—
<i>Vorticella communis</i>	0.000051	—
<i>Carchesium polypinum</i>	-0.000170	-0.00032
<i>Opercularia coarctata</i>	0.000619	-0.00007
<i>Epistylis rotans</i>	-0.000660	-0.00270
<i>Epistylis plicatilis</i>	-0.000030	0.002435
<i>Aspidisca lynceus</i>	—	0.002738
<i>Colpidium colpoda</i>	—	0.004420
<i>Vorticella aequilata</i>	—	0.000095
Protozoarios flagelados	0.000114	0.000119

ART = Agua Residual Tratada; I = Industrial; D = Doméstica. Al-Shahwani y Horan (1991)

Por otra parte, Madoni en 1994, propone un nuevo esquema llamado "Índice Biótico de Lodo" (SBI), dicho esquema se basa en la asociación microbiana del licor mezclado en los procesos de lodos activados. Este método según Madoni define la calidad biológica del lodo usando valores numéricos del índice biótico de 0 a 10 y valores agrupados dentro de cuatro calidades. El método se basa en dos principios. Primero, los grupos claves dominantes de las asociaciones microbianas cambian en relación al medio ambiente y a las condiciones de operación de la planta destacando que los protozoarios flagelados y los ciliados *Vorticella microstoma* y *Opercularia sp.* tienen una influencia negativa en el valor del índice. El segundo, es que el número de especies morfológicas es reducido.

Madoni resalta que la ventaja de este método sobre otros esquemas es el que este proporciona valores numéricos los cuales permiten al operador monitorear las condiciones diarias de operación. La investigación fue realizada en cuarenta y cuatro plantas incluyendo lagunas de oxidación, y se obtuvieron los coeficientes de correlación de nueve grupos de microorganismos y seis parámetros físico-químicos de operación, dividiendo estos en grupos claves positivos y negativos. Los grupos claves positivos son ciliados nadadores y fijos y las amibas testadas, los grupos claves negativos son pequeños flagelados, ciliados nadadores bacterívoros y los ciliados peritricos *Vorticella microstoma* y *Opercularia sp.* Además considera que la densidad y diversidad de las poblaciones microbianas están altamente correlacionadas con el funcionamiento de la planta. Por lo tanto, el método del SBI está basado en la sensibilidad mostrada por algunos grupos clave a los principales parámetros físico-químicos y de operación, y sobre la abundancia y diversidad de la microfauna.

El SBI considera también los siguientes puntos:

- a) Las especies abundantes tienden a cambiar con la carga del lodo. Un gran número de especies han sido observadas entre los rangos de carga orgánica de 0.2 a 0.3 K DBO/K SSLM-d (Curds y Cockburn, 1970).
- b) La densidad de la microfauna disminuye con la carga del lodo, disminuye el N removido en el tanque de aireación y una menor abundancia de la microfauna se espera en las plantas convencionales.

El índice es atribuido a la actividad de lodo bajo la prueba de la tabla III del SBI. En ella aparecen enlistados los grupos claves dominantes y la densidad de microfauna que define la línea horizontal de entrada en dicha tabla, de la parte superior hacia abajo indica una menor calidad biológica del lodo. En la fila de títulos se presentan cuatro rangos >10, 8-10, 5-7 y <5 en los cuales se registra el número total de unidades taxonómicas que constituyen la microfauna del lodo activado y el número de pequeños flagelados (F) contados diagonalmente a lo largo de la cámara de Fuchs-Rosenthal.

TABLA III

Dos - vías para determinar el Índice Biótico del Lodo (SBI) en base a grupos claves, densidad y número de unidades taxonómicas de la microfauna.

Grupo dominante y densidad de la microfauna que define la línea horizontal de entrada en la tabla.		Número total de unidades taxonómicas que constituye la microfauna del lodo activado y número de pequeños flagelados (F) contados diagonalmente a lo largo de la cámara de Fuchs-Rosenthal.							
Grupos - claves dominantes	Densidad (ind./l)	> 10		8 - 10		5 - 7		< 5	
		F<10	10<F<100	F<10	10<F<100	F<10	10<F<100	F<10	10<F<100
Crawlin + sésiles*	$\geq 10^6$	10	8	9	7	8	6	7	5
Ciliados y/o amibas testadas	$< 10^6$	9	7	8	6	7	5	6	4
Sésiles ciliados* >80%	$\geq 10^6$	9	7	8	6	7	6	6	4
	$< 10^6$	8	6	7	5	6	4	5	3
<i>Opercularia spp</i>	$\geq 10^6$	7	5	6	4	5	3	4	2
	$< 10^6$	6	4	5	3	4	2	3	1
<i>Vorticella microstoma</i>	$\geq 10^6$	6	4	5	3	4	2	3	1
	$< 10^6$	5	3	4	2	3	1	2	0
Ciliados nadadores bacterívoros	$\geq 10^6$	5	3	4	2	3	1	2	0
	$< 10^6$	4	2	3	1	2	0	1	0
Pequeños-nadadores flagelados (> 100)≈	$\geq 10^6$		4		3		2		1
	$< 10^6$		3		2		1		0

* *Opercularia spp* y *Vorticella microstoma* no son abundantes.

≈ Diagonalmente a lo largo de la cámara de Fuchs-Rosenthal (Madoni, 1994).

Una vez obtenido el valor del SBI se coteja en la tabla de conversión del SBI que esta representado en cuatro clases de calidades y su respectivo dictamen, dicha tabla se presenta como sigue.

TABLA IV

Conversión de valores del SBI dentro de cuatro clases de calidades y su respectivo dictamen

Valor del SBI	Clase	Dictamen
8 - 10	I	Muy buena colonización y estabilidad del lodo, excelente actividad biológica; muy buen funcionamiento.
6 - 7	II	Bien colonizado y lodo estable, decrece la actividad biológica.
4 - 5	III	Depuración biológica insuficiente en el tanque de aireación, con un mediocre funcionamiento.
0 - 3	IV	Pobre depuración biológica en el tanque de aireación, con un bajo funcionamiento.

Madoni, (1994).

Por otra parte Madoni, refiere que: “biológicamente, las plantas de tratamiento de lodos activados pueden ser consideradas como ecosistemas *hechos por el hombre* sujetos a condiciones extremas”. Señala que se han encontrado casi 230 especies de protozoarios: de los cuales, 33 son flagelados, 25 rizópodos, 6 actinópodos, y 160 ciliados, y que los conteos indican que los protozoarios integran aproximadamente el 5% del peso seco de los sólidos suspendidos del licor mezclado. Respecto a los ciliados, enuncia que comúnmente se encuentran en densidades de casi 10,000 células /ml de lodo activado (Madoni, 1991).

◊ Reseña sobre el Índice Saprobio de Pantle y Buck

En los trabajos relacionados con las poblaciones microbianas en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales. Usualmente, muchos organismos indicadores (a menudo > 40 especies) de varios grupos microbianos (protistas heterotróficos, macro-invertebrados, etc.) y plantas (bacterias, protistas autotróficos) son usados para examinar la calidad del agua. Estos microorganismos pueden ser determinados, como la clasificación saprobio de especies individuales. Así, muchos "índices bióticos" han sido sugeridos para reducir las complejas comunidades de organismos a simples medidas cuantitativas. Razón por la cual se eligió el *Índice Saprobio de Pantle y Buck*, siendo éste uno de los más usados en Europa y considerado como un excelente instrumento para determinar la calidad del curso del agua.

La clasificación más usada de los esquemas, distingue cuatro zonas de contaminación utilizando parámetros específicos químicos y biológicos. (Foissner, 1994)

1) ***Polisaprobio.***

3.5 \geq 4.0

Una zona de gran contaminación con materia orgánica, muy poco o casi nada de oxígeno disuelto. Pocas especies, especialmente bacterias y protistas heterotróficos se encuentran en altos números individuales.

2) ***Alfa-mesosaprobio.***

2.5 - 3.5

Una zona donde está presente poco oxígeno, y comienza la mineralización. Más especies están presentes que en la zona polisaprobio. Bacterias y protistas todavía dominan.

3) ***Beta-mesosaprobio.***

1.5 - 2.5

Una zona donde la descomposición de productos se aproxima a la mineralización y el déficit del oxígeno es pequeño. Una gran variedad de protistas, plantas y animales presentes en número considerable.

4) ***Oligosaprobio.***

1.0 - 1.5

La mineralización de la materia orgánica esta completa, el agua se encuentra saturada de oxígeno. Una gran variedad de plantas y animales se presentan con bajo número de individuos. Los protistas son raros en esta zona.

La Planta Aguas San Juan, se encuentra ubicada en Av. la Presa No. 1, Fraccionamiento Industrial La Presa, Col. San Juan Ixhuatepec, en el Municipio de Tlalnepantla, Estado de México. Aguas San Juan, cuenta con un sistema de tratamiento de lodos activados y dentro del cual incluye la cloración con gas como parte final del tratamiento. La capacidad de la planta para el tratamiento es de 140 m³/día, sin embargo, actualmente opera con un volumen promedio de 74 m³/día (50%). Dicha planta destaca por dos principales razones, a saber:

a) Tratar el agua residual, mediante un proceso de Lodos Activados, la cual es captada del Río de los Remedios, en cuyo effluente se mezclan las aguas residuales de fuentes industriales y la red municipal, que la aportan a lo largo de su cauce. Dada la complejidad de las sustancias y compuestos formados en sus aguas, esta pareciera ya no ser utilizable para fines industriales y seguramente peligrosa para alguna actividad del orden agrícola, pecuario, o incluso recreativa.

b) Los grandes volúmenes de agua que son captados de este río, son tratados y se les suministra a cada socio mediante una red de bombeo hasta su empresa, donde son reutilizadas en las diferentes etapas de las actividades fabriles de los usuarios, no sin antes dar un tratamiento específico de acuerdo a la actividad a que se destine.

Estas dos características, son la razón principal por las cuales este tipo de agua es tratada, bajo un régimen que involucra un tren de tratamiento con el cual se obtienen porcentajes de hasta un 90-95% de remoción de los contaminantes presentes, principalmente aquellos de origen orgánico. Para alcanzar una calidad tal que permite su reutilización o bien descargarla al drenaje o algún cuerpo receptor sin alterar las condiciones prevalescentes y cumpliendo con la normatividad existente.

Es oportuno destacar, que dentro del control y funcionamiento de los sistemas biológicos de depuración del agua, son muy pocas las empresas que utilizan técnicas microscópicas para el control y operación de sus sistemas, aún cuando es sabido que el proceso se basa en el crecimiento de éstos. Todo ello derivado de un posible desconocimiento tanto de las técnicas, como de las ventajas económicas y de tiempo con que se obtienen resultados sobre el estado actual del propio sistema.

OBJETIVO.

GENERAL:

Conocer las relaciones que pueden existir, entre la asociación de protozoarios (ciliados y flagelados), con respecto a las condiciones de operación, y la calidad del efluente de un sistema biológico de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales provenientes del río de los Remedios.

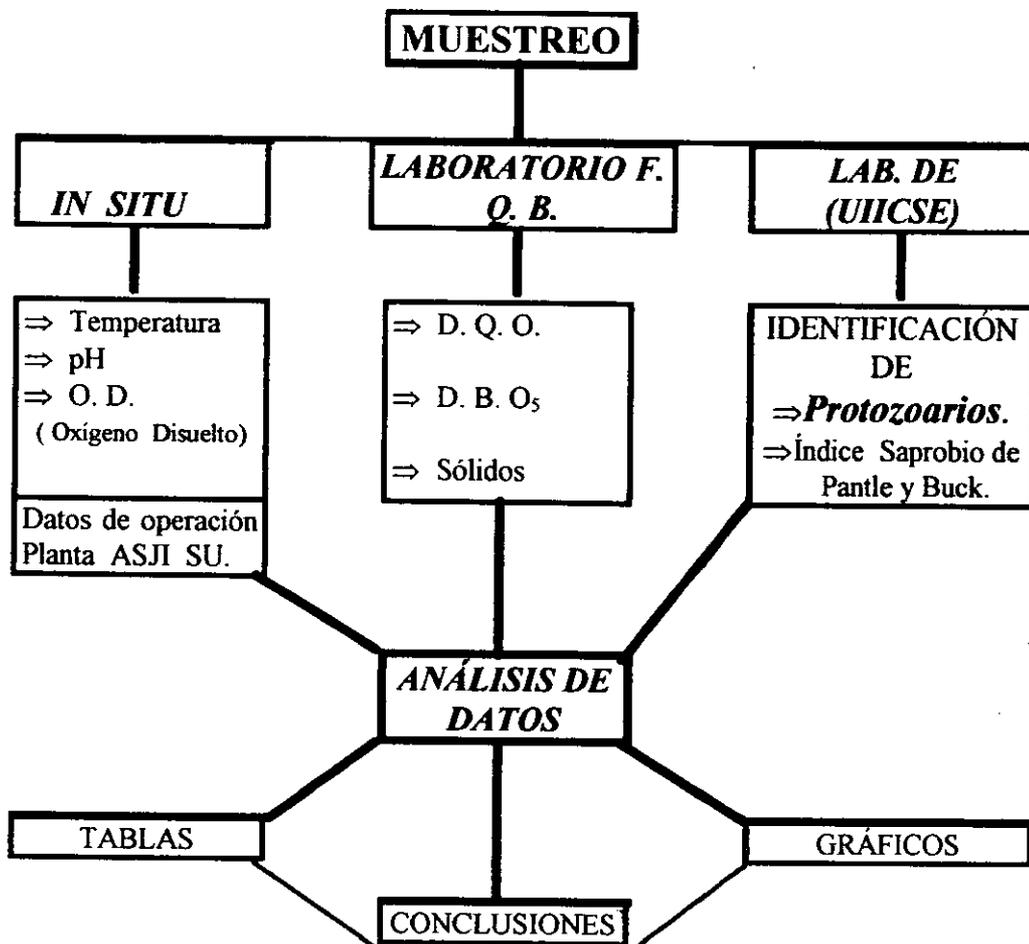
PARTICULARES :

- a) Identificar en el licor mezclado las poblaciones de protozoarios (ciliados y flagelados) característicos de la planta de tratamiento de la empresa "Aguas San Juan Ixhuatepec, S. U."
- b) A partir de la identificación de los protozoarios presentes en el licor mezclado de la planta, y la aplicación del Índice Saprobio de Pantle y Buck (ISPB), los resultados se podrán comparar con los obtenidos de los análisis físicos y químicos con lo cual se podrá conocer y en su caso evaluar la calidad del efluente tratado.
- c) Relacionar la población protozoaria identificada de acuerdo al esquema aplicado, con las condiciones de operación de la Planta ASJI.

METODOLOGÍA

Diagrama de bloques:

El siguiente diagrama muestra en forma general la secuencia de cada uno de los trabajos, así como el lugar de su realización, como es el caso de los análisis físicos y químicos, el monitoreo microscópico y hasta la conclusión del mismo.



El trabajo de campo fue realizado dentro de las instalaciones de la Planta Aguas San Juan Ixhuatepec, S. U.

Para llevar a cabo los trabajos, se contó con el permiso de la gerencia de la planta para efectuar los muestreos dentro de sus instalaciones, los días jueves de cada semana, así como la de proporcionar el apoyo requerido para la consulta de la operación de su sistema de tratamiento.

Parámetros de operación:

⇒ Tiempo de Residencia Hidráulica	(TRH)
⇒ Tiempo de Retención Celular	(TRC)
⇒ Gasto del Influyente	(Gf)
⇒ Recirculación	%
⇒ Purga de los lodos	m ³ /día.

Así mismo, se contó con las instalaciones del Laboratorio de la Planta Piloto para el tratamiento de aguas residuales para la realización de los análisis de DBO₅. Los parámetros físico-químicos requeridos fueron proporcionados por la empresa ASJI.

La siguiente tabla muestra la Norma aplicada en cada parámetro así como el lugar del muestreo y el volumen de la muestra.

TABLA VI

"Criterios de Evaluación"

NORMA	PARÁMETRO	ORIGEN DE LA MUESTRA			VOLUMEN DE MUESTRA / l
		I	R	E	
<i>NMX-AA-03-1980</i>	<i>MUESTREO</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>1</i>
<i>NMX-AA-07-1881</i>	<i>TEMPERATURA</i>	-	<i>R</i>	-	<i>1</i>
<i>NMX-AA-08-1980</i>	<i>pH</i>	-	<i>R</i>	-	<i>1</i>
<i>NMX-AA-28-1981</i>	<i>D.B.O.₅</i>	<i>I</i>	-	<i>E</i>	<i>1</i>
<i>NMX-AA-28-1981</i>	<i>O.D.</i>	-	<i>R</i>	-	<i>1</i>
<i>NMX-AA-30-1981</i>	<i>D.Q.O.</i>	<i>I</i>	-	<i>E</i>	<i>1</i>
<i>NMX-AA-34-1981</i>	<i>SÓLIDOS</i>	-	<i>R</i>	-	<i>1</i>
	<i>MICROSCÓPICOS</i>	-	<i>R</i>	-	<i>1</i>

I: INFLUENTE
(Clarificador 1°.)

R: REACTOR
(Reactor Biológico)

E: EFLUENTE
(Clarificador 2°.)

Método de identificación:

Para la observación de las muestras se tomó como base el método de la Gota de Lackey (APHA, AWWA, 1991) aunque es para recuento de plancton, en este caso se utilizó para el conteo de protozoarios. Las claves para su identificación se tomaron de la obra de Curds, C. R. (1969), y en lo posible se pudo consultar la obra de Foissner (1992) y Lee, et al. (1985), para el caso de los ciliados. Para los flagelados se consideraron las claves de Calaway y Lackey (1962). Para dar el valor del índice saprobio a cada especie se utilizó la obra de Sladeczek, et al. (1981).

Para la identificación de protozoarios (ciliados y flagelados), se pudo contar con los laboratorios de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación (UIICSE) en la ENEP Iztacala, UNAM.

Atendiendo a lo señalado en la Norma Oficial NOM-CCA-ECOL-031/1996 (hoy NOM-CCA-001/1997), se consideraron los criterios en ella establecidos, dando paso al muestreo y los análisis.

Consideraciones Generales:

Los muestreos para la obtención de *muestras simples*, se llevaron a cabo la mayoría de las veces por el personal de la planta ASJI, una vez por semana; dadas las facilidades que la operación de la planta-empresa lo permitió, otras veces se efectuaron en forma personal cuando las operaciones normales de la empresa lo permitieron. El periodo de muestreo quedó comprendido entre julio de 1996 a mayo de 1997. Es oportuno considerar que el efluente del sistema es considerado en la salida del tanque de cloración que precede al clarificador secundario.

Los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto se realizaron en el laboratorio de la misma empresa, así como las pruebas de sólidos y demanda química de oxígeno. Por otra parte, las pruebas de la demanda bioquímica de oxígeno se efectuaron en el laboratorio de la Planta Piloto, las muestras se preservaron en refrigeración a 4°C según lo establece la Norma para su evaluación al día siguiente.

Para realizar las observaciones e identificación de los protozoarios (Ciliados y Flagelados) del licor mezclado, las muestras se trasladaron en forma inmediata a las instalaciones de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria (UIICSE), en la ENEP IZTACALA, en el Laboratorio de Ecología Acuática.

Se utilizó un microscopio de Contraste de Fases Zeiss y un Fotomicroscopio Zeiss modelo III.

El punto del muestreo fue en el centro del reactor, a una profundidad aproximada de 2 metros. El volumen del licor mezclado utilizado para el análisis microscópico fue de 0.5 ml aproximadamente, en un total de 12 observaciones (0.04 ml en cada una, con la ayuda de una pipeta pasteur), con un tiempo en promedio de duración de 3 horas, considerando el área total del cubreobjetos.

Finalmente, para la aplicación del ISPB se consideró al número de individuos por especie encontrados en el total de la muestra como sigue:

- a) De 10 y hasta 50 individuos;.....pocos = 1
- b) De 51 y hasta 100 individuos;.....muchos = 3
- c) De 101 y más;.....abundantes = 5

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tanto en campo como en el laboratorio, así como los del monitoreo microscópico de cada día de muestreo.

HOJAS DE RESULTADOS En tablas se muestran las condiciones de operación y los resultados fisico-químicos del agua. Estas incluyen los nombres de las especies, su valencia y su valor saprobio. Las observaciones se efectuaron en sesiones de 12 repeticiones de 0.04 ml cada una sumando un volumen total de 0.5 ml de muestra. Es oportuno aclarar que el monitoreo microscópico se efectuó con un intervalo de tiempo de 35 minutos entre el sitio de muestreo y su traslado al laboratorio de la UIICSE. También se muestran los % de remoción a partir de la DBO_5 y el resultado del ISPB.

TABLA VII En esta tabla se presenta un listado de todas las especies encontradas, señalando también su condición y valor saprobio.

TABLA VIII Se presentan los valores físicos, químicos y biológicos obtenidos.

TABLA IX Esta tabla contiene un resumen de los valores de DQO y la DBO_5 tanto del influente como del efluente y sus respectivos % de remoción así como el valor del ISPB obtenido para la misma muestra.

GRÁFICA 2 En este se muestra el gráfico resultado del análisis de correlación, entre el % de remoción de la DBO_5 contra el ISPB.

HOJA DE RESULTADOS. 1

FECHA : 4 de julio, 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	781,8	n/d	48,02
O. D. mg/l.	n/d	n/d	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	312,72	n/d	24,97
pH U. pH	n/d	7,7	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	506,33	n/d
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	n/d	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	422,8	n/d
T.R.H. hs.	n/d	7,68	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	n/d

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Vorticella corvallaria</i>	3	a	2.9	8.7
<i>Vorticella microstoma</i>	1	p - i	4.0	4.0
<i>Vorticella alba</i>	1	p - a	3.5	3.5
<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N \cdot Si) / \sum N$$

$$\sum (N \cdot Si) = 54.8$$

$$\sum N = 18.0$$

$$54.8 / 18.0 = 3.0 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	92.02 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : Se presenta un grupo dominante de bacterias filamentosas, *Bodo saltans* se observa activamente y su presencia es notable en toda la muestra. Se presentan tres especies con relativa frecuencia y cuatro más en número no mayor de quince individuos, en un total de 12 observaciones con un volumen aproximado de 0.04 ml.

HOJA DE RESULTADOS. 2

FECHA : 22 de agosto de 1996

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	1071.6	n/d	41.86	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
O. D. mg/l.	n/d	3.13	n/d	<i>Vorticella microstoma</i>	3	p - i	4.0	12.0
D. B. O. ₅ mg/l.	388.62	n/d	28.46	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
pH U. pH	n/d	8.3	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	3	a	2.9	8.7
S. S. T. mg/l.	n/d	1358.0	n/d	<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	n/d	n/d	<i>Chilodonella uncinata</i>	1	a	3.0	3.0
I. V. L. ml/g.	n/d	587.14	n/d					
T. R. H. hs.	n/d	6.97	n/d					
T. R. C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	639.23					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP\ B = \sum (N \cdot Si) / \sum N$$

$$\sum (N \cdot Si) = 59.9$$

$$\sum N = 19.0$$

$$59.9 / 19.0 = 3.15 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	92.68 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : Es notable el grado de azolve que se observa justamente a la entrada del sistema, se percibe un olor fuerte por detritus. En la muestra se aprecia una alta población filamentosa y se observa a *Bodo spp* como especie codominante y una presencia esporádica de amibas.

HOJA DE RESULTADOS. 3

FECHA : 29 de agosto de 19096.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	663.9	n/d	38.98
O. D. mg/l.	n/d	1.95	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	265.57	n/d	19.88
pH U. pH	n/d	8.3	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	948.83	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	690.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	600.07	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.53	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	317.82

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
<i>Bodo salians</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Vorticella alba</i>	3	p - a	3.5	10.5
<i>Trachelophylum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPb = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = 53.8$$

$$\sum N = 17.0$$

Eficiencia DBO ₅	92.51 %
-----------------------------	---------

$$53.8 / 17.0 = 3.16 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : Poca turbulencia en el Reactor, el efluente en apariencia es bueno (color amarillo paja). Un agitador se encuentra fuera de servicio desde hace tres días, dominan bacterias filamentosas, *Bodo spp*, especie dominante, seguido de tres ciliados. Están presentes rotíferos.

HOJA DE RESULTADOS. 4

FECHA : 12 de septiembre de 1996

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'a	S i	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	501.87	n/d	30.64	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
O. D. mg/l.	n/d	1.91	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
D. B. O. ₅ mg/l.	276.03	n/d	14.40	<i>Bodo caudatus</i>	3	p	3.7	11.1
pH U. pH	n/d	6.77	n/d	<i>Vorticella microstoma</i>	1	p - i	4.0	4.0
S. S. T. mg/l.	n/d	834.66	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	645.0	n/d	<i>Euglena gracilis</i>	1	x - b	0.9	0.9
I.V.L. ml/g.	n/d	967.01	n/d	<i>Euglena mutabilis</i>	1	o	0.8	0.8
T.R.H. hs.	n/d	6.97	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	314.92					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 51.5$$

$$\sum N = 18.0$$

Eficiencia DBO ₅	94.78 %
-----------------------------	---------

$$51.5 / 18.0 = 2.86 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Dominan las filamentosas de los protozoarios, *Bodo saltans* predomina, mediana presencia de *Trachelophyllum*, *Aspidisca*, y *Bodo caudatus*.

HOJA DE RESULTADOS. 5

FECHA : 19 de septiembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	341.02	n/d	29.54
O. D. mg/l.	n/d	2.48	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	194.38	n/d	12.41
pH U. pH	n/d	7.4	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	826.33	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	560.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	1015.25	n/d
T.R.H. hs.	n/d	7.17	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	409.14

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
<i>Vorticella convallaria</i>	5	a	2.9	14.5
<i>Vorticella alba</i>	5	p - a	3.5	17.5
<i>Vorticella microstoma</i>	3	p - i	4.0	12.0
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0
<i>Bodo saltans</i>	1	a	3.1	3.1
<i>Acineta cuspidata</i>	1	b - a	2.5	2.5
<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

Eficiencia DBO ₅	93.62 %
-----------------------------	---------

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 71.8$$

$$\sum N = 23.0$$

$$71.8 / 23.0 = 3.12 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Abundan bacterias filamentosas. Domina la presencia de ciliados *Vorticella*. No se aprecia buena sedimentación del lodo, no hay aparente formación de flóculos.

HOJA DE RESULTADOS. 6

FECHA : 10 de octubre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	S i	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Vorticella alba</i>	5	p - a	3.5	17.5
D. Q. O. mg/l.	638.72	n/d	45.14	<i>Vorticella convallaria</i>	5	a	2.9	14.5
O. D. mg/l.	n/d	2.21	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
D. B. O. ₅ mg/l.	274.65	n/d	18.51	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	p - b	3.1	9.3
pH U. pH	n/d	7.37	n/d	<i>Acineta cuspidata</i>	1	b - a	2.5	2.5
S. S. T. mg/l.	n/d	583.83	n/d	<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	745.75	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	745.75	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	7.17	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	191.53					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N \cdot Si) / \sum N$$

$$\sum (N \cdot Si) = 55.2$$

$$\sum N = 18.0$$

$$55.2 / 18.0 = 3.06 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	93.26 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Disminuye la densidad de bacterias filamentosas. *Vorticellas* aparecen como especie con mayor presencia, seguido de *Aspidisca* y *Trachelophyllum*. *Entosiphon* aparece como único flagelado.

HOJA DE RESULTADOS. 7

FECHA : 25 de octubre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	502.28	n/d	31.19
O. D. mg/l.	n/d	1.53	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	205.93	n/d	14.97
pH U. pH	n/d	7,4	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1229.5	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	650.0	n/d
I. V. L. ml/g.	n/d	828.64	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.97	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	321.90

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
<i>Bodo saltans</i>	3	a	3.1	9.3
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Vorticella alba</i>	3	p - a	3.5	10.5
<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0
<i>Acineta cuspidata</i>	1	a - p	2.5	2.5
<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
<i>Aspidisca cicada</i>	1	a	2.8	2.8

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 40.6$$

$$\sum N = 13.0$$

Eficiencia DBO ₅	92.73 %
-----------------------------	---------

$$40.6 / 13.0 = 3.12 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES : Dominan significativamente bacterias filamentosas. Mala sedimentación del lodo solo comparten una mediana presencia *Bodo*, *Trachelophyllum* y *Vorticella*. Entre los protozoarios no hay una especie que podamos considerar como dominante.

HOJA DE RESULTADOS. 8

FECHA : 5 de noviembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	n/d	n/d	n/d
O. D. mg/l.	n/d	0.81	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	n/d	n/d	n/d
pH U. pH	n/d	7.2	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1153.2	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	830.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	905.62	n/d
T.R.H. hs.	n/d	7.21	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	206.79

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
<i>Vorticella alba</i>	5	p - a	3.5	17.5
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	5	b - p	3.1	15.5
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Bodo saltans</i>	3	a	3.1	9.3

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 50.7$$

$$\sum N = 16.0$$

$$50.7 / 16.0 = 3.16 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	n/d
-----------------------------	-----

OBSERVACIONES : Por razones de carácter técnico no se pudieron realizar la pruebas de DBO y DQO de esta fecha. Aunque dominan notablemente las bacterias filamentosas *Vorticella alba* y *Trachelophyllum* se presentan como especies dominantes, seguidos por la mediana presencia de *Aspidisca* y *Bodo*. Mala sedimentación.

HOJA DE RESULTADOS. 9

FECHA : 15 de noviembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	3	a	3.1	9.3
D. Q. O. mg/l.	784.29	n/d	43.86	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
O. D. mg/l.	n/d	2.15	n/d	<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.7
D. B. O. ₅ mg/l.	329.40	n/d	19.74	<i>Acineta cuspidata</i>	1	b - a	2.5	2.5
pH U. pH	n/d	7,5	n/d					
S. S. T. mg/l.	n/d	1119.83	n/d					
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	720.0	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	479.97	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	7,21	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	89.78					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1º	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2º	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 23.2$$

$$\sum N = 8.0$$

Eficiencia DBO ₅	94.01 %
-----------------------------	---------

$$23.2 / 8.0 = 2.9 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. A cuatro días de la explosión de PEMEX se registró entrada de Gasolina al Reactor por lo que se interrumpió la alimentación al sistema durante 8 horas aproximadamente. En la muestra dominan las filamentosas, el lodo se observa oscuro, su apariencia no es esponjosa, no hay formación de flóculos, muy pocas especies de protozoarios, *Bodo* y *Trachelophyllum* con mediana presencia. *Entosiphon* y *Acineta cuspidata* se presentan escasamente.

HOJA DE RESULTADOS. 10

FECHA : 21 de noviembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	874.58	n/d	33.59
O. D. mg/l.	n/d	1.96	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	367.32	n/d	15.79
pH U. pH	n/d	6.9	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1102.66	n/d
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	861.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	757.43	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.27	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	347.44

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N*Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	5	b - p	3.1	15.5
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Epistylis rotans</i>	3	o - b	1.5	4.5
<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 57.3$$

$$\sum N = 20.0$$

Eficiencia DBO ₅	95.70 %
-----------------------------	---------

$$55.3 / 20.0 = 2.76 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Mala sedimentación del lodo, dominan filamentosas, *Bodo* y *Trachelophyllum* son codominantes. Destaca la mediana presencia de *Epistylis* con 12 colonias en el total de la muestra, con hasta 75 zooides en cada colonia.

HOJA DE RESULTADOS. 11

FECHA : 27 de noviembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	5	a	2.9	14.5
D. Q. O. mg/l.	752.52	n/d	32.37	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
O. D. mg/l.	n/d	1.1	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
D. B. O ₅ mg/l.	316.06	n/d	15.21	<i>Vorticella striata var octava</i>	1	p - a	2.8	2.8
pH U. pH	n/d	7,5	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	1	a	2.8	2.8
S. S. T. mg/l.	n/d	1132.5	n/d	<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	820.0	n/d	<i>Bodo saltans</i>	1	a	3.1	3.1
I.V.L. ml/g.	n/d	841.98	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.53	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	334.57					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 37.0$$

$$\sum N = 13.0$$

Eficiencia DBO ₅	95.19 %
-----------------------------	---------

$$37.0 / 13.0 = 2.84 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : Dominan bacterias filamentosas. En esta muestra destaca la presencia de ciliados, dominando *Vorticella*, seguido de *Trachelophyllum*, mala sedimentación del lodo, y presencia esporádica de *Diatomeas*.

HOJA DE RESULTADOS. 12

FECHA : 4 de diciembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N:Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Vorticella striata var octava</i>	5	p - a	2.8	14.0
D. Q. O. mg/l.	543.02	n/d	21.62	<i>Acineta cuspidata</i>	3	b - a	2.5	7.5
O. D. mg/l.	n/d	1.85	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
D. B. O. ₅ mg/l.	271.51	n/d	10.81	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	1	b - p	3.1	3.1
pH U. pH	n/d	7,4	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	1	a	2.8	2.8
S. S. T. mg/l.	n/d	1159.0	n/d	<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	915.0	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
I.V.L. ml/g.	n/d	890.09	n/d	<i>Chlamidomonas sp</i>	1	a	3.1	3.1
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	340.70					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP\text{B} = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 38.2$$

$$\sum N = 14.0$$

$$38.2 / 14.0 = 2.72 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia}$$

Eficiencia DBO ₅	96.02 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Dominan bacterias filamentosas, no obstante la presencia de ocho especies dominadas por *Vorticella*, seguida de *Acineta*, el resto aparece esporádicamente. Mala sedimentación del lodo, se presenta en tonos claro.

HOJA DE RESULTADOS. 13

FECHA : 10 de diciembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	763.7	n/d	37.97
O. D. mg/l.	n/d	2.03	n/d
D. B. O ₅ mg/l.	305.48	n/d	18.61
pH U. pH	n/d	7,3	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1174.5	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	900.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	671.46	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.78	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	156.53

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N*Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
<i>Vorticella alba</i>	1	p - a	3.5	3.5
<i>Acineta cuspidata</i>	1	b - a	2.5	2.5
<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0
<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
<i>Euglena mutabilis</i>	1	o	0.8	0.8

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

Eficiencia DBO ₅	93.91 %
-----------------------------	---------

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 49.6$$

$$\sum N = 17.0$$

$$49.6 / 17.0 = 2.91 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : No obstante las 9 especies de protozoarios y la destacada presencia de las bacterias filamentosas se aprecia poco lodo en la muestra. Siendo *Bodo* la especie dominante seguido de *Aspidisca* y *Trachelophyllum*, la presencia del resto es muy escasa.

HOJA DE RESULTADOS. 14

FECHA : 19 de diciembre de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	555.82	n/d	27.96	<i>Vorticella convallaria</i>	5	a	2.9	14.5
O. D. mg/l.	n/d	1.83	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
D. B. O. ₅ mg/l.	233.44	13.14	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
pH U. pH	n/d	7,4	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	3	o - b	1.5	4.5
S. S. T. mg/l.	n/d	1201.0	n/d	<i>Vorticella microstoma</i>	1	p - y	4.0	4.0
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	1160.0	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - y	3.9	3.9
I. V. L. ml/g.	n/d	753.92	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	2.8	2.8
T.R.H. hs.	n/d	6.78	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	84.38					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPB = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = 68.5$$

$$\sum N = 24$$

$$68.5 / 24 = 2.85 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

Eficiencia DBO ₅	94.37 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. El monitoreo se efectuó en ESQIE, domina la presencia de las filamentosas no se aprecia buena sedimentación, escasa formación de flóculo. *Bodo*, *Vorticella* y *Aspidisca* se presentan como especies de protozoarios dominantes seguidas de *Trachelophyllum* y *Epistylis*.

HOJA DE RESULTADOS. 15

FECHA : 9 de enero de 1997

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	560.35	n/d	32.29
O. D. mg/l.	n/d	1.91	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	235.35	n/d	15.18
pH U. pH	n/d	7.32	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1580.6	n/d
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	908.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	581.74	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	56.65

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Bodo caudatus</i>	5	p	3.7	18.5
<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
<i>Acineta foetida</i>	3	a	3.2	9.6
<i>Vorticella convallaria</i>	3	a	2.9	8.7
<i>Epistylis s.p.</i>	1	o - b	1.5	1.5
<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 74.7$$

$$\sum N = 24.0$$

$$74.7 / 24.4 = 3.11 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia}$$

Eficiencia DBO ₅	93.55 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : Se aprecia gran cantidad de espuma en el reactor, no se observa buena sedimentación, en el monitoreo microscópico es notable el dominio de las filamentosas. Dos son las especies dominantes, *Bodo* y *Aspidisca*.

HOJA DE RESULTADOS. 16

FECHA : 16 de enero de 1996.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	858.93	n/d	52.67	<i>Bodo caudatus</i>	5	p	3.7	18.5
O. D. mg/l.	n/d	1.8	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
D. B. O. ₅ mg/l.	360.75	n/d	23.70	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
pH U. pH	n/d	7,3	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - y	3.9	3.9
S. S. T. mg/l.	n/d	1899.16	n/d	<i>Opercularia microdiscum</i>	1	a	3.0	3.0
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1450.0	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	525.72	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.97	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	197.34					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 52.5$$

$$\sum N = 16.0$$

$$52.5 / 16.0 = 3.28 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

Eficiencia DBO ₅	93.43 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES :En esta muestra domina claramente por flagelados *Bodo* seguidos únicamente con mediana presencia de *Aspidisca*. El reactor presenta más espuma de la que normalmente se observa. Las filamentosas es encuentran en gran número, el lodo sedimenta lentamente.

HOJA DE RESULTADOS. 17

FECHA : 23 de enero de 1977.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	697.78	n/d	50.39	<i>Bodo caudatus</i>	5	p	3.7	18.5
O. D. mg/l.	n/d	1.7	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
D. B. O. ₅ mg/l.	293.07	n/d	23.68	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
pH U. pH	n/d	7.4	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	1	a	2.9	2.9
S. S. T. mg/l.	n/d	1039.33	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	975.0	n/d	<i>Polytoma uvula</i>	1	m	6.0	6.0
I.V.L. ml/g.	n/d	830.33	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.97	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	175.83					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPb = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 63.8$$

$$\sum N = 19.0$$

Eficiencia DBO ₅	91.92 %
-----------------------------	---------

$$63.8 / 19.0 = 3.35 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. La sedimentación del lodo es casi nula, no hay formación de flóculos, es notoria la sobrepoblación de filamentosas. Flagelados *Bodo* son la especie dominante, le sigue *Trachelophyllum* y *Aspidisca* con mediana presencia, las demás especies se presentan esporádicamente.

HOJA DE RESULTADOS. 18

FECHA : 30 de enero de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Effluente	Especies	N	Cond'n	S i	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a - p	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	462.36	n/d	39.55	<i>Bodo caudatus</i>	5	p	3.7	18.5
O. D. mg/l.	n/d	1.96	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
D. B. O. ₅ mg/l.	194.19	n/d	18.59	<i>Vorticella microstoma</i>	3	p - i	4.0	12.0
pH U. pH	n/d	7,37	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
S. S. T. mg/l.	n/d	1066.0	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	916.0	n/d	<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
I.V.L. ml/g.	n/d	643.47	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.97	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	134.26					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPB = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 71.5$$

$$\sum N = 21.0$$

$$71.5 / 21.0 = 3.40 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	90.43 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : Comparado con las muestras anteriores del día 23 de enero, parecería que el sistema estuviera en sus primeras etapas de la formación de lodo activo. Es significativa la abundancia de filamentosas, la sedimentación se aprecia muy lenta. *Bodo* se presenta como especie dominantes, seguidos de *Trachelophyllum*, *Vorticella* y *Aspidisca*

HOJA DE RESULTADOS. 19

FECHA : 6 de febrero de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	475.34	n/d	39.22
O. D. mg/l.	n/d	1.91	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	197.64	n/d	18.43
pH U. pH	n/d	7.67	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1397.33	n/d
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	1070.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	737.38	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.89	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	190.17

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Bodo caudatus</i>	5	p	3.7	18.5
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Acineta foetida</i>	3	a	3.2	9.6
<i>Epistylis rotans</i>	1	p - b	1.5	1.5
<i>Vorticella convallaria</i>	1	a	2.9	2.9
<i>Vorticella striata var octava</i>	1	p - a	2.8	2.8
<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
<i>Euglena viridis</i>	1	p - a	3.4	3.4

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1º	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2º	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 84.0$$

$$\sum N = 26.0$$

Eficiencia DBO ₅	90.77 %
-----------------------------	---------

$$84.0 / 26.0 = 3.23 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES: No obstante las 10 especies encontradas, domina *Bodo* seguido de *Trachelophyllum*, *Aspidisca* y *Acineta*, el porcentaje de remoción es uno de los más bajos. El lodo presenta escasa sedimentación y no hay formación clara de floculos. Sigue manifiesta la presencia de filamentosas.

HOJA DE RESULTADOS. 20

FECHA : 13 de febrero de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /dia.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	706.9	n/d	44.91	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
O. D. mg/l.	n/d	1.46	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	5	b - p	3.1	15.5
D. B. O. ₅ mg/l.	296.90	n/d	21.11	<i>Epitylis rotans</i>	5	o - b	1.5	7.5
pH U. pH	n/d	7.53	n/d	<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
S. S. T. mg/l.	n/d	1740.16	n/d	<i>Uronema nigricans</i>	3	p - i	4.5	13.5
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1340.0	n/d	<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
I.V.L. ml/g.	n/d	570.07	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	1	a	2.9	2.9
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /dia	n/d	n/d	273.60					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = 88.3$$

$$\sum N = 30.0$$

Eficiencia DBO ₅	92.82 %
-----------------------------	---------

$$88.3 / 30.0 = 2.94 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. No obstante las diez especies encontradas, (5 flagelados y 5 ciliados) se observa una lenta sedimentación, el color del lodo es típico y deficiente la formación del flóculo, aparecen en gran número las filamentosas. *Bodo* domina junto con *Aspidisca*, *Trachelophyllum* y *Epitylis*, el resto de los especies se presentan eventualmente. El resultado es Alfa mesosaprobio y la eficiencia es notablemente baja, así como la concentración de OD.

HOJA DE RESULTADOS. 21

FECHA : 19 de febrero de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
D. Q. O. mg/l.	740.06	n/d	43.85	<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
O. D. mg/l.	n/d	1.56	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	3	a	2.9	8.7
D. B. O. ₅ mg/l.	310.83	n/d	20.61	<i>Epistylis rotans</i>	3	o - b	1.5	4.5
pH U. pH	n/d	7.45	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	1	b - p	3.1	3.1
S. S. T. mg/l.	n/d	2170.0	n/d	<i>Bodo saltans</i>	1	o - a	3.1	3.1
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	1560.0	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
I.V.L. ml/g.	n/d	559.31	n/d	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d	<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d	<i>Chlamydomonas sp</i>	1	a	3.1	3.1
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	253.04					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 59.1$$

$$\sum N = 21.0$$

Eficiencia DBO ₅	93.37 %
-----------------------------	---------

$$59.1 / 21.0 = 2.81 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Presentes en gran número las filamentosas la sedimentación es baja y mediana la formación del flóculo, domina *Aspidisca* seguida de cuatro ciliados más. No obstante ser uno de los valores más altos del Índice Saprobio (2.8), y con el mayor número de especies encontradas, contrasta con el 93.37 % en cuanto a la eficiencia en remoción de DBO₅, el cual se encuentra entre los más bajos.

HOJA DE RESULTADOS. 22

FECHA : 27 de febrero de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	929.95	n/d	48,29	<i>Vorticella striata var octava</i>	5	p - a	2.8	14.0
O. D. mg/l.	n/d	1.71	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
D. B. O. ₅ mg/l.	390.58	n/d	22.70	<i>Bodo caudatus</i>	3	p	3.7	11.1
pH U. pH	n/d	7,3	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	3	o - b	1.5	4.5
S. S. T. mg/l.	n/d	2069.33	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1540.0	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
I.V.L. ml/g.	n/d	477.37	n/d	<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d	<i>Uronema nigricans</i>	1	p - i	4.5	4.5
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	218.97					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPB = \frac{\sum (N \cdot Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N \cdot Si) = 79.5$$

$$\sum N = 27.0$$

$$79.5 / 27.0 = 2.94 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	94.19 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Se observa una notable disminución de las bacterias filamentosas, la formación del flóculo es apreciablemente buena (esponjosa) así como la sedimentación. Dominan tres especies, un flagelado *Bodo* y dos ciliados *Vorticella* y *Aspidisca*.

HOJA DE RESULTADOS. 23

FECHA : 6 de marzo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	786.55	n/d	48.34	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
O. D. mg/l.	n/d	1.38	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
D. B. O. ₅ mg/l.	330.35	n/d	22.72	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
pH U. pH	n/d	7.4	n/d	<i>Vorticella alba</i>	1	p - a	3.5	3.5
S. S. T. mg/l.	n/d	2037.83	n/d	<i>Vorticella striata var octava</i>	1	p - a	2.8	2.8
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	2876.0	n/d	<i>Entosiphon sulcatum</i>	1	a	3.0	3.0
I.V.L. ml/g.	n/d	420.93	n/d	<i>Euglena gracilis</i>	1	o	0.9	0.9
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	185.6					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISPb = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = 47.1$$

$$\sum N = 16$$

Eficiencia DBO ₅	93.12 %
-----------------------------	---------

$$47.1 / 16 = 2.94 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

OBSERVACIONES : Dominan las filamentosas, la formación del flóculo es aparentemente buena. El flagelado *Bodo* se presenta como la especie dominante seguido de dos ciliados *Aspidisca* y *Trachelophyllum*. Por otra parte se registro 1.38 mg/l de oxígeno disuelto en el reactor, este valor se considera insuficiente para la oxidación de la materia orgánica en este proceso.

HOJA DE RESULTADOS. 24

FECHA : 13 de marzo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N*Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
D. Q. O. mg/l.	706.75	n/d	31.84	<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
O. D. mg/l.	n/d	1.33	n/d	<i>Vorticella corvallaria</i>	3	a	2.9	8.7
D. B. O. ₅ mg/l.	296.84	n/d	14.96	<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
pH U. pH	n/d	7.42	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	1	b - p	3.1	3.1
S. S. T. mg/l.	n/d	1740.16	n/d	<i>Bodo saltans</i>	1	o - a	3.1	3.1
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1340.0	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
I.V.L. ml/g.	n/d	570.07	n/d	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d	<i>Acineta foetida</i>	1	a	3.2	3.2
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d	<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d	<i>Chlamydomonas sp</i>	1	a	3.1	3.1
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	276.6					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 56.1$$

$$\sum N = 19.0$$

$$56.1 / 19.0 = 2.95 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	94.96 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : No obstante las 11 especies de protozoarios encontrados en la muestra, se registró un valor muy pequeño de oxígeno disuelto en el reactor (1.33), y además se presentan como especies dominantes los ciliados *Aspidisca*, y con mediana presencia *Vorticella*; *Epistylis*, *Trachelophyllum* y el resto se presentan con poca frecuencia. Se observa la formación de flóculos.

HOJA DE RESULTADOS. 25

FECHA : 20 de marzo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d					
D. Q. O. mg/l.	383.45	n/d	33.33					
O. D. mg/l.	n/d	1.3	n/d					
D. B. O ₅ mg/l.	161.05	n/d	15.67					
pH U. pH	n/d		n/d					
S. S. T. mg/l.	n/d	1210.33	n/d					
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	910.0	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	600.08	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	174.7					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

$$ISP B = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = n/d$$

$$\sum N = n/d$$

Eficiencia DBO ₅	90.27 %
-----------------------------	---------

$$n/d / n/d = n/d \Rightarrow n/d$$

OBSERVACIONES : No se pudo contar con muestra para efectuar el monitoreo microscópico.

HOJA DE RESULTADOS. 26

FECHA : 27 de marzo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efuyente	Especies	N	Cond'n	Si	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d					
D. Q. O. mg/l.	456.64	n/d	26.41					
O. D. mg/l.	n/d	1.71	n/d					
D. B. O ₅ mg/l.	191.79	n/d	12.41					
pH U. pH	n/d	8,37,7	n/d					
S. S. T. mg/l.	n/d	2069.33	n/d					
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1540.0	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	477.37	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	218.97					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

$$ISPB = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = n/d$$

$$\sum N = n/d$$

$$n/d / n/d = n/d \Rightarrow n/d$$

Eficiencia DBO ₅	93.53 %
-----------------------------	---------

OBSERVACIONES : No se pudo contar con muestra para efectuar el monitoreo microscópico.

HOJA DE RESULTADOS. 27

FECHA : 17 de abril de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	S i	N:Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	5	o - b	1.5	7.5
D. Q. O. mg/l.	n/d	n/d	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	5	a	2.8	14.0
O. D. mg/l.	n/d	1.03	n/d	<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
D. B. O. ₅ mg/l.	n/d	n/d	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	3	a	2.9	8.7
pH U. pH	n/d	7,37	n/d	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	1	p - b	3.1	3.1
S. S. T. mg/l.	n/d	1308.83	n/d	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	880.0	n/d	<i>Bodo saltans</i>	1	a	3.1	3.1
I.V.L. ml/g.	n/d	748.51	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.96	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	282.70					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 48.5$$

$$\sum N = 19.0$$

$$48.5 / 19.0 = 2.55 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobio.}$$

Eficiencia DBO ₅	n/d %
-----------------------------	-------

OBSERVACIONES : Por razones técnicas no se pudo valorar la DBO₅ ni la DQO. La apariencia del lodo es buena en color y formación de flóculo. Dominan dos especies de ciliados *Epistylis rotans* y *Aspidisca cicada*, seguidos, *Vorticella* y *Trachelophyllum*, finalmente se presenta *Bodo* como los menos frecuentes. Es notable la poca presencia de filamentosas.

HOJA DE RESULTADOS. 28

FECHA : 24 de abril de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	628.44	n/d	21.96
O. D. mg/l.	n/d	1.01	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	263.94	n/d	10.32
pH U. pH	n/d	7,4	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1687.66	n/d
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	1400.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	545.17	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6,93	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	225.70

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
<i>Epistylis rotans</i>	5	o - b	1.5	7.5
<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
<i>Acineta foetida</i>	3	a	3.2	9.6
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	1	b - p	3.1	3.1
<i>Vorticella convallaria</i>	1	a	2.9	2.9
<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
<i>Euglena viridis</i>	1	p - i	3.4	3.4
<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1º	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2º	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 66.4$$

$$\sum N = 24.0$$

Eficiencia DBO ₅	96.09 %
-----------------------------	---------

$$66.4 / 24.0 = 2.76 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES: Presencia notable de filamentosas, es oportuno destacar que a pesar de las diez especies encontradas se halla registrado un valor muy bajo de oxígeno disuelto en el reactor, y que de las dos especies dominantes *Bodo* y *Epistylis* están seguidas de cinco ciliados más, *Epistylis* presenta un extraordinario número de zooides de 100-200 en cada colonia, su tallo presenta cilios (espinas). La eficiencia respecto de la DBO₅ es de las más altas.

HOJA DE RESULTADOS. 29

FECHA : 8 de mayo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d
D. Q. O. mg/l.	465.22	n/d	34.96
O. D. mg/l.	n/d	1.16	n/d
D. B. O. ₅ mg/l.	195.39	n/d	16.43
pH U. pH	n/d	7,25	n/d
S. S. T. mg/l.	n/d	1219.6	n/d
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	776.0	n/d
I.V.L. ml/g.	n/d	852.74	n/d
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d
Rec. Iodos (%)	40.0	n/d	n/d
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	249.07

n/d = no determinado

Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
<i>Chilodonella uncinata</i>	5	a	3.0	15.0
<i>Petalomonas mediocanellata</i>	5	a	3.0	15.0
<i>Monas vulgaris</i>	5	m	4.0	20.0
<i>Vorticella striata var octava</i>	3	p - a	2.8	8.4
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
<i>Bodo caudatus</i>	3	p	3.7	11.1
<i>Bodo saltans</i>	1	a	3.1	3.1
<i>Acineta cuspidata</i>	1	b - a	2.5	2.5
<i>Vorticella alba</i>	1	p - a	3.5	3.5
<i>Aspidisca cicada</i>	1	a	2.8	2.8

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

Eficiencia DBO ₅	91.59 %
-----------------------------	---------

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = 90.7$$

$$\sum N = 28.0$$

$$90.7 / 28.0 = 3.23 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES: MUESTRA PROPORCIONADA. Se informa la falla desde hace 2 días de un agitador. No obstante las 10 especies encontradas se presenta una mala sedimentación, las 3 especies dominantes son flagelados, *Chilodonella*, *Petalomonas* y *Monas* seguidos de 2 ciliados, *Vorticella* y *Trachelophyllum* y un *Bodo*, siguen presentes las filamentosas.

HOJA DE RESULTADOS. 30

FECHA : 15 de mayo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	S i	N-Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d					
D. Q. O. mg/l.	888.57	n/d	26.95					
O. D. mg/l.	n/d	1.12	n/d					
D. B. O. ₅ mg/l.	373.20	n/d	12.67					
pH U. pH	n/d	7.24	n/d					
S. S. T. mg/l.	n/d	1106.83	n/d					
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	n/d	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	697.06	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	267.89					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = n/d$$

$$\sum N = n/d$$

$$n/d / n/d = n/d \Rightarrow n/d.$$

Eficiencia DBO ₅	96.61 n/d %
-----------------------------	-------------

OBSERVACIONES : No se pudo contar con equipo para efectuar el monitoreo microscópico.

Nota; En esta muestra se registró el valor más alto de eficiencia en remoción de DBO₅ registrando un valor de 96.61 %.

HOJA DE RESULTADOS. 31

FECHA : 22 de mayo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	Si	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d	<i>Bodo saltans</i>	5	a	3.1	15.5
D. Q. O. mg/l.	509.17	n/d	35.99	<i>Monas vulgaris</i>	3	m	4.0	12.0
O. D. mg/l.	n/d	1.0	n/d	<i>Aspidisca cicada</i>	3	a	2.8	8.4
D. B. O. ₅ mg/l.	213.85	n/d	16.92	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	3	b - p	3.1	9.3
pH U. pH	n/d	7.42	n/d	<i>Astasia dangeardii</i>	1	p - i	3.9	3.9
S. S. T. mg/l.	n/d	1675.8	n/d	<i>Petalomonas sp</i>	1	a	3.0	3.0
SS.V.L.M. mg/l.	n/d	1325.0	n/d	<i>Vorticella convallaria</i>	1	a	2.9	2.9
I.V.L. ml/g.	n/d	557.35	n/d	<i>Bodo caudatus</i>	1	p	3.7	3.7
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d	<i>Epistylis rotans</i>	1	o - b	1.5	1.5
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	307.24					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \sum (N * Si) / \sum N$$

$$\sum (N * Si) = 60.2$$

$$\sum N = 19.0$$

Eficiencia DBO ₅	92.09 %
-----------------------------	---------

$$60.2 / 19.0 = 3.16 \Rightarrow \text{Alfa Mesosaprobia.}$$

OBSERVACIONES : MUESTRA PROPORCIONADA. Dominan filamentosas. A pesar de las 9 especies de protozoarios encontradas, el flagelado dominante es *Bodo*, seguido de *Monas*, *Aspidisca* y *Trachelophyllum*, con mediana presencia. La sedimentación del lodo es lenta y se aprecia un color muy claro, se observa poca turbulencia en el reactor.

HOJA DE RESULTADOS. 32

FECHA : 29 de mayo de 1997.

CONDICIONES DE OPERACIÓN MONITOREO MICROSCÓPICO

Parámetros	Influyente	Reactor	Efluente	Especies	N	Cond'n	S i	N·Si
Vol. Inf. m ³ /día.	6540.5	n/d	n/d					
D. Q. O. mg/l.	566.24	n/d	30.34					
O. D. mg/l.	n/d	0.98	n/d					
D. B. O. ₅ mg/l.	237.82	n/d	14.26					
pH U. pH	n/d	7,5	n/d					
S. S. T. mg/l.	n/d	1130.6	n/d					
SS. V.L.M. mg/l.	n/d	1080.0	n/d					
I.V.L. ml/g.	n/d	627.17	n/d					
T.R.H. hs.	n/d	6.87	n/d					
T.R.C. días	n/d	7.0	n/d					
Rec. lodos (%)	40.0	n/d	n/d					
Purga L. m ³ /día	n/d	n/d	313.82					

n/d = no determinado

N = Valencia

Si = Índice Saprobio.

CAPACIDAD DEL SISTEMA

Vol. del Clarificador 1°	1650 m ³
Vol. del Reactor	2850 m ³
Vol. del Clarificador 2°	1650 m ³

Eficiencia DBO ₅	94.00 %
-----------------------------	---------

CÁLCULO DEL ÍNDICE SAPROBIO

$$ISP B = \frac{\sum (N * Si)}{\sum N}$$

$$\sum (N * Si) = n/d$$

$$\sum N = n/d$$

$$n/d / n/d = n/d \Rightarrow n/d$$

OBSERVACIONES : Por razones de mantenimiento en la planta no se pudo obtener muestra para su monitoreo microscópico.

TABLA VII

RELACIÓN DE ESPECIES MICROBIANAS OBSERVADAS DURANTE
EL PERÍODO DE MONITOREO (julio 96 - mayo 97) EN EL LICOR
MEZCLADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO A.S.J.I., S.U.

PROTOZOARIOS	NOMBRE	CONDICIÓN	ÍNDICE SAPROBIO
CILIADOS	<i>Acineta cuspidata</i>	b - a	2.5
	<i>Acineta foetida</i>	a	3.2
	<i>Aspidisca cicada</i>	a	2.8
	<i>Chilodonella uncinata</i>	a	3.0
	<i>Epistylis rotans</i>	o - b	1.5
	<i>Opercularia microdiscum</i>	a	3.0
	<i>Trachelophyllum pusillum</i>	b - p	3.1
	<i>Vorticella alba</i>	p - a	3.5
	<i>Vorticella convallaria</i>	a	2.9
	<i>Vorticella microstoma</i>	p - i	4.0
	<i>Vorticella striata var. octava</i>	p - a	2.8
FLAGELADOS	<i>Astasia dangeardii</i>	p - i	3.9
	<i>Bodo saltans</i>	a	3.1
	<i>Bodo caudatus</i>	p	3.7
	<i>Chlamidomonas sp.</i>	a	3.1
	<i>Euglena gracilis</i>	x - b	0.9
	<i>Euglena mutabilis</i>	o	0.8
	<i>Euglena viridis</i>	p - y	3.4
	<i>Entosiphon sulcatum</i>	a	3.0
	<i>Monas vulgaris</i>	m	4.0
	<i>Petalomonas mediocanellata</i>	a	3.0
	<i>Politoma uvela</i>	m	6.0
	<i>Uronema nigricans</i>	p - i	4.5
OTROS	<i>Amibas</i>		
	<i>Bacterias filamentosas</i>		
	<i>Diatomeas</i>		
	<i>Rotíferos</i>		

Foissner, 1992.

TABLA VIII
VALORES FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

	D.Q.O.		I.V.L. ml/mg	S.S.T.L.M. mg/l	T. R. H. horas	PURGA m ³ /día	T. R. C. días	O. D. mg/l	S.S.V.L.M.		D. B. O.		pH
	Influyente	Efluente							Influyente	Efluente	Influyente	Efluente	
1996	Reactor												
04 de Jul.	781,80	48,02	422,80	506,33	7,68	n/d	7,00	n/d	n/d	n/d	312,72	24,97	7,70
22 de Ago	1071,56	41,86	587,14	1358,00	6,97	639,23	7,00	3,13	985,00	388,62	28,46	8,30	
29 de Ago	663,93	38,98	600,07	948,83	6,53	317,82	7,00	1,95	690,00	265,57	19,88	8,37	
12 de Sep	501,87	31,64	967,01	834,66	6,97	314,92	7,00	1,91	645,00	276,03	14,40	6,77	
19 de Sep	341,02	29,54	915,21	826,33	7,17	409,14	7,00	2,48	560,00	194,38	12,41	7,40	
10 de Oct	638,72	45,14	745,75	583,83	7,17	191,53	7,00	2,21	435,00	274,65	18,51	7,37	
25 de Oct	532,23	21,19	828,64	1229,50	6,97	321,90	7,00	1,53	650,00	205,93	14,97	7,40	
05 de Nov	n/d	n/d	905,62	1153,20	7,21	206,79	7,00	0,81	830,00	n/d	n/d	n/d	7,20
15 de Nov	654,29	58,86	479,97	1119,83	7,21	89,78	7,00	2,15	720,00	329,40	19,74	7,50	
21 de Nov	874,58	33,59	757,43	1102,66	6,27	347,44	7,00	1,96	816,00	367,32	15,79	6,9	
27 de Nov	568,25	52,37	841,98	1132,50	6,53	334,57	7,00	1,10	820,00	316,06	15,21	7,5	
04 de Dic	543,02	21,62	890,09	1159,00	6,87	340,70	7,00	1,85	915,00	271,51	10,81	7,4	
10 de Dic	783,70	37,97	671,46	1174,05	6,78	156,53	7,00	2,03	900,00	305,48	18,16	7,3	
19 de Dic	555,82	27,96	753,92	1201,00	6,78	84,38	7,00	1,85	1160,00	233,44	13,14	7,4	

D.Q.O. Demanda Química de Oxígeno
I.V.L. Índice Volumétrico de Lodos
S.S.T.L.M. Sólidos Suspensivos Totales de Licor Mezclado
T.R.H. Tiempo de Retención Hidráulica
T.R.C. Tiempo de Retención Celular

O.D. Oxígeno Disuelto
S.S.V.L.M. Sólidos Suspensivos Volátiles de Licor Mezclado
D.B.O₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día
n/d No Determinado

TABLA VIII (Continuación).

1997	D.Q.O.		I.V.L. ml/mg	S.S.T.L.M. mg/l	T. R. H. horas	PURGA m ³ /día	T. R. C. días	O. D. mg/l	S.S.V.L.M. mg/l	D. B. O.		pH
	Influyente	Efluente								Influyente	Efluente	
	Reactor											
09 de Ene	560,33	32,29	581,74	1580,66	6,87	56,65	7,00	1,91	908,00	235,35	15,18	7,32
16 de Ene	910,53	32,53	525,72	1899,16	6,97	197,34	7,00	1,80	1450,00	360,75	23,70	7,30
23 de Ene	632,57	30,49	830,33	1039,33	6,97	175,83	7,00	1,70	975,00	293,07	23,68	n/d
30 de Ene	595,95	39,55	643,47	1066,00	6,97	134,26	7,00	1,96	916,00	194,19	18,59	7,37
06 de Feb	745,47	36,04	737,88	1379,33	6,87	190,17	7,00	1,91	1070,00	475,34	39,22	7,67
13 de Feb	706,90	44,91	570,07	1740,16	6,87	273,60	7,00	1,46	1340,00	296,9	21,11	7,53
20 de Feb	743,06	43,85	459,31	2170,00	6,87	252,04	7,00	1,56	1560,00	310,83	20,61	7,45
27 de Feb	825,28	60,90	477,37	2079,33	6,87	218,97	7,00	1,71	1540,00	390,58	22,70	7,30
06 de Mar	646,45	48,34	420,93	2037,83	6,87	185,60	7,00	1,38	2876,00	330,35	22,72	7,40
13 de Mar	671,05	36,44	392,64	1542,66	6,87	198,79	7,00	1,33	n/d	296,84	14,96	7,42
20 de Mar	383,45	33,33	600,08	1210,33	6,87	174,76	7,00	1,30	910,00	161,05	15,67	n/d
27 de Mar	456,64	26,41	493,25	1769,66	6,87	270,53	7,00	1,11	1590,00	191,79	12,41	8,3
03 de Abr	n/d	n/d	477,28	2062,66	6,87	295,75	7,00	0,98	1420,00	n/d	n/d	n/d
10 de Abr	n/d	n/d	545,76	1795,16	5,24	270,06	7,00	0,98	1540,00	n/d	n/d	n/d
17 de Abr	n/d	n/d	748,51	1308,83	6,96	282,70	7,00	1,03	880,00	n/d	n/d	n/d
24 de Abr	368,76	30,87	545,17	1687,66	6,93	225,70	7,00	1,01	1400,00	263,74	10,32	7,4
08 de May	576,57	24,61	852,54	1219,66	6,87	249,07	7,00	1,16	776,00	195,39	16,43	7,25
15 de May	888,57	26,95	697,60	1106,83	6,87	267,89	7,00	1,12	n/d	373,20	12,67	7,24
22 de May	509,17	25,95	557,35	1675,83	6,87	307,24	7,00	1,00	1325,00	213,85	16,92	7,42
29 de May	566,24	30,34	627,17	1130,66	6,87	313,82	7,00	0,98	1080,00	237,82	14,26	7,50

TABLA IX

VALORES DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN A PARTIR DE LA D.B.O.₅ Y DEL ISPB.

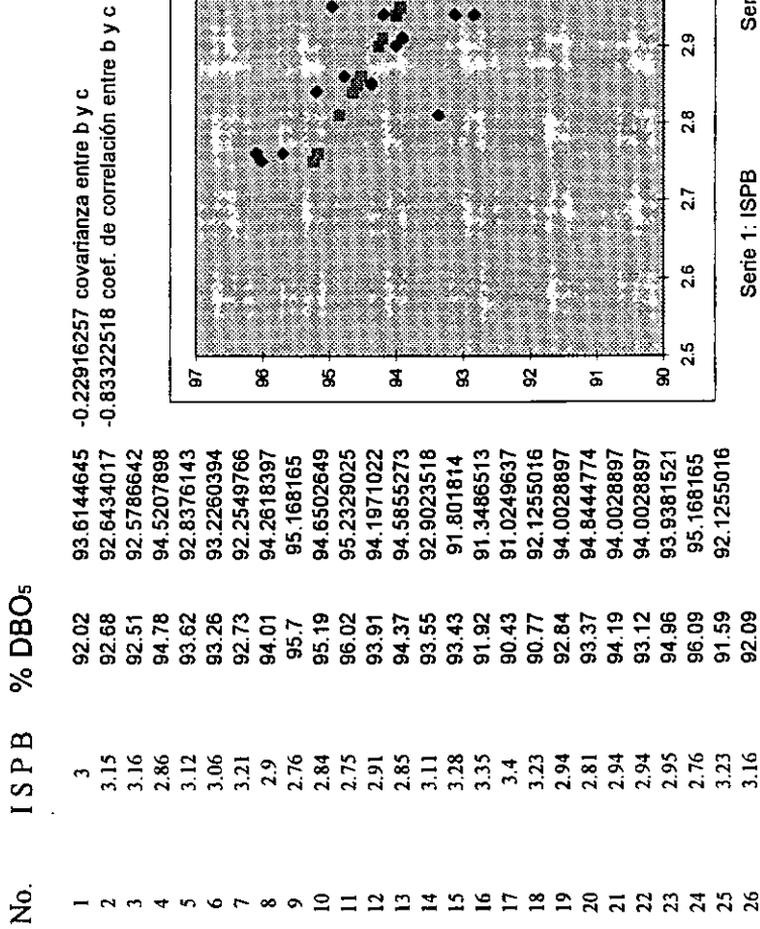
Año 1996	DQO inf.	DQO ef.	% REM	DBO ef	DBO inf	% Rem DBO ₅	I S P B
04 de julio	781,8	48,02	93,86	312,72	24,97	92,02	3,0
22 de agosto	1071,56	41,86	96,09	388,62	28,46	92,68	3,15
29 de agosto	663,93	38,98	94,13	265,57	19,88	92,51	3,16
12 de septiembre	501,87	30,64	93,89	276,03	14,40	94,78	2,86
19 de septiembre	341,02	29,54	91,34	194,38	12,41	93,62	3,12
10 de octubre	638,72	45,14	92,93	274,65	18,51	93,26	3,06
25 de octubre	502,28	31,19	93,79	205,93	14,97	92,73	3,21
5 de noviembre	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	3,26
15 de noviembre	784,29	43,86	94,41	329,40	19,74	94,01	2,9
21 de noviembre	874,58	33,59	96,16	367,32	15,79	95,70	2,76
27 de noviembre	752,52	32,37	95,70	316,06	15,21	95,19	2,84
04 de diciembre	543,02	21,62	96,02	271,51	10,81	96,02	2,72
10 de diciembre	763,7	37,97	95,03	305,48	18,61	93,91	2,91
19 de diciembre	555,82	27,96	94,97	233,44	13,14	94,37	2,85

Año 1997

9 de enero	560,35	32,29	94,24	235,35	15,18	93,55	3,11
16 de enero	858,93	52,67	93,87	360,75	23,70	93,43	3,28
23 de enero	697,78	50,39	92,78	293,07	23,68	91,92	3,35
30 de enero	462,36	39,55	91,45	194,19	18,59	90,43	3,40
6 de febrero	475,34	39,22	91,75	199,64	18,43	90,77	3,23
13 de febrero	706,9	44,91	93,65	296,90	21,11	92,82	2,94
19 de febrero	740,06	43,85	94,07	310,83	20,61	93,37	2,81
27 de febrero	929,95	48,29	94,81	390,58	22,70	94,19	2,94
6 de marzo	786,55	48,34	93,85	330,35	22,72	93,12	2,94
13 de marzo	706,75	31,84	95,49	296,84	14,96	94,96	2,95
20 de marzo	383,45	33,33	91,31	161,05	15,67	90,27	n/d
27 de marzo	456,64	26,41	94,22	191,79	12,41	93,53	n/d
17 de abril	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	2,55
24 de abril	628,44	21,96	96,51	263,94	10,32	96,09	2,76
8 de mayo	465,22	34,96	92,49	195,39	16,43	91,59	3,23
15 de mayo	888,57	26,95	96,97	373,20	12,67	96,61	n/d
22 de mayo	509,17	35,99	92,93	213,85	16,92	92,09	3,16
29 de mayo	566,24	30,34	94,64	237,82	14,26	94,00	n/d

n/d : no determinado

GRÁFICA 2 CORRELACIÓN ENTRE EL % DE REMOCIÓN DE LA DBO₅ CONTRA EL ISPB.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

I. Características del agua

I.i. En la tabla VIII se presentan los resultados de los análisis físico-químicos y de las condiciones de operación del sistema durante un total de 32 semanas. Los valores de la D.Q.O. del influente muestran una gran fluctuación que van de un mínimo de 341.02 mg/l, hasta un máximo de 1071.56 mg/l. Por otra parte, los valores obtenidos en el efluente son como mínimo 21.19 mg/l y un máximo de 60.90 mg/l, los cuales nos muestran un promedio de entre el 91 y 96% de remoción.

I.ii. Respecto a los resultados de la D.B.O. al quinto día (DBO_5) del influente, los valores se obtuvieron del muestreo del mismo día para la DQO dando como resultado un mínimo de 161.05 mg/l y un máximo de 475.34 mg/l. Así mismo, en el efluente se obtuvieron valores de 10.32 mg/l, como mínimo y de 28.46 mg/l como máximo, con un valor cercano de entre el 90.43 y el 96.61% de remoción.

La fluctuación tan amplia en los valores del agua a tratar tanto en la DQO como en la DBO_5 se deben seguramente al origen de las descargas en la fuente de alimentación (río de los remedios) cuyas descargas son impredecibles puesto que provienen de dos clases, una de origen doméstico y la otra de descargas industriales, las cuales no tienen un horario preestablecido por lo que se presentan incluso valores extremos durante el transcurso de un mismo día. Es oportuno mencionar que la parte del río del cual se alimenta el sistema se encuentra permanentemente azolvada. Es considerablemente visible la presencia de materia flotante (llantas, bolsas de plástico con basura, botes de metal y plástico, animales muertos, etc.) a tal grado que incluso el flujo natural del río se aprecia en dirección contraria a su cauce natural.

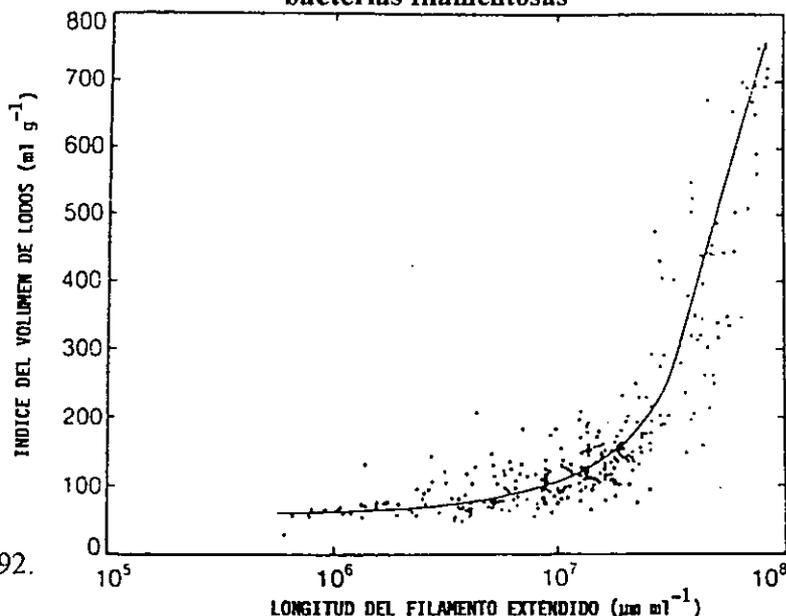
I.iii. Los valores obtenidos de pH encontrados en el reactor biológico puede decirse que se encuentran dentro de un rango normal entre 6.7 y 8.3, cercano al neutro u óptimo, para el buen desarrollo y crecimiento de los microorganismos.

II. Condiciones de Operación.

- II.i.* La concentración de Oxígeno Disuelto dentro del reactor biológico se registró con un valor mínimo de 0.81 mg/l, siendo el valor de 3.13 mg/l el único máximo, no obstante el valor promedio no llega al mínimo recomendado que es de 2.0 mg/l, según Ramalho,1912 y Kerri et al.,1993.
- II.ii.* Por otra parte los Sólidos Suspendidos Totales del Licor Mezclado (SST.LM) se registran con un valor mínimo de 506.00 mg/l, y un valor máximo de 2079.00 mg/l.
- II.iii.* Los resultados correspondientes a los Sólidos Suspendidos Volátiles de Licor Mezclado (SSV.LM) los cuales representan el valor de la biomasa dentro del sistema se presentan dentro de un rango muy amplio, con un valor mínimo de 435.00 mg/l, y un valor máximo registrado de 2876.00 mg/l. Sin embargo el valor máximo es el único que se registra dentro del rango recomendado de entre los 2000-3000 mg/l, Kerri et al.,1993.
- II.iv.* El Índice Volumétrico de Lodo (IVL), es el resultado de la diferencia entre los Sólidos Sedimentables y los Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado cuyo valor mínimo registrado es de 392.64 mg/l, y un máximo de 967.01 mg/l, los cuales al ser comparados con la gráfica 3, observamos que el valor mínimo obtenido se ubica muy por encima del óptimo estimado, es decir, entre los 120-150 mg/l, con lo cual se puede obtener una muy buena sedimentación según lo demuestra el estudio realizado por Walker y Green en 1982 (Gray 1992). Al igual que Strom y Jenkins, reportan en 1984 como la causa principal del desarrollo de bacterias filamentosas debido a una baja concentración de oxígeno disuelto -dado por una deficiente aireación, una alta relación de F/M -(es la relación entre los kg de DBO₅ sobre los SSVLM por el Volumen del Reactor)-, un déficit de nutrientes y muy probablemente un bajo pH.

GRÁFICA 3

Sedimentación del índice volumétrico de lodos con respecto a las bacterias filamentosas



Por lo anterior, podemos pensar que se trata de un lodo con un alto porcentaje de bacterias filamentosas lo que se conoce como bulkins (Kerri,1993) y lo cual se explica por la baja concentración de oxígeno disuelto que se registró en el reactor como lo muestran los resultados y que se constatan con los monitoreos microscópicos efectuados en el licor mezclado donde aparecen dichas bacterias como una constante de mayor abundancia. Cabe mencionar que si bien es cierto que las bacterias filamentosas representan un problema para obtener una buena clarificación en el sedimentador secundario, esto no significa que sean de utilidad para la remoción de la materia orgánica.

- II.v. En cuanto a los tiempos de retención hidráulica, estos se consideran como el tiempo en que el volumen total del reactor es desplazado, y en el cual deberá llevarse a cabo la máxima remoción de la materia orgánica. Este parámetro se presenta con un valor mínimo de 5.24 hs, y un máximo de 7.68 hs, los cuales están ligeramente por debajo del tiempo recomendado que es de 8 hs, en promedio según Ramalho (1992), y Kerri y otros (1993).

II.vi. Las purgas del lodo presentan un valor mínimo de 56.65 m³/día y un máximo de 639.23 m³/día. Al respecto, este criterio se toma en función de la cantidad de biomasa que se requiera o se desee mantener en el reactor biológico y con el objeto de conservar un valor constante en su densidad, para lo cual se considera también el porcentaje de recirculación del lodo y que en este caso según se reporta es del 40%, cuyo valor se encuentra dentro de los límites recomendados; dicho análisis de biomasa se evalúa a través de la realización del análisis de los Sólidos Suspendidos Volátiles del Licor Mezclado.

II.vii. El concepto de Tiempo de Residencia Celular, es un criterio que se basa en la edad del lodo en la cual la población de microorganismos es totalmente renovada, los resultados indican un valor constante de 7 días, valor que es cercano al recomendado de 8 días, cuyo objetivo fundamental es mantener un lodo joven y muy activo (Ramalho, 1992; Kerri, 1993).

III. Resultados del monitoreo microscópico

III.i. En la tabla VII se presenta un listado de las especies de protozoarios encontrados durante la realización del proyecto con un total de 23 especies de las cuales 11 son ciliados, 12 flagelados y 4 especies más que forman parte de la comunidad de este sistema. En la tabla X se especifica la clase de cada especie. **Es oportuno destacar que de las once especies de ciliados encontrados, ocho de ellas se encuentran dentro de las 13 especies más importantes encontradas en los sistemas de lodos activados según Madoni (1991).**

TABLA X

Protozoarios ciliados y flagelados encontrados.

Subclase	Orden	Suborden	Familia	Especie
<i>Spirotrichia</i>	<i>Hypotrichia</i>		<i>Apidiscidae</i>	<i>Aspidisca cicada</i>
<i>Suctorina</i>	<i>Suctorida</i>		<i>Acinetidae</i>	<i>Acineta cuspidata</i> <i>Acineta foetida</i>
<i>Holotrichia</i>	<i>Gymnostomatida</i>	<i>Cyrtophorina</i>	<i>Enchelydae</i>	<i>Trachelophyllum pusillum</i> <i>Chilodonella uncinata</i>
<i>Peritrichia</i>	<i>Peritrichida</i>		<i>Vorticellidae</i> <i>Epistylidae</i>	<i>Vorticella alba</i> <i>Vorticella convallaria</i> <i>Vorticella microstoma</i> <i>Vorticella striata</i> var. <i>octava</i> <i>Epistylis rotans</i> <i>Opercularia microdiscum</i>

Curds, 1970.

Subclase	Orden	Suborden	Familia	Especies
<i>Phytomastigophora</i>	<i>Euglenida</i>	<i>Euglenoidina</i>		<i>Astasia dangeardii</i> <i>Euglena gracilis</i> <i>Euglena mutabilis</i> <i>Euglena viridis</i>
		<i>Bodonina</i>	<i>Bodinidae</i>	<i>Bodo saltans</i> <i>Bodo caudatus</i>
	<i>Phytomonadida</i> <i>Petalomonadina</i>	<i>Chlamydomonadina</i>		<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Politoma uvela</i> <i>Entophon sulcatum</i> <i>Petalomonas mediocanellata</i>
	<i>Scuticociliatida</i>	<i>Philosterina</i>	<i>Ochromonadidae</i> <i>Uronematida</i>	<i>Monas vulgaris</i> <i>Uronema nigricans</i>

Lee, Hunter & Bovee, 1985; y Wilson & Lackey, 1962.

Especies de ciliados encontrados en el monitoreo microscópico, y que a consideración de Madoni(1994) son de las más importantes en los procesos de lodos activados. *Aspidisca cicada*, *Epistylis* sp., *Vorticella convallaria*, *Trachelophyllum pusillum*, *Vorticella microstoma*, *Vorticella stiata* *varieda octava*, *Opercularia* sp., *Chilodonella uncinata*.

IV. Comparación de los porcentajes de remoción y el Índice Saprobio de Pantle y Buck.

En la tabla IX se muestran los resultados de los análisis correspondientes a los parámetros de la DQO, DBO₅, tanto del efluente como del influente y sus respectivos porcentajes de remoción, así como los resultados obtenidos del monitoreo microscópico expresado como Índice Saprobio de Pantle y Buck.

En la tabla XI se muestran los tres valores con la mayor y los tres con la menor eficiencia respecto de la DBO₅, y las especies afines de protozoarios en cada caso.

Es necesario aclarar que se han excluido los valores de mayor eficiencia del ISPB y de remoción de la DBO₅ (17 y 24 de abril de 1997, ISPB = 2.55 ; DBO = 10.32 mg/l respectivamente) por no contar en uno y otro con los parámetros de comparación. No obstante, en el cuadro se puede observar que los resultados de mayor y baja eficiencia del ISPB están estrechamente relacionados los resultados de la DBO₅ para cada caso.

TABLA XI

Relación de especies encontradas en alta y baja eficiencia según el I.S.P.B. contra el porcentaje de remoción de DBO₅.

Eficiencia	Fecha	ISPB	% de DBO ₅	Especies comunes para cada caso
Alta	4/dic/96	2.72	96.02	<i>Vorticella striata</i> var. <i>octava</i>
	21/nov/96	2.76	95.70	<i>Epistylis rotans</i>
	24/abr/97	2.76	96.09	<i>Aspidisca cicada</i> * <i>Trachelophyllum pusillum</i>
Baja	30/ene/97	3.40	90.43	<i>Bodo saltans</i>
	23/enr/97	3.35	91.92	<i>Bodo caudatus</i>
	16/ene/97	3.28	93.43	<i>Aspidisca cicada</i> *
				<i>Acineta foetida</i>

* Se encontraron como especies comunes en ambos casos.

CONCLUSIONES

En la gráfica 2 se presenta el análisis de correlación entre los resultados del ISPB contra los porcentajes de remoción de la DBO_5 y cuyo resultado es de 0.83 (factor de correlación). Tanto la gráfica como el resultado nos permiten determinar las siguientes conclusiones:

- 1.- Sí existe una estrecha relación en cuanto a las condiciones de operación, entre los análisis físico-químicos y el ISPB.
- 2.- Como queda demostrado en la tabla comparativa IX y considerando el resultado del análisis de correlación, queda demostrado que si bien es cierto que la aplicación de ISPB no es un factor único y determinante para conocer con alta precisión la calidad del efluente tratado, si nos permite conocer con alta precisión las condiciones reales del lodo activado que es la base fundamental del tratamiento de lodos activados.
- 3.- El resultado del ISPB presenta un valor mínimo de 3.40 y un máximo de 2.72, cuyos valores al ser evaluados con la tabla V (de clasificación), estos se encuentran dentro de un rango que los califica predominantemente como condiciones prevalecientemente *alfa-mesosaprobias* (2.5 - 3.5). La cual se reconoce como una zona donde:
 - a) Existe baja concentración de oxígeno disuelto.
 - b) Apenas inicia la mineralización.
 - c) Más especies están presentes que en la zona polisaprobia, y donde bacterias todavía dominan.

Los resultados presentados en la tabla VIII, muestran que efectivamente el sistema opera con una ligera baja concentración de oxígeno disuelto, lo que repercute directamente un una baja concentración de los SSVLM que al ser relacionados con las altas concentraciones de carga orgánica podemos constatar que el sistema opera con una relación F/M (mayor de 0.6 d^{-1}) por encima de la recomendada (entre 0.3 y 0.6), según Ramalho, (1992) y Kerri et al., (1993).

Finalmente, como puede observarse en las hojas de resultados de la 1 a la 32, la calificación siempre fue de condiciones alfa-mesosaprobias (siempre que pudo realizarse el monitoreo microscópico), aun cuando algunas de las condiciones de operación estuvieron fuera de los rangos teóricos recomendados y que otros, poco o nunca variaron (recirculación de lodo y TRH). Las especies presentes nunca fueron las mismas ni en la misma proporción.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se presentan las siguientes recomendaciones, que posiblemente pudieran contribuir a elevar la eficiencia del sistema.

1. Durante el desarrollo del trabajo, siempre se comentó la necesidad de implementar un programa permanente de desasolve a fin de evitar al máximo la concentración de sólidos (tierra y arenillas) que perjudican no solo la operación del sistema sino el deterioro del equipo de aireación y bombeo. Así mismo, se propuso en pláticas la necesidad de efectuar la DBO₅, a fin de conocer con exactitud la concentración de la carga orgánica tanto a la entrada como a la salida del sistema y con ello poder evaluar la eficiencia del sistema.
2. Dadas las grandes e impredecibles y frecuentes variaciones de la carga orgánica e inorgánica que trae consigo el agua residual por ser ésta de origen industrial y doméstico, se recomienda buscar la forma de que el agua que se va a tratar sea de un solo origen (doméstico o industrial) siendo la menos recomendable la de origen industrial debido a las siguientes razones:
 - a). Evitar al máximo la problemática que representaría la necesidad de un posible pretratamiento, como pudiera ser la neutralización y/o el ajuste de las condiciones de operación cada vez que se presente un incremento o una disminución de carga en el influente, lo cual elevaría tanto la complejidad del tratamiento como los costos de operación.

- b). Evitar la diversidad de sustancias tóxicas y materiales no biodegradables que puedan acarrear los diferentes efluentes industriales, siendo éstos perjudiciales para el buen desarrollo y crecimiento de los microorganismos en este proceso.
- c). Los resultados de oxígeno disuelto permiten sugerir que sería muy conveniente elevar su concentración a un mínimo de 2 mg/l según se recomienda, con lo cual se podrá evitar la proliferación de bacterias filamentosas llamadas bulkins y así poder disminuir los valores tan elevados del IVL hasta el promedio recomendado entre los 125-150 mg/l como quedó demostrado.
- d). Respecto a los SSVLM o la biomasa, se recomienda ajustar las condiciones para elevar el valor de éstos hasta un rango de los 2000 a 3000 mg/l, esto con el objeto de que el sistema trabaje con una relación de F/M de entre 0.3 - 0.6, según se recomienda. “En la mayoría de las aguas residuales el valor óptimo de la relación F/M o A/M (relación entre alimento y microorganismos), se encuentran comprendidos dentro de los límites $0.6 > A/M > 0.3$, en la que A/M viene expresada en Kg DBO₅ afluente / (d) (kg MLVSS). A relaciones de A/M elevadas (por ejemplo, superior a 0.6 d^{-1}) hay un predominio de un tipo de microorganismos de naturaleza filamentososa (*Sphaerotilus*). Este tipo de colonia no decanta bien permaneciendo en suspensión casi continuamente. El lodo inflado bajo estas condiciones es el que se denomina <<bulking>>”, Ramalho, 1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, C.E. and Eckenfelder, W.W. 1982. Development of desing and operational criteria for wastewater treatment. Environment Press. New York, U.S.A. Pp. 131-156.
- Agersborg, H.P.K. and Hatfield, W.D. 1929. The biology of a sewage treatment plant -a preliminary survey. *Sewage Works Journal*, 1: 411-24.
- Al-Shahwani, S. and Horan, N.J. 1990. The use of protozoa to indicate changes in the performance of activated sludge plants. *Water Researchs*. 25 (6): 633-638.
- Ankrats, T.M. 1993. Wasterwater treatment and environmetal. Lone Dck. Publishing Company. Houston, Texas. U.S.A.
- APHA, AWWA. 1991. Métodos Normalizados. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Editorial Reverte, S. A. Barcelona España.
- Brown, T.J. 1965. The study of protozoa in a difussed-air activated sludge plant. *Water Pollution Control*, 64: 375-8.
- Calaway Wilson T. and James Lackey B. 1962. Waste treatment protozoa "Flagellata". College of Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Cingolani, Cossignani M. and Milani R. 1991. The role of microfauna in the prediction and control of the activated sludge disfunctions of a municipal plant. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 93-96.
- Curds, C.R. 1966. An ecological study of the ciliated protozoa in activated sludge. *Oikos*, 15: 282-289.
- Curds, C.R. 1969. An ilustrated key to the british freshwater ciliated protozoa commonly found in activated sludge. Water Pollution Research Laboratory, London, Great Britain.

Curds, C.R. and Cockburn A. 1970. Protozoa in biological sewage treatment processes. *Water Res.*, 4: 237 - 249.

Curds, C.R. 1982. The ecology and role of protozoan in aerobic sewage treatment processes. *Annual Review Microbiol.* 36: 27-46.

Esteban, G., Colmenagero J.M. and Télles C. 1991. Dynamics of ciliate communities during biological phosphorous removal process in wastewater treatment. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 7174.

Gray, N.F. 1992, Biology of wastewater treatment. bookcraft (Both), Ltd. Midsomer Norton, Avon. Great Britain.

GschlöBl, T. and Schleypen P. 1991. The microscopic investigation of activated sludge supports optimization of wastewater treatment. *Biological Approach to Sewage Treatment Process*. Pp. 173-177.

Guerra, L.M. y Mora Rodríguez, J. 1989. Agua e hidrología en la cuenca del Valle de México. Fundación Friedrichs Eberts. México, D. F.

Hawkes, A. 1983. Activated sludge. In: Ecological aspects of use water treatment, Vol. 2. Biological activity and treatment process, (En: C.R. Curds and H.A. Hawkes), Academic Press, London. Pp. 77-162.

Heukelekian, H. and Balmat, J.L. 1959. Chemical composition of the particulate fractions of domestic sewage. *Sewage and Industrial Wastes*, 31: 413-23.

Horosawa, I. 1950. Biological studies on activated sludge in the purification of sewage. *Journal of the Japanese Sewage Works Associattion*, 148: 62 67.

INE. 1993. Norma Oficial Mexicana, NOM-CCA-ECOL-031/1993. Diario Oficial de la Federación. México.

INE. 1996. Norma Oficial Mexicana, NOM-CCA-001-ECOL/1996. Diario Oficial de la Federación. 6 de Enero de 1997. México.

Jenkins, D., Richards, M.G. and Daigger, G.T. 1884. Manual on the causes and control of activated sludge Bulking and foaming. Waster Research Commission, Pretoria, South Africa.

Kerri, K.D., Dendy, B.B., Brady, J. and Croks, W. 1993. Operation of wastewater treatment plants. Vol. II. Fourth Edition. California State University. Sacramento, U. S. A.

Kolkwitz, R. and Marsson, M. 1909. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrogr.* 2: 126-152.

Kudo, R.R. 1982. *Protozoología*, Edit. Continental, S.A. de C.V., México.

Lee, J.J., Hunter, S.H., and Bovee, E.C. 1985. An illustrated guide to the protozoa, Allen Press, Inc. Lawrence, K. S., U.S.A.

Lugo, A. 1991. Protozoan indicator communities in waste stabilization pond systems. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 115-118.

Madoni, P. 1991. Role of protozoas and their indicator value in the activated sludge process. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 21-27.

Madoni, P. 1994. A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, 28 (1): 67-75.

Maskew, Fair, G., Geyer, J.C. y Alexander, D. 1976. "Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales". Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Vol. II. Editorial Limusa, México.

Mc Kinney, R.E. and Gram, A. 1956. Protozoa and activated sludge. *Sewage and Industrial Wastes*, 28: 1219-1231.

Metcalf-Eddy, 1985. Ingeniería Sanitaria. 2da. Edición. Editorial Labor, S. A. España.

Palm, J.H., Jenkins, D. and Parker, D.S. 1980. Relationship between organic loading, dissolved oxygen concentration and sludge settleability in the completely mixed activated sludge process. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 52: 2484-2506.

Ramalho, R.S. 1992. "Tratamiento de las aguas residuales". Faculty of Science and Engineering. Level University Quebec, Canada.

Rickert, D.A. and Hunter, J.D. 1967. Rapid fractionation and materials balance of solids fractions in wastewater and wastewater effluents. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 39: 1476-1486.

Rickert, D.A. and Hunter, J.D. 1971. General nature of soluble and particulate organics in sewage and secondary effluents, *Waster Research*, 5: 421-436.

Rickert, D.A. and Hunter, J.D. 1972. Colloidal matter in wastewater and secondary effluent. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 44: 143-149.

SARH. 1982. "Técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas". Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. México, D. F.

Serviour, E.M., Williams, C. de Grey, B., Soddell, J.A, Serviour, R.J, and Lindrea, K.C. 1994. Studies of filamentous bacteria from australian activated sludge plants., *Water Research*. 28 (11): 2335-2342.

Sládeček, V; Zelinka, M; Rothschein, J; Moravcová, V. 1981. Biologický rosbor povchové vody. Vydavatelství. Check Republic.

Trueba, S.C. 1982. Hidráulica, Editorial C E.C.S.A. México.

Tellez, C. and Esteban G. 1991. The density of ciliate populations in the prediction of the activated sludge performance. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 49-52.

Yañez, F. 1980. Proceso de lodos activados y aireación prolongada. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Venezuela.

Wanner, J. 1991. Use of the routine biological analyses to check the performance of sewage treatment plants. *Biological Approach to Sewage Treatment Process, Perugia*. Pp. 199-210.