



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA**

**“ EVALUACION DE LOS EFECTOS QUE LOS DETERGENTES  
TIENEN SOBRE LA POBLACION BACTERIANA EN UN  
MODELO DE LAGUNA DE ESTABILIZACION  
DE TIPO FACULTATIVO ”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A  
**RAFAEL HERNANDEZ VERA**

**MEXICO**

**1986**



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.

La realización de este trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, bajo la dirección del M. en C. Vicente López Mercado.

**A MIS PADRES:**

Con el Amor y Respeto que se merecen

**A MI HERMANA HILDA:**

Quien en todos los momentos difíciles encontró  
la respuesta precisa para levantarme los ánimos  
y continuar adelante

**A MIS HERMANOS Y ESPOSAS:**

Héctor y Tere

Arturo y Liliel

**A MIS SOBRINOS:**

Dámaris, Shaira, Misarai, Arael e Israim

Por formar parte tan preciada e importante  
en mi familia.

El realizar los objetivos que uno se propone en la vida dependerá siempre del empeño, --- esfuerzo y entusiasmo que se les brinde para llegar a lograrlos, sin olvidar la importancia que merecen las muchas personas que contribuyan ofreciendo su amistad, apoyo y buena voluntad.

AGRADEZCO:

Al M. en C. Vicente López Mercado

Por sus enseñanzas y amistad que tendré siempre presentes.

A la Bióloga. Rosa María Espinosa Valdemar

Por su ayuda plena y desinteresada mostrada para el logro de este trabajo.

A la compañía Avon Cosmetics por su apoyo económico.

Y finalmente a mis compañeros durante la carrera y el desarrollo del presente trabajo, quienes en algún momento compartimos nuestro tiempo, anhelos e intereses.

## C O N T E N I D O

RESUMEN . . . . .	vii
INTRODUCCION	
El Sistema de Lagunas Biológicas. . . . .	3
Contaminación por Detergentes . . . . .	9
OBJETIVO	
MATERIALES Y METODOS	
Primera Fase. . . . .	18
Segunda Fase. . . . .	18
Tercera Fase. . . . .	18
Modelos de Laboratorio. . . . .	19
Parámetros Fisicoquímicos . . . . .	21
Muestreo. . . . .	22
Evaluación Microbiana . . . . .	23
RESULTADOS	
Primera Fase. . . . .	34
Segunda Fase. . . . .	35
Tercera Fase. . . . .	36
DISCUSION Y CONCLUSIONES	
Primera Fase. Unidad I y Unidad II. . . . .	77
Segunda Fase. Unidad I y Unidad III . . . . .	80

Tercera Fase. Unidad III. . . . .	81
APENDICE. . . . .	89
BIBLIOGRAFIA. . . . .	92

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto que tienen -- los detergentes aniónicos sobre la comunidad de bacterias --- heterótrofas de una laguna de estabilización, se estudiaron - tres modelos de laboratorio tipo Eckenfelder.

Se determinaron en las lagunas parámetros fisicoquí micos como son: Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Temperatura, Intensidad Luminosa (IL), Sólidos Suspendidos (SS) y -- Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), identificándose también - las poblaciones heterótrofas con el propósito de relacionarlas con los parámetros mencionados, así como con el funcionamiento general del sistema.

El estudio fue realizado en tres fases, en donde --- la primera de ellas se estudiaron dos unidades en condiciones de iluminación natural. En la segunda fase se estudiaron dos - unidades en condiciones de iluminación controlada dentro de - la tercera fase se experimentó con cuatro concentraciones de detergente, concentraciones que se encuentran en los niveles - de las aguas residuales y que fueron de: 0.0 mg/l, 2.2 mg/l, - 5.0 mg/l, 7.5 y 12.5 mg/l todo bajo las mismas condiciones de la segunda fase.

En la primera fase se encontró que la eficiencia de remoción de la materia orgánica se mantuvo cercana al 90%. Se observó que las poblaciones heterótrofas son sensibles a la -

temperatura más que a la luz y que la mayor diversidad bacteriana se encuentra en los meses más cálidos. Los principales grupos de bacterias encontrados fueron *Chromobacterium* (35%), *Acinetobacter* (25%), *Pseudomonas* (17%), *Enterobacteriaceae* (17%) y *Aeromonas* (8%).

En la segunda fase se observó la misma constancia en la eficiencia de remoción y un marcado incremento en los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) aunque dicho incremento no es atribuido a las poblaciones bacterianas presentes. Se observó una mayor diversidad bacteriana en los meses más cálidos (7 - grupos) mientras que en los meses fríos se redujeron a (3 grupos).

La velocidad de respiración se mantuvo prácticamente constante en valores entre 0.15 a 0.20 mgO<sub>2</sub>/SSV min.

En la tercera fase la remoción de materia orgánica - descendió gradualmente a medida que la concentración de detergente aumentaba, así como la remoción de detergente disminuyó de 54% a 15% en las mismas condiciones. Se observó un marcado descenso en la concentración de SSV, aunque se apreció una -- adaptación a las altas concentraciones de detergente por parte de las poblaciones heterótrofas con una menor capacidad degradativa. Destacándose la persistencia de *Chromobacterium* y --- *Enterobacteriaceae*. Aún a las altas concentraciones de detergente suministrado al sistema.

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

La calidad del medio ambiente se ha ido modificando por el intrincado proceso de fabricación de satisfactores -- para el hombre, en este proceso utiliza el agua, el aire y -- los productos de la tierra y los cambios que produce en ellos estan afectando su salud y bienestar (46).

Existen ventajas o perjuicios perceptibles indivi-- dualmente, además el uso de estos elementos naturales afecta las dinámicas de las plantas y animales alterando los balances ecológicos, finalmente sus métodos de utilización de la ---- tierra, agua y aire hacen de ellos una especie de sumidero -- para la colocación de sus residuos y han empeorado su calidad de tal forma que no serán en algunos casos útiles por mucho -- tiempo para sus propias necesidades y propósitos (23).

En la actualidad el crecimiento de la población --- mundial ha determinado aumentos proporcionales de sus necesidades básicas como son alimentos, empleos, vivienda, educación y salud, lo cual en última instancia representa incremento en el uso de los recursos, gastos en energéticos y generación de desechos que trae como consecuencia la contaminación ambiental (4).

El problema de extracción, distribución y uso del -- agua se ha convertido en un factor muy importante por tratarse

de un recurso necesario en el proceso que el desarrollo ---  
económico y social requiere para la satisfacción de sus nece-  
sidades, aunado a esto es preciso considerar la problemática-  
que representa el proteger la calidad de este recurso (31).

La protección de la calidad del agua se ha conver-  
tido en una tecnología minuciosa y complicada pues al tratar  
con los materiales de desecho el hombre tiene dos opciones --  
básicas a saber, verterlos sin tratar, en el medio más ---  
cercano, como el aire, un río, un lago, la tierra, un pozo o  
el mar ó el depositarlos y tratarlos en plantas de aprovecha-  
miento de desechos, donde ecosistemas seminaturales de ---  
ingeniería realicen, en el caso del tratamiento de las aguas-  
residuales, la mayor parte del trabajo de descomposición y --  
recirculación, lo que deberá proporcionar el método más ---  
económico en términos de costos en construcción y operación -  
(34).

El reuso del agua, consiste en eliminar de ella los  
compuestos y materiales que se le agregan al usarla, lo que -  
desde el punto de vista técnico implica el desarrollar ---  
metodologías eficientes y económicas ya sea introduciendo --  
nuevos procesos o bien haciendo que los existentes en la ---  
actualidad aumenten su eficiencia (21).

Al tratar una cantidad de agua para su reuso propor-  
ciona beneficios como serían la satisfacción de la demanda de  
agua con mayor facilidad, disminuir la cantidad de desechos -

vertidos al agua y por consecuencia reducir un poco, si no es que eliminar, los daños ecológicos originados por la contaminación de la misma, a este respecto existen diversos tipos de sistemas destinados al tratamiento de aguas residuales dentro de los cuales los estanques de estabilización o Lagunas --- Biológicas son uno de los sistemas de tratamiento que recientemente han recibido mayor atención en algunos países por sus características entre las que sobresale el aspecto económico (42).

#### EL SISTEMA DE LAGUNAS BIOLÓGICAS.

El término laguna de estabilización de aguas residuales corresponde a cualquier estanque o grupos de estanques -- previsto para llevar a cabo un tratamiento biológico del desecho normalmente están diseñados con poca profundidad (1 a 2 m), construidos de modo que quede expuesta a la luz solar la mayor superficie posible, entre los tipos de Lagunas Biológicas se encuentran las del tipo aerobio, anaerobio y facultativo, cada una de ellas con las características mostradas en la Tabla 1.

TABLA 1

## TIPOS DE ESTANQUES O LAGUNAS BIOLÓGICAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

---

Lagunas Anaerobias	Soportan altas cargas de materia orgánica Solo contiene bacterias anaerobias Degradación lenta Producción de malos olores durante el tratamiento
Lagunas Aerobias	Soportan altas cargas de materia orgánica Contiene algas y bacterias aerobias Degradación media Sensible a la carga orgánica
Lagunas Facultativas	Soportan altas cargas de materia orgánica Contiene algas y bacterias: aerobias, anaerobias y facultativas Sensible a la carga orgánica Remoción eficiente

---

De éstas los sistemas predominantes en nuestro país son las lagunas de estabilización del tipo facultativo las cuales debido a sus bajos costos en operación y construcción permiten postularlas como la alternativa más económica para el tratamiento de las aguas residuales en zonas rurales del país (14).

Las lagunas facultativas son aquellas en que la parte superior de la laguna permanece aerobia y las zonas inferiores están exentas de oxígeno disuelto, el proceso depende de la degradación de la materia orgánica putrescible por las bacterias

y el suministro de oxígeno por las algas, ya que las bacterias tienen la habilidad de degradar materia orgánica compleja y -- producir bióxido de carbono que sirve como fuente de carbono - para las algas (11 y 17).

Las principales reacciones biológicas que se llevan a cabo en estanques de estabilización incluyen.

- a) Oxidación de materia orgánica por bacterias aerobias.
- b) Nitrificación bacteriana de materia nitrogenada.
- c) Reducción de materia orgánica por bacterias anaerobias de las zonas bentónicas y
- d) Oxigenación de la parte superior por las algas.

Las algas de primordial importancia en las lagunas de estabilización son las algas fotosintéticas que solo --- requieren de agua, nutrientes inorgánicos y bióxido de ---- carbono (11).

Las bacterias son los organismos que degradan los - desechos complejos y forman un nivel importante en la cadena - alimenticia presente, se encuentran principalmente como --- saprófitas ya que ellas obtienen los nutrientes y la energía - para su desarrollo por la degradación progresiva y la eventual mineralización de compuestos orgánicos en los desechos.

La característica principal que permite que las ---

bacterias lleven a cabo, de manera eficiente, la degradación de materiales de desecho, en comparación con otros organismos, es además de su gran capacidad metabólica, su tamaño pequeño lo que le proporciona una relación área-volumen celular muy grande comparada con organismos de mayor tamaño, esto aunado a que su capacidad para intercambiar nutrientes y catabolitos con el líquido es también mayor (37).

Con lo que respecta al tipo de bacterias presentes en las plantas de tratamiento, se tiene como antecedentes que dependiendo de diversas condiciones ambientales y sustratos orgánicos será la diversidad o predominancia de estas, así -- por ejemplo la gran difusión del género *Pseudomonas* en las -- plantas de tratamiento se debe a que pueden adaptarse a --- condiciones ambientales y sustratos orgánicos muy variados, a su vez *Alcaligenes* Spp y *Flavobacterium* Spp predominaran -- cuando el contenido protéico sea relativamente alto, como --- puede ser el caso de las aguas residuales domésticas.

Ciertos alimentos o sustratos orgánicos estimulan -- selectivamente la multiplicación de algunas bacterias, de -- igual modo los productos residuales resultantes del crecimiento selectivo de un grupo de bacterias estimularán con toda -- seguridad el desarrollo de otros grupos bacterianos (11 y 37).

En la Tabla 2 se muestran los grupos más represen-- tativos de bacterias encontradas en lagunas de tratamiento -- de aguas residuales.

TABLA 2

GRUPOS REPRESENTATIVOS DE BACTERIAS ENCONTRADAS EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

---

<i>Micrococcus</i>	<i>Escherichia</i>
<i>Serratia marcescens</i>	<i>P. Fluorescens</i>
<i>A. Faecalis</i>	<i>Thiopedia rosea</i>
<i>Chromatium</i>	<i>Achromobacter</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Flavobacterium</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>
<i>Azotobacter</i>	<i>Enterobacterias</i>

---

Dentro de los cuales por ejemplo *Micrococcus* se presenta en grandes cantidades en lagunas de tratamiento de desechos de granjas.

*Chromatium* en sistemas de tratamiento de aguas de refineras y los bacilos Gram negativos como *Achromobacter*, *Pseudomonas* y *Flavobacterium* son dominantes en lagunas de desecho comprendiendo el 90-95% del total de bacterias viables siendo *Bacillus* y *Streptococcus faecalis* las únicas Gram positivas aunque nunca se presentan en números significativos.

Por otra parte se reportan *Achromobacter* 65% *Pseudomonas* 25% y *Flavobacterium* 5% porcentaje del total de Cuenta Viable presentes en estanques experimentales de tratamiento de desecho doméstico (37).

En años recientes ha sido de mucho interés la cinética de degradación y la naturaleza del sustrato en los procesos de remoción y se han construido modelos predictivos para conocer el comportamiento de los microorganismos involucrados en la degradación del desecho, esta información es invaluable para los diseños de los procesos de ingeniería, sin embargo - esta información ha tenido sus limitaciones, ya que en la práctica son diversos los microorganismos y los sustratos en el sistema, además muchas de las bacterias no son viables y existen grandes fluctuaciones de los parámetros registrados (37). Por otro lado se han hecho estudios esencialmente analíticos - usando métodos ecológicos observando el sistema en operación - para encontrar interrelación entre factores ambientales (10 y 39).

Actualmente la aparente incompatibilidad de la bioquímica y los aspectos sanitarios en estudios de contaminación en microbiología, es resuelto por la creación de grupos interdisciplinarios en la realización de proyectos. Las pruebas --- microbiológicas de importancia médica han sido desarrolladas - y aceptadas como técnicas de rutina dentro de las investigaciones de la microbiología de aguas dulces y marinas y han tenido buen resultado sobre la calidad de los estudios. Sin embargo - las pruebas bacteriológicas estandarizadas en existencia son - capaces de dar información pero también de limitarla específicamente sobre la ruta original de ciertos contaminantes y sobre el potencial riesgo sanitario (25).

## CONTAMINACION POR DETERGENTES

De la gran diversidad de contaminantes producidos por el hombre, tanto los convencionales (naturales) como los contemporáneos (sintéticos) son vertidos a diversos ecosistemas donde pueden ser utilizados de forma inmediata e incorporados a los ciclos biogeoquímicos o solo ser parcialmente modificados mediante biotransformación, sin embargo existen moléculas que debido a su estructura y propiedades no pueden ser transformados ocasionando su acumulación en el medio ambiente y en los organismos (46).

Dentro de los desechos naturales se encuentran los compuestos orgánicos que han sido tomados de la naturaleza y gracias a esta característica los microorganismos los utilizan como alimento dando por resultado su degradación y no muy difícil remoción.

Por otra parte el grupo de los compuestos sintéticos incluye a todos aquellos compuestos de fabricación humana producidos con la finalidad de cubrir las necesidades que los compuestos naturales no realizan o lo hacian en forma parcial o deficiente.

La producción de productos sintéticos como serian plásticos, plaguicidas, detergentes, etc., han ido en aumento ocasionando problemas ambientales ya que no se degradan facilmente, son tóxicos y se biomagnifican (30). Tal es el caso de los detergentes sintéticos.

A finales de la segunda guerra mundial bajo un --- periodo de escases de ácidos grasos, componente principal de los jabones existió la necesidad de sustituir a estos por los alquilbencensulfonatos (ABS) los cuales aventajaron a los --- jabones por su eficacia en el agua dura, sus propiedades -- físicas de formulación y su bajo costo, propiedades que ocasionaron el incremento en su demanda y desarrollo (3 y 46).

En la actualidad además de la acción meramente --- limpiadora los detergentes cubren una gran variedad de usos - debido principalmente a las características tensoactivas que poseen siendo algunos de ellos, geles para cosméticos, espumas para afeitarse, aerosoles, soluciones para lentes de contacto, shampoos, emulsificantes, desengrasantes, dentríficos, --- suavisantes de telas, blanqueadores, ablandadores de agua, -- tintes de telas, extinguidores, humectantes, pinturas, ---- elementos dispersantes, agentes antimicrobianos, materia prima para fabricación de hule espuma, limpieza de metales, etc. -- (16).

El uso de estos productos a originado un incremento en concentración dentro de las aguas de desecho, donde por no ser biodegradables se acumulan en gran cantidad ocasionando - problemas de toxicidad en plantas y animales, efectos de --- eutroficación a ecosistemas acuáticos; así mismo en cuerpos - receptores ocasionan grandes volúmenes de espuma reduciendo - la velocidad de absorción de oxígeno y la penetración de luz, dificultando la eficiencia de los sistemas de tratamiento de -

aguas residuales afectando seriamente los procesos naturales de autopurificación (6, 46 y 32).

Un detergente se puede definir como aquel agente que limpia sin provocar abrasión ni corrosión, en este sentido -- muchos materiales de diferentes clases se pueden identificar como tales.

Cualquier molécula de detergente presenta una cadena alifática que es hidrofóbica y una porción polar que se --- caracteriza por ser hidrofílica y a esta dualidad en la naturaleza de la molécula se deben sus propiedades de acción -- tensodepresora (19).

La formulación comercial de los detergentes contiene aproximadamente un 25% del principio activo alquilbencensulfonato (ABS), además de una serie de compuestos como fosfatos, - carbonatos y silicatos que pueden tener una influencia en el - comportamiento coloidal de los detergentes en el agua (9).

Los detergentes pueden ser clasificados en base a su disociación electrolítica, así, dependiendo de la naturaleza - polar se dividen en:

/ Aniónicos. Los que al disociarse generan una carga negativa y son derivados de grupos sulfonatos, sulfato o carboxilo, por - ejemplo, los alquilbencensulfonatos (ABS).

Cationicos. Los que al disociarse generan una carga positiva y son derivados de sales cuaternarias de amonio, este tipo de -

detergente tiene un alto costo y su eficiencia no es tan --- buena como los detergentes del tipo aniónico por lo que su -- uso es menor.

No-Ionicos. Los que carecen de carga en su disociación conte- niendo grupos hidrofílicos, estos tipos de detergentes son de gran importancia comercial ya que comprenden del 20 al 25% - del volumen total de detergentes.

Dentro de los detergentes más ampliamente utilizados se encuentran los alquilbencensulfonatos (ABS) pertenecientes al tipo aniónico, ya que ellos tienen una producción de 75% - del total seguido por los no-iónicos con el 20% y los catiód-- nicos con el 5% restante. Esta diferencia se debe a los bajos costos de los (ABS) ya que ellos tienen costo de aproximada- mente la tercera parte de los detergentes no-iónicos y la --- cuarta parte de los catiónicos (3).

En países desarrollados se ha logrado sustituir este tipo de detergentes por los alquilbencensulfonatos lineales - (LAS), que por ser biodegradables permitieron sustituir a los ramificados, sin embargo en México la producción de detergen- tes continúa bajo la formulación basada en alquilbencensulfo- natos (ABS) ramificados provocando como consecuencia los --- problemas ambientales que se derivan de la utilización de -- estos productos, tal es el caso que la remoción de detergentes de las aguas residuales, constituye uno de los problemas más - complejos y discutidos en las áreas de control de la contami-

nación y de tratamiento de aguas residuales (14).

Los estudios más recientes sobre biodegradación de detergentes se han dedicado a evaluar los surfactantes no- iónicos, catiónicos y aniónicos como alternativas para sustituir a los (ABS) y (LAS) haciendo hincapié sobre el efecto de éstos sobre los ecosistemas.

Con respecto a la capacidad de un sistema biológico para degradar una molécula se deben considerar factores importantes como son:

- La existencia del microorganismo adecuado.
- La permeabilidad del microorganismo.
- Existencia del sistema enzimático adecuado.
- La necesidad de varios microorganismos.
- Sistemas enzimáticos extracelulares producidos por diferentes poblaciones, así como la existencia de inductores adecuados y la tolerancia a los factores ambientales.

En cuanto a los factores relacionados con el sustrato y que influyen en la degradación se tienen.

- La similitud estructural con materiales degradables que pueden usarse como fuente de carbono y energía.
- La no toxicidad y solubilidad.
- Cadenas ramificadas.

- Anillos condensados.
- Alto número de sustituyentes.
- Grado de polimerización y peso molecular (6 y 15).

Al iniciar las observaciones con los ABS se llegó a la conclusión de que estos en general no son biodegradables en función de su comportamiento en los cuerpos de agua, sin embargo estudios más detallados han mostrado que si bien no se degradan tan rápido como un LAS si se degradan siguiendo patrones degradativos similares a los demás alquilbencensulfonatos (ABS). Experiencias de este tipo indican que entre un 30 a un 50% de las moléculas en el ABS comercial presentan estas estructuras cuaternarias lo que limita los procesos -- biológicos a una remoción de 50 a 70% de detergente (30).

Dentro del estudio de la biodegradación de detergentes la toxicidad es un factor muy importante, ya que grandes concentraciones de detergentes pueden dañar o inhibir a las bacterias de tal manera que estas sean incapaces de efectuar una degradación sobre estos productos (19).

En la naturaleza todos los microorganismos viven en mayor o menor asociación íntima con otros, en donde cada tipo de organismos tienen un estatus funcional en el ecosistema y en la mezcla de poblaciones existe un número de relaciones mutuas difícil de entender. Debido a esta dificultad los microbiólogos han desarrollado procedimientos para la detección, el aislamiento y el mantenimiento de microorganismos de

interés en cultivo puro.

Estos procedimientos han sido empleados en muchos trabajos concernientes a la microbiología del agua, aire o suelo asociando sus resultados microbiológicos a las condiciones ambientales registradas durante su estudio (10, 37 y 39).

Actualmente en México se conoce poco acerca de las lagunas biológicas con respecto a su flora y el papel que --- juega ésta en la degradación de ciertas sustancias tales como los detergentes debido a la gran complejidad de los mecanismos de adaptación en el tratamiento biológico de los desechos ya --- que en cualquier mezcla de población de microbios se requieren métodos laboriosos que todavía no han sido generalmente --- estudiados en nuestro país para el análisis de la flora microbiana activa en el tratamiento de los desechos.

Esto ha traído como consecuencia que los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes en la actualidad --- no funcionen a su máxima eficiencia. Agregando a esto la falta de mantenimiento y supervisión que este tipo de sistemas --- requieren.

Como en el país por diversas razones se continúan -- empleando surfactantes de tipo aniónico ramificado en un alto porcentaje de los productos comerciales y debido al desconocimiento con respecto a la dinámica que sigue el desecho durante el tratamiento, la influencia de las condiciones ambientales ---

y contaminación en el funcionamiento de los sistemas de tratamiento biológico surge el planteamiento del siguiente --- objetivo.

**OBJETIVO:**

Identificar las poblaciones heterotróficas de una laguna de estabilización para relacionarlas con los parámetros de diseño, así como para evaluar el efecto que los --- detergentes tienen en este tipo de sistemas.

## MATERIALES Y METODOS

La experimentación se llevó a cabo en tres fases, - las cuales son:

PRIMERA FASE. En esta fase se experimentó con las unidades I y II en condiciones de iluminación natural sin detergente por un período de aproximadamente un año en tal forma que permitiera observar las variaciones con respecto a la época del año que se presentaran en ellas.

SEGUNDA FASE. En esta fase se experimentó con las unidades I y III sin detergente usando para ello un inóculo mezclado en las dos unidades y condiciones de iluminación controlada a un ciclo de 16 horas de iluminación y 8 horas de obscuridad con dos lámparas fluorescentes de 39 watts por unidad, - lo que corresponde a una intensidad luminosa de 698 luxes, el objetivo de esta fase fue el de disminuir los cambios debidos a las variaciones de la luz y atenuar un poco los cambios de temperatura.

TERCERA FASE. En esta última fase se trabajó en las mismas -- unidades y en las mismas condiciones que en la segunda fase tomando como unidad control la unidad I la cual siguió siendo alimentada normalmen

te con (ARS), mientras que la unidad III fue sometida a una alimentación con (ARS) junto con una solución de principio activo extraído de detergentes comerciales de uso doméstico (16) - que varió entre 2.2 y 12.5 mg/l de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) siguiendo el criterio de las concentraciones encontradas en los sistemas naturales, en la forma mostrada en la Tabla 3 (14 y 42).

#### MODELOS DE LABORATORIO

Se utilizaron tres unidades de sección transversal-rectangular similares a los recomendados por Eckenfelder (12), con capacidad para 80 litros con las características geométricas mostradas en la Figura 1.

Cada una de estas unidades fue fabricada con lucita de 3/8" de espesor y diseñados con cuatro mamparas de 1/4" -- cuyo objetivo es provocar una distribución vertical y uniforme del fluido.

El equipo adicional con que se contó para la operación del sistema fue complementado con tanques de alimentación (Depósitos de 20 litros conteniendo Agua Residual Sintética) Bombas peristálticas (Master Flex, Modelo 7535-IV Cole Parmer) equipadas con cabezales No. 7016 y tubería de silicón Cole -- Parmer 6411-02 y de Tygon R-3603, tanque recolector del efluen

te 20 litros y accesorios como tubo de vidrio, abrazaderas y mangueras.

El agua residual contenida en el tanque de alimentación (1), es suministrada por la bomba peristáltica calibrada a un flujo de 7.4 ml/min (2), el cual proporcionó un tiempo de residencia hidráulico ( $Q_h$ ) de aproximadamente siete días y medio en el sistema, tiempo en que se ha llevado a cabo la remoción de la carga orgánica suministrada como ya fue demostrado en un estudio previo (14) y finalmente es recibida en el tanque recolector del efluente (3).

Por tal comportamiento del fluido en el sistema este modelo es considerado como un reactor biológico cuyo patrón de flujo es muy parecido al de un reactor de tipo pistón o tapón, en el que la composición varía de punto en punto a lo largo de la línea de flujo lo que se muestra en la Figura 2 (18).

La inoculación de los modelos fue hecha con lodos residuales procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Juan de Aragón, alimentándose posteriormente con Agua Residual Sintética (ARS) con una carga orgánica en promedio de 373 mg DQO/día durante la experimentación, siguiendo la fórmula dada por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), la cual se muestra en la Tabla 4 y cuya composición equivale en promedio a la carga orgánica de un agua residual de origen doméstico por lo que se recomienda para estudios de este tipo (35).

## PARAMETROS FISICOQUIMICOS

Los parámetros fisicoquímicos utilizados para evaluar el funcionamiento del modelo son:

Demanda química de Oxígeno (DQO) que permitió conocer la concentración del sustrato en el agua de alimentación y la diferencia en el agua tratada.

Sólidos Suspendidos (SS) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) determinando la concentración de microorganismos en el sistema evaluados siguiendo los criterios dados por los manuales para el análisis de aguas y aguas de desecho de la SARH y por el Standard Methods (40, 50).

En forma paralela se hicieron determinaciones de -- oxígeno disuelto (OD), pH, Temperatura e Iluminación (IL), -- registradas en el sistema a lo largo del estudio siguiendo la estratificación vertical de la superficie, profundidad media y el fondo al centro de cada celda con los siguientes aparatos. Medidor de Oxígeno YSI Modelo 54-A, Medidor de pH digital Cole-Parmer 5986-10 USA y Termómetro de mercurio y expocimetro respectivamente.

Con el objeto de tener datos acerca del estado de la población microbiana en el sistema en forma casi inmediata se midió la velocidad de consumo de oxígeno.

El procedimiento consistió en colocar una muestra de

lodos en la celda de un analizador de oxígeno YSI modelo 53 - con graficador modelo 8377-10 Cole Parmer International previamente calibrado a 0% y 100% de saturación de oxígeno disuelto y determinar la pendiente de la curva de consumo de oxígeno registrada en el graficador.

Durante el acondicionamiento de las unidades se trabajó en condiciones naturales hasta que los sistemas alcanzaron el estado estacionario, considerándolo como el estado en el cual el parámetro de remoción, de materia orgánica no variara de una manera considerable en el curso de 5 muestreos aproximadamente (14) lo cual indicó que el sistema había pasado por un periodo de aclimatación que aseguró el establecimiento de una comunidad microbiana considerada estable para su evaluación.

#### MUESTREO

La toma de muestra consistió en agitar manualmente con pala de madera cada una de las celdas del sistema con el objeto de tomar un volumen de muestra homogéneo de 500 ml x celda, utilizado para las determinaciones de (SS), (SSV) y -- Velocidad de Respiración (lo que se indica en la Figura 3) con una periodicidad de cada 20 días aproximadamente, periodo sujeto a la recuperación de las condiciones de estabilización del sistema.

## EVALUACION MICROBIANA

La toma de muestra en el sistema siguió el procedimiento mencionado anteriormente con la única variación de que el volumen (25 ml por celda) para la evaluación microbiana fue tomado en matraces estériles (Figura 3).

Posteriormente a esto la muestra fue dispersada en licuadora, vaso estéril durante dos minutos, con el fin de romper los flóculos en los que se encuentran aglutinados los microorganismos y evitar interferencias en la cuenta viable (37) se prepararon diluciones desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-7}$  mediante la adición sucesiva de 10 ml de cada dilución a botellas de dilución conteniendo 90 ml de agua destilada estéril (procedimiento seguido para las tres celdas de cada unidad). De las diluciones  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  se introdujeron alícuotas de 0.1 ml por triplicado en cajas de petri adicionando medio Casitona Glicerol Extracto de Levadura (CGY), (por ser uno de los medios de cultivo recomendado por la literatura para estudios de este tipo 19 y 37), mediante agitación rotatoria de la caja se mezcló al inóculo incubándose después a  $20^{\circ}\text{C}$  durante 72 hrs en incubadora (HOT PACK).

La cuenta viable se realizó en un contador de colonias tipo QUEBEC registrando el número de colonias desarrolladas y el valor reportado es el promedio del triplicado de la dilución que menos variación presentó.

Realizado el recuento de colonias, se observaron al microscopio las características morfológicas que presentaban éstas, en donde se incluyen Tamaño, Color, Forma, Bordes, Elevación, Luz Transmitida, Luz Reflejada, Aspecto, Superficie y Consistencia (8 y 33).

La observación de estas características sirvió para conocer en forma indirecta la diversidad inicial de los grupos bacterianos presentes en los sistemas, así como la frecuencia con la que los microorganismos se presentaban a lo largo del estudio.

Establecido este criterio de selección se practicó el aislamiento por el método de estria cruzada con el objeto de obtener los cultivos puros utilizados en el desarrollo de la caracterización.

Para el logro del aislamiento, se pasó una porción de la colonia elegida seguido de un rayado adecuado en la superficie de cajas con agar nutritivo, esta operación hizo posible adelgazar la muestra de tal manera que en la superficie del medio quedaran las bacterias separadas en algunas áreas de la placa lo que permite estar seguros que la colonia que se desarrolla a partir de una célula no se junte con la que está desarrollándose a partir de otra, cabiendo suponer que cada colonia aislada es la descendencia de una sola célula y por tanto una porción de una colonia que se pasó a un medio de cultivo en tubo viene a ser un cultivo puro.

Después de la resiembra por estria cruzada en agar nutritivo se incubó a 25°C durante 48 horas, posteriormente se observó al microscopio que las colonias crecidas coincidieran con las características morfológicas de la colonia aislada, - seguida de las preparaciones en fresco de la tinción de Gram realizada a las 24 y 48 horas, asegurando de esta forma la pu reza del cultivo aislado además de conocer su reacción a la - tinción de Gram y su forma microscópica.

Posteriormente a esto se procedió a pasar el cultivo a tubos inclinados conteniendo agar nutritivo, obteniéndose de esta forma las cepas que fueron utilizadas para la caracterización microbiana correspondiente, lo anterior es mostrado en forma resumida en el Diagrama 1.

Este procedimiento fue aplicado tanto en muestreos en condiciones naturales de los sistemas como bajo las condiciones iluminadas durante los experimentos con detergente.

En la realización de la identificación de las cepas aisladas se siguieron los criterios dados por Cowan (8), a nivel de grandes grupos (Familias). En donde las bacterias aisladas en cada uno de los muestreos fueron sometidas a pruebas bioquímicas primarias que conforme a este criterio son suficientes para colocarlas taxonómicamente a nivel de familia.

Cowan propone para este propósito la aplicación de una serie de pruebas bioquímicas conocidas como pruebas prima-

rias las cuales son utilizadas en la ubicación inicial de una cepa en algunos de los órdenes conocidos, dentro de las pruebas primarias se tienen las siguientes:

TINCION DE GRAM  
MOVILIDAD  
REQUERIMIENTOS DE OXIGENO  
CATALASA  
OXIDASA  
PRUEBA O/F

#### PRUEBA DE MOVILIDAD

Los cultivos se sembraron por picadura en tubo con medio semisólido para movilidad (SIM) incubándose a 37°C durante 48 horas. La prueba se considera positiva si existe -- turbidez en el medio alrededor de la picadura.

#### PRUEBA DE REQUERIMIENTOS DE OXIGENO

Se llevó a cabo en un medio que contiene triptona y extracto de levadura sembrado, por picadura cuando el medio se encuentra aún líquido a 40°C aproximadamente, evitando -- agitar el tubo para no tener falsas observaciones, se deja -- solidificar para incubarse a 26°C por un período de 48 a 72 horas.

El resultado lo dá la forma como el crecimiento se manifiesta en el tubo.

### PRUEBA DE CATALASA OXIDASA

En estas pruebas las cepas fueron sembradas por estria abierta en medio (BHI) e incubadas a 37°C durante 48 horas.

Para la determinación de citocromo oxidasa se adicionó sobre el cultivo a probar reactivo de tetrametilparafenilendiamina (clorhidrato de tetrametilparafenilendiamina al 1% en agua), y se observó si las colonias tienden a cambiar de color, rosa, rojo o negro. La presencia de estos -- colores indica la positividad de la prueba.

Para la determinación de Catalasa se adicionó --- sobre el cultivo unas gotas de agua oxigenada ( $H_2O_2$  al 3%) interpretando como positivo (la presencia de efervescencia) y como negativo la ausencia de esta.

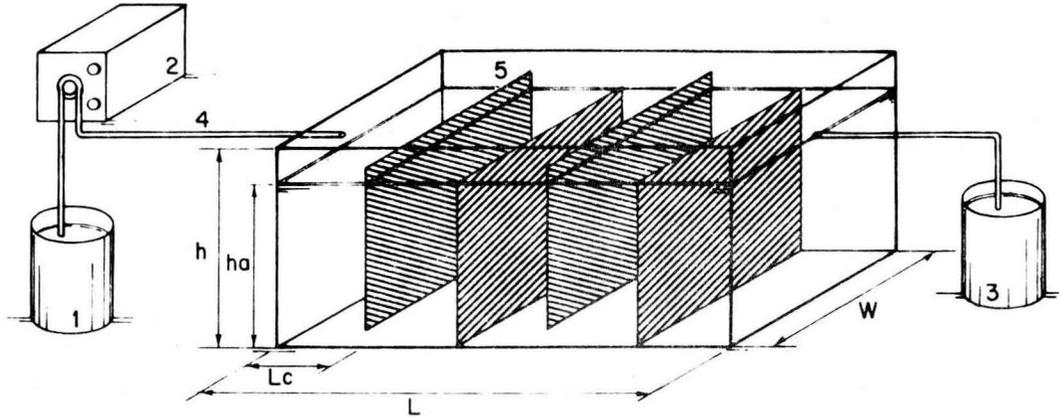
### PRUEBA O/F

Se sembró en medio Hugh y Leifson por picadura e incubados a 37°C durante 48 horas. El resultado se considera oxidativo si hay color amarillo en la superficie y fermentativo si el color amarillo se presenta en el fondo.

(La composición y preparación de cada uno de los - medios utilizados en la realización de estas pruebas se indica en el apéndice).

FIGURA 1

UNIDAD EXPERIMENTAL UTILIZADA



1- Tanque de alimentación.

2- Bomba peristáltica.

3- Tanque recolector del efluente.

4- Manguera de alimentación.

5- Mamparas.

(h) Profundidad total, 35.5 cm.

(ha) Profundidad del agua, 28.0 cm.

(W) Ancho, 35.5 cm.

(L) Longitud total, 80.0 cm.

(Lc) Longitud de cada celda, 15.5 cm.

FIGURA 2

COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO EN EL SISTEMA

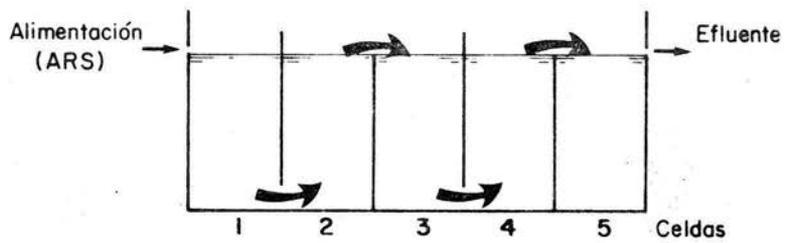


FIGURA 3

## METODOLOGIA GENERAL DE MUESTREOS Y DETERMINACIONES

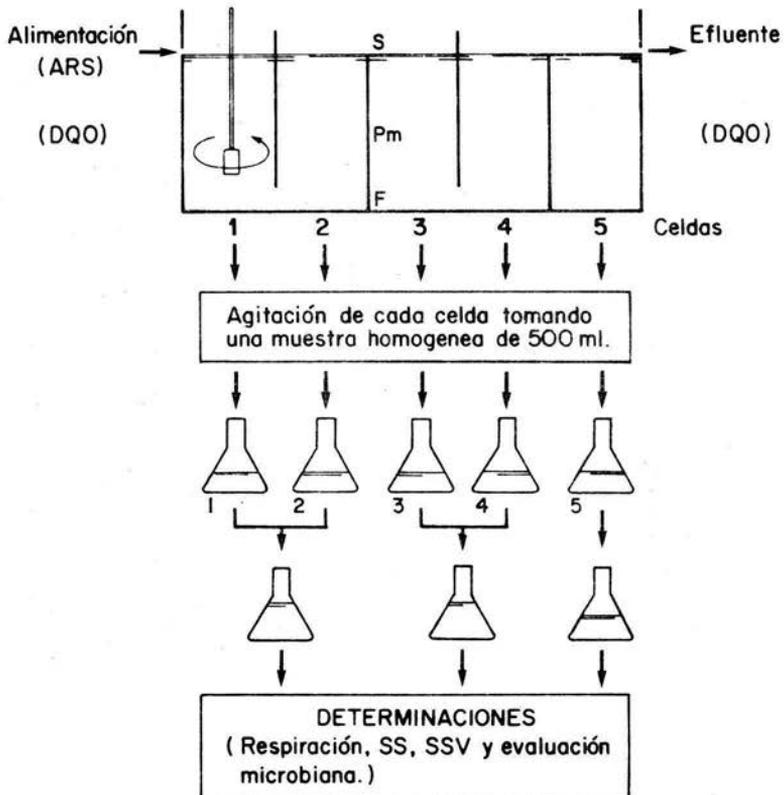


TABLA 3

VARIACION DE LA CONCENTRACION DE DETERGENTE  
A LO LARGO DE LA EXPERIMENTACION

<u>CONCENTRACION</u>	<u>PERIODO</u>
0 mg/l SAAM	27-OCT-84/7-DIC-84
2.5 mg/l SAAM	07-DIC-84/9-ENE-85
5.0 mg/l SAAM	09-ENE-85/20-MAR-85
7.5 mg/l SAAM	20-MAR-85/08-ABR-85
12.5 mg/l SAAM	08-ABR-85/15-MAY-85

TABLA 4

COMPOSICION DEL AGUA RESIDUAL SINTETICA\*

---

Peptona de Gelatina	160	mg
Extracto de Carne	110	mg
Urea	30	mg
NaCl	7.5	mg
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4.0	mg
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.0	mg
Agua Destilada	1000	ml

---

\* OECD (35)

## DIAGRAMA 1

METODOLOGIA GENERAL SEGUIDA EN LA OBTENCION  
DE CULTIVOS PUROS

---

TOMA DE MUESTRA  
(Matraces estériles 25 ml x celda)



DISPERSION EN LICUADORA VASO ESTERIL  
2 MINUTOS Y PREPARACION DE DILUCIONES  
 $10^{-1}$        $10^{-7}$



VACIADO EN PLACA  
(Alícuotas de 0.1 ml)



INCUBACION 20°C X 72 HRS



CUENTA VIABLE



OBSERVACION Y REGISTRO DE LAS  
CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS  
DE CADA COLONIA



AISLAMIENTO POR ESTRIA CRUZADA



TINCION DE GRAM 24 Y 48 HORAS



AISLAMIENTO A TUBO  
(obtención del cultivo puro)



PRUEBAS PRIMARIAS

REACCION GRAM	CATALASA
MOVILIDAD	OXIDASA
REQUERIMIENTOS DE OXIGENO	PRUEBA O/F

---

## RESULTADOS

### PRIMERA FASE

#### 1. Sólidos suspendidos y Suspendidos volátiles.

Los resultados de la evaluación de estos dos parámetros se muestra en la Figura 4 para la Unidad I y en la Figura 14 para la Unidad II.

#### 2. Intensidad Luminosa

La variación de la iluminación durante el periodo experimental se presentan en la Figura 7 para la Unidad I y en la Figura 13 para la Unidad II.

#### 3. Velocidad Específica de Respiración.

Los cambios encontrados en la respiración del sistema se muestran en la Figura 9 para la Unidad I y en la Figura 15 para la Unidad II.

#### 4. pH y Temperatura.

El comportamiento de estos dos parámetros se muestra en la Figura 8 para la Unidad I y en las Figuras 11 y 12 para la Unidad II.

#### 5. % De Remoción de Materia Orgánica.

La eficiencia de remoción de la materia orgánica medida como demanda química de oxígeno, se muestra en la Figura 26 para la Unidad I y en la Figura 17 para

la Unidad II.

#### 6. Cuenta Viable y Dominancia.

Los resultados de Cuenta Viable para las bacterias aerobias y aerobias facultativas se muestran en la Figura 5 para la Unidad I y en la Figura 16 para la Unidad II.

Las dominancias de los grupos bacterianos encontrados durante los muestreos se muestran en la Figura 10 para la Unidad I y en las Figuras 18, 19 y 20 -- para la Unidad II.

### SEGUNDA FASE

#### 1. Sólidos suspendidos y Suspendidos volátiles.

Las Figuras 22 y 29 muestran el comportamiento de estos dos parámetros en las Unidades I y III respectivamente.

#### 2. Temperatura y pH.

El comportamiento de estos parámetros es mostrado en la Figura 21 para la Unidad I y en la Figura 28 para la Unidad III.

#### 3. Velocidad Específica de Respiración.

La variación de la respiración se muestra en la Figura 23 para la Unidad I y en la Figura 30 para la Unidad III.

#### 4. Remoción de Materia Orgánica.

La eficiencia de las unidades se muestra en la Figura 26 para la Unidad I y en la Figura 32 para la Unidad III.

#### 5. Cuenta Viable.

Los datos de las cuentas viables se presentan en la Figura 27 para la Unidad I y en la Figura 31 para la Unidad III.

#### 6. Dominancia.

La dominancia de los grupos bacterianos encontrados durante este periodo se muestra en las Figuras 24 y 25 para la Unidad I.

### TERCERA FASE

#### 1. Sólidos suspendidos y Suspendidos volátiles.

Los datos del efecto de los detergentes en los sólidos suspendidos y suspendidos volátiles se muestran en la Figura 37 para las diferentes concentraciones usadas.

#### 2. Velocidad Específica de Respiración.

La variación de las velocidades de respiración se muestra en la Figura 38.

#### 3. Temperatura y pH.

Los valores obtenidos para pH y la Temperatura se muestran en la Figura 33 para la Unidad I y en la

Figura 34 para la Unidad III.

4. Eficiencia de Remoción de Materia Orgánica y Detergente.

La eficiencia de remoción de materia orgánica medida como DQO y la remoción de detergentes medido como -- sustancias activas al azul de metileno (SAAM) se -- presentan en la Figura 39.

5. Cuenta Viable.

Las cuentas viables obtenidas para este experimento se muestran en la Figura 35 para la Unidad I y en -- la Figura 40 para la Unidad III.

6. Dominancia.

La dominancia de los grupos bacterianos que se aisla ron durante este experimento se muestran en las Figu ras 41, 42 y 43.

FIGURA 4.- VARIACION ESTACIONAL DE LOS  
SOLIDOS SUSPENDIDOS Y SUSPENDIDOS VOLATILES.

UNIDAD I

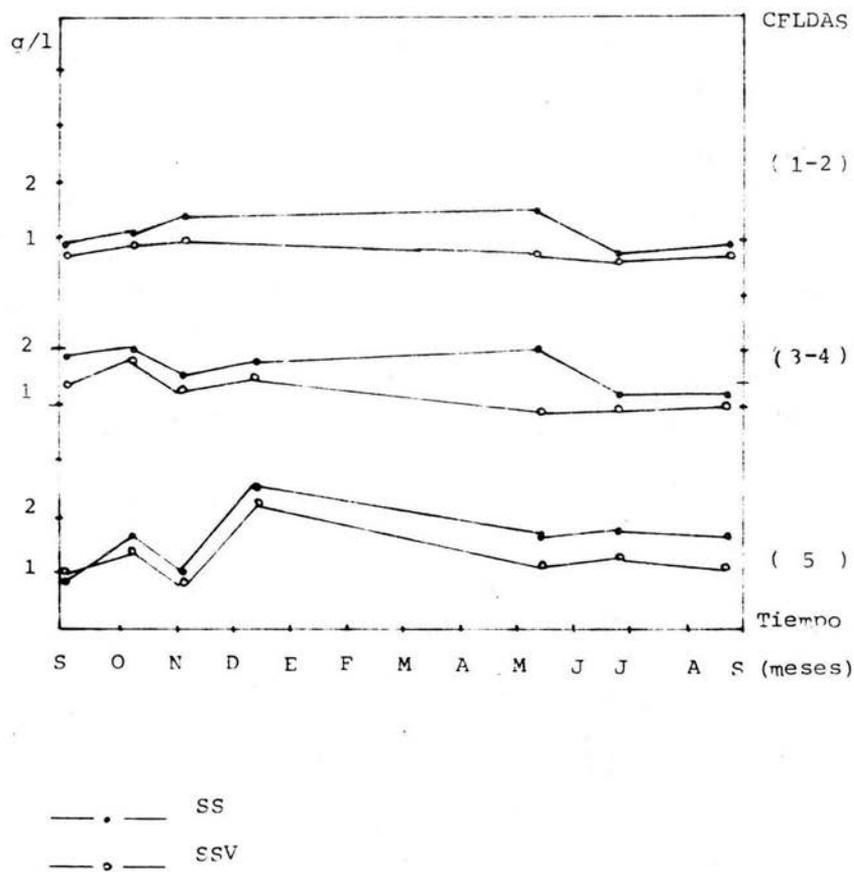


FIGURA 5  
CUENTA VIABLE

UNIDAD I PERIODO NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1983

COLONIAS CONTADAS X ml  $10^5$

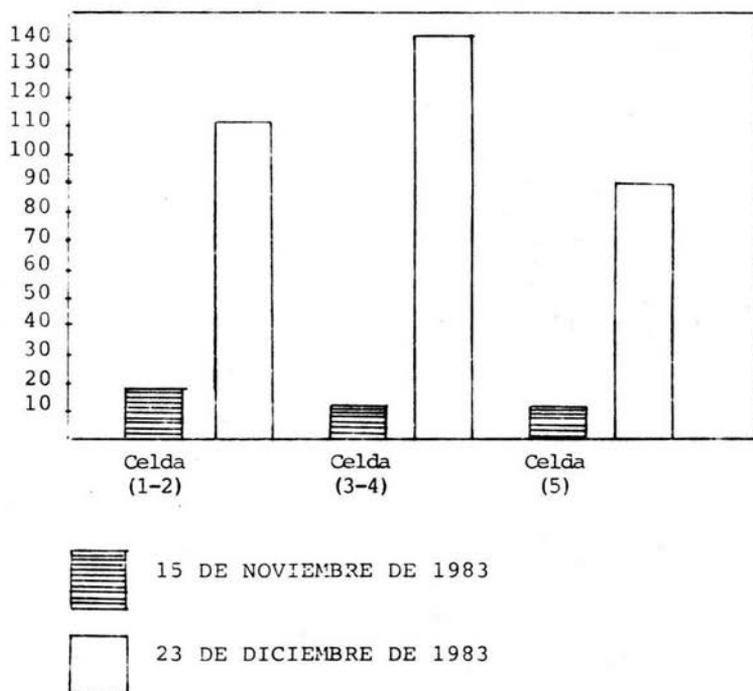
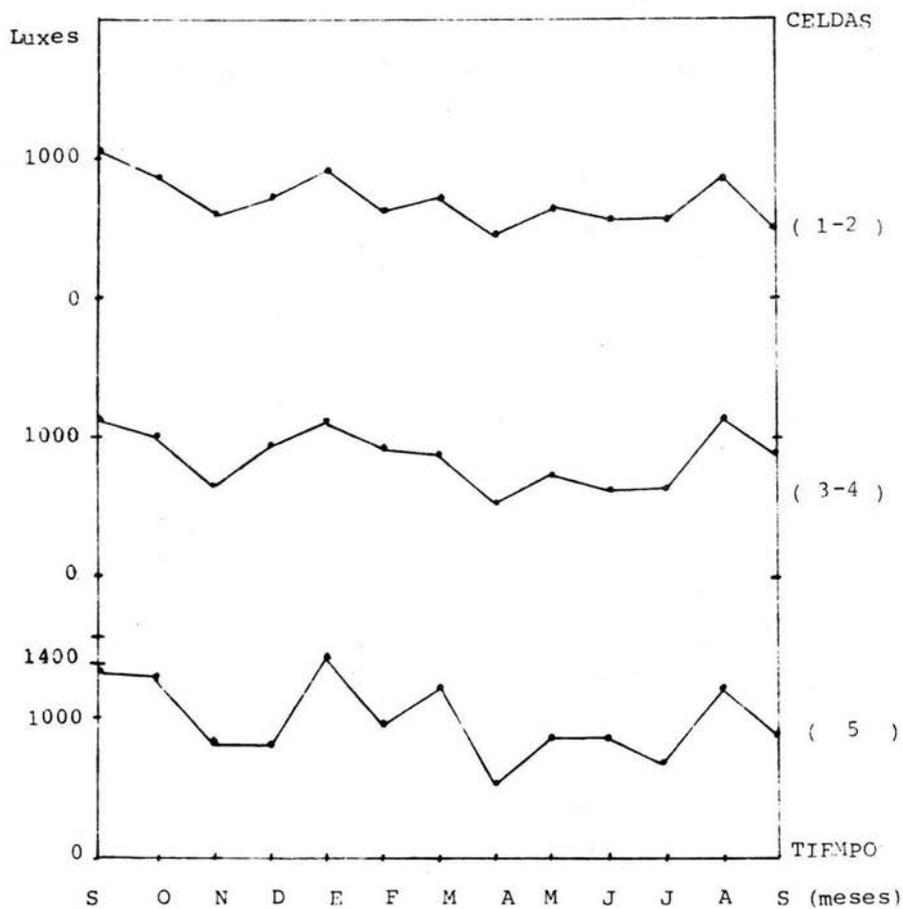


FIGURA 7.- VARIACION ESTACIONAL DE LA  
INTENSIDAD LUMINOSA.

UNIDAD I



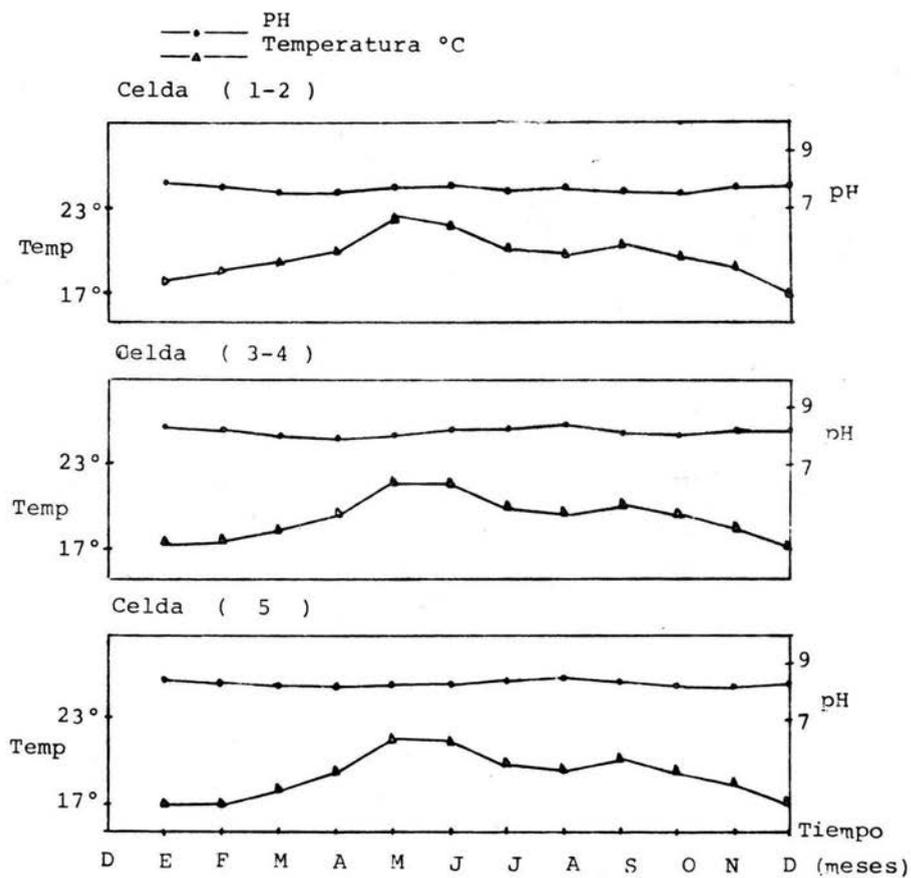


FIGURA 8.- VARIACION ESTACIONAL DE LA  
 TEMPERATURA Y EL pH. UNIDAD I

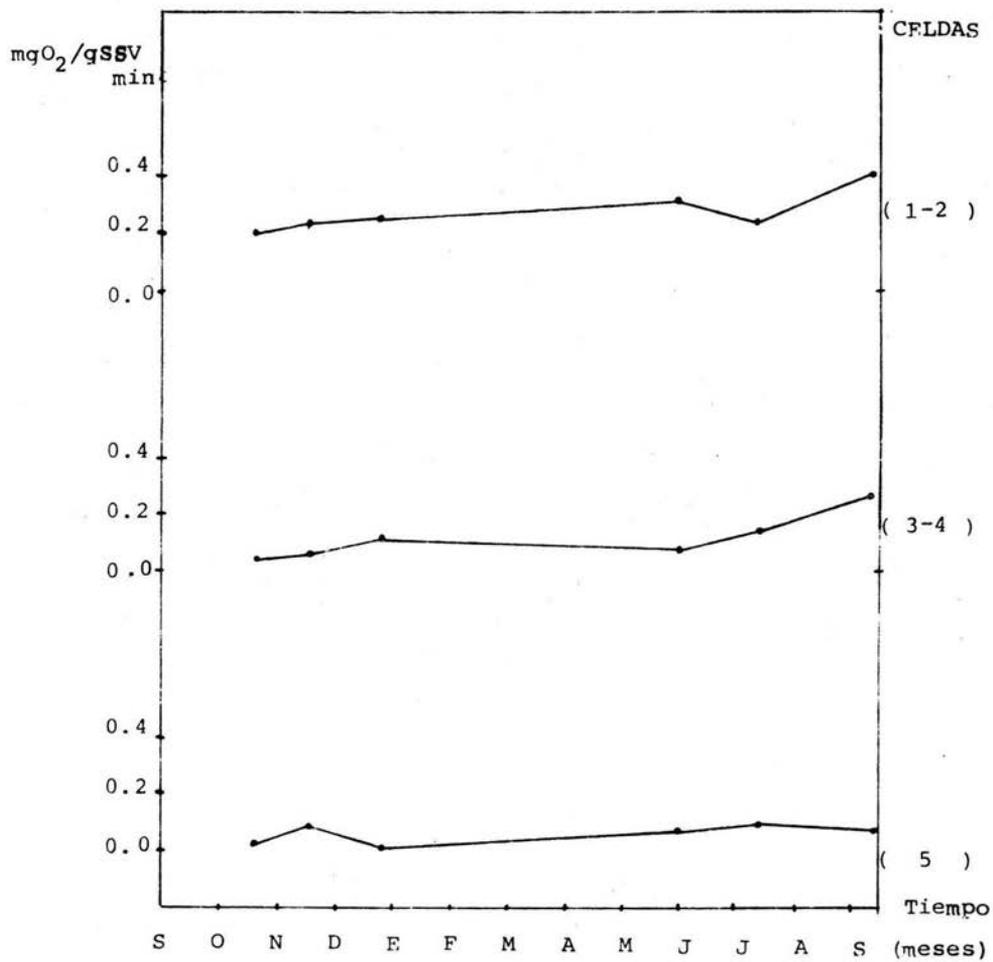


FIGURA 9.- VARIACION ESTACIONAL DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE RESPIRACION. UNIDAD I

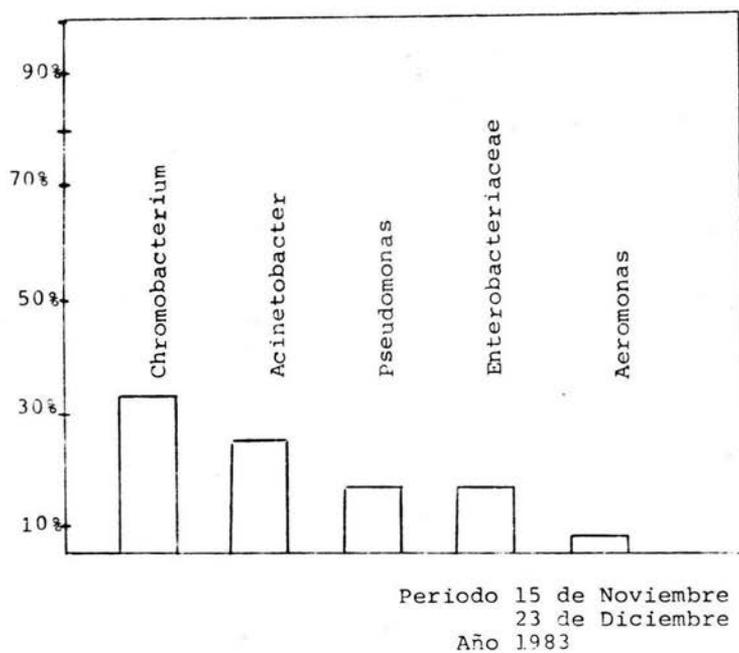


FIGURA 10.- DOMINANCIAS DE LOS DIFERENTES GRUPOS BACTERIANOS AISLADOS UNIDAD I.

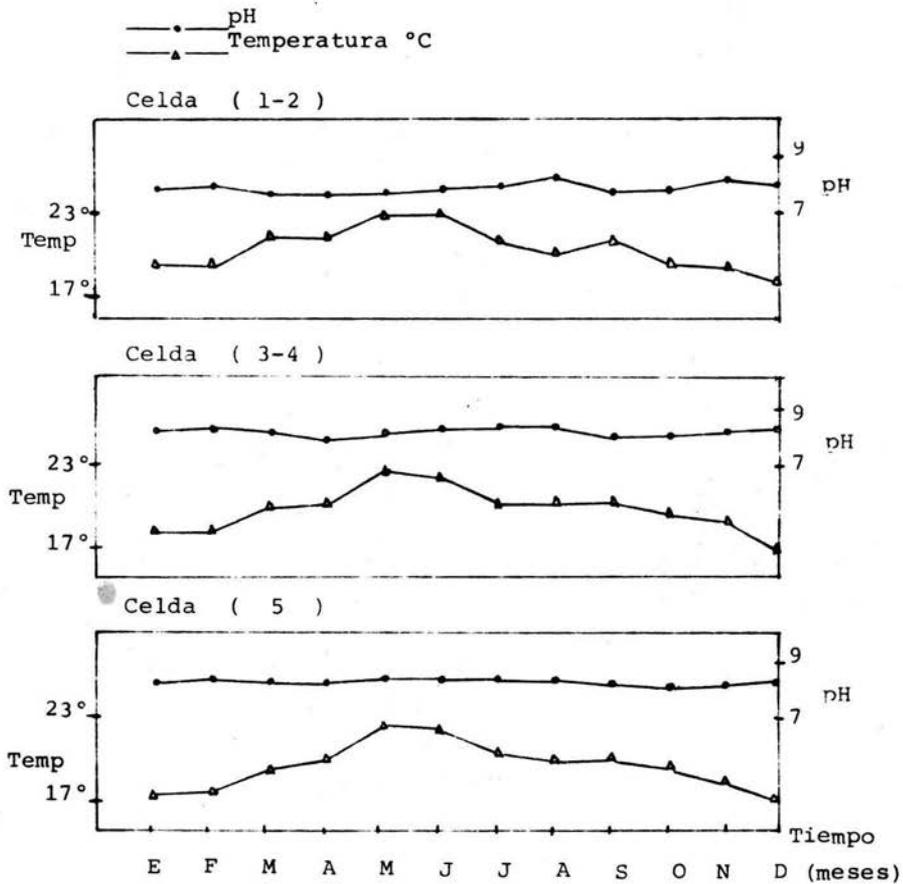


FIGURA 11 .- VARIACION ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA Y EL pH. UNIDAD II

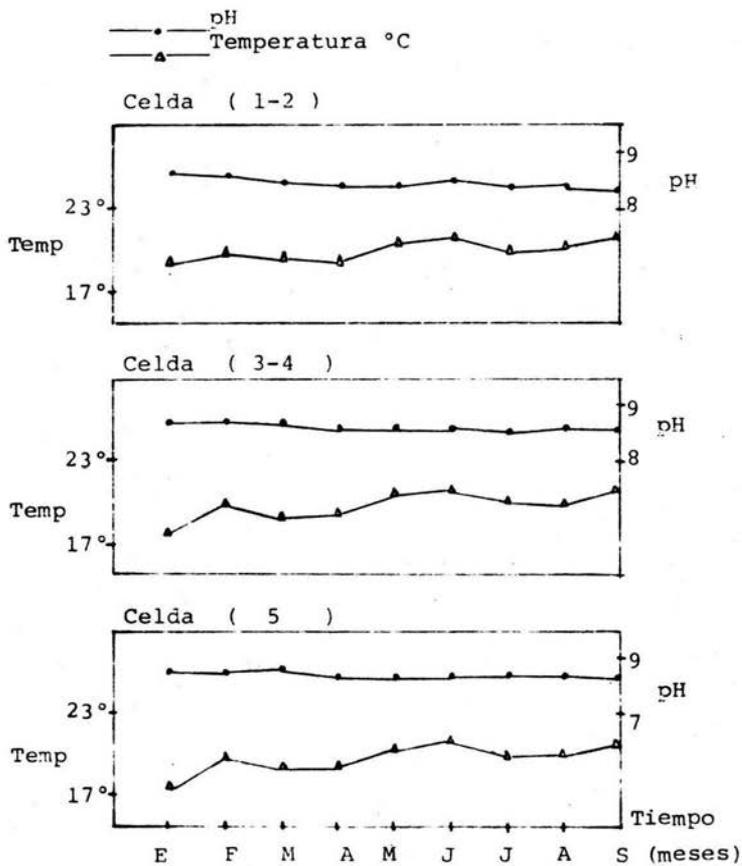


FIGURA 12.-VARIACION ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA Y EL pH. UNIDAD II

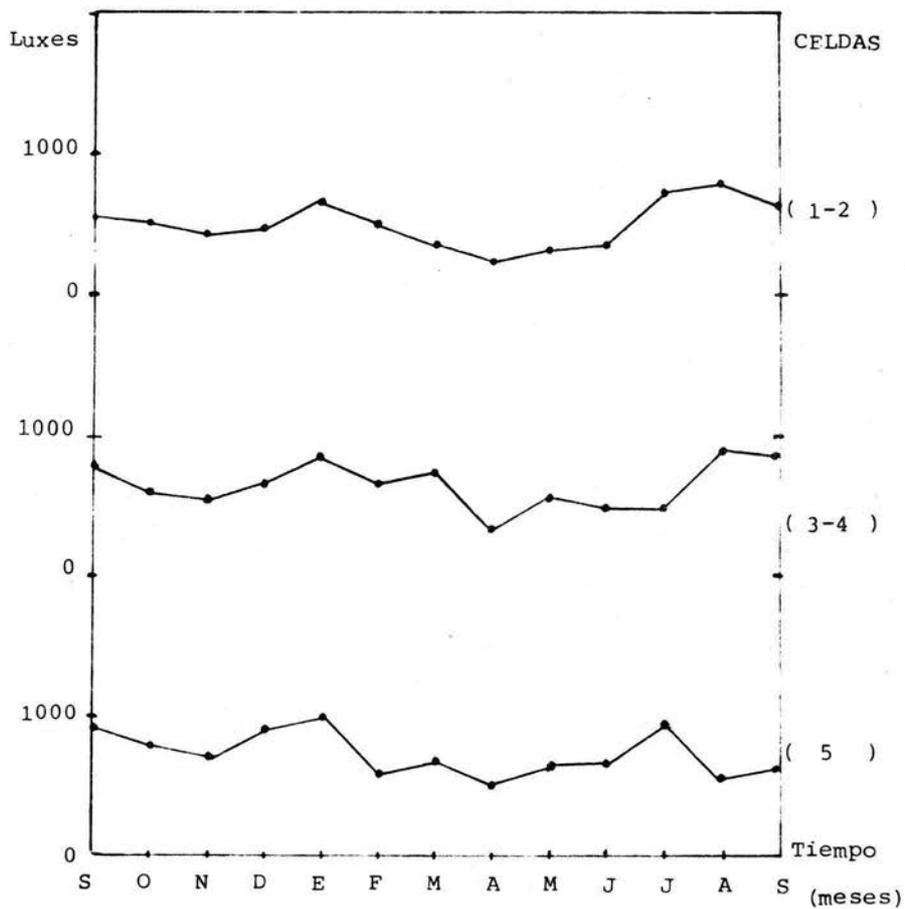
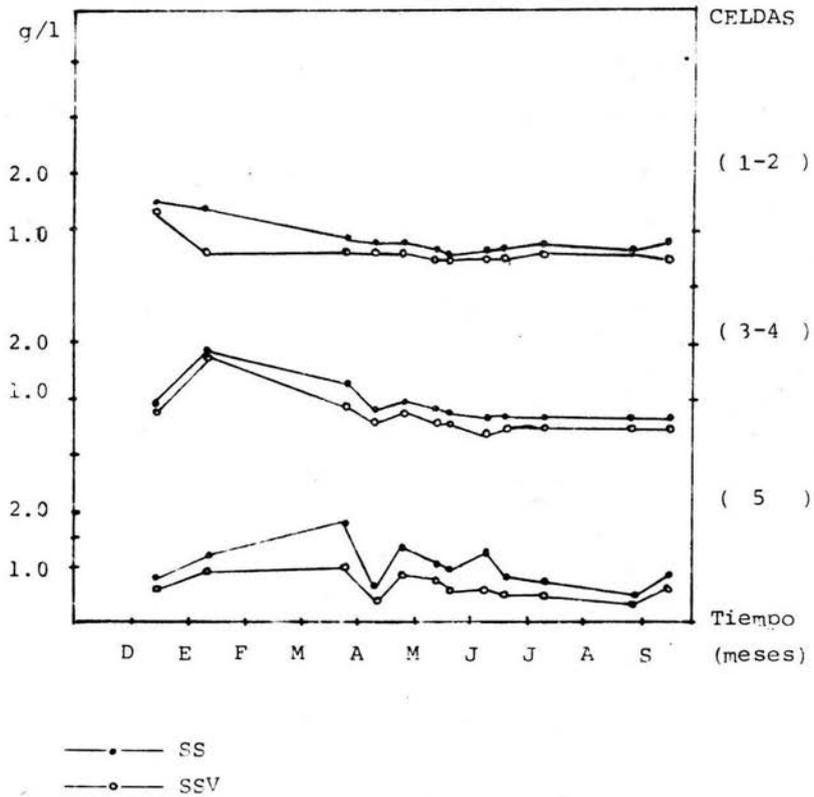


FIGURA 13.- VARIACION ESTACIONAL DE LA INTENSIDAD LUMINOSA. UNIDAD II.

FIGURA 14.- VARIACION ESTACIONAL DE LOS  
SOLIDOS SUSPENDIDOS Y SUSPENDIDOS VOLATILES

UNIDAD II



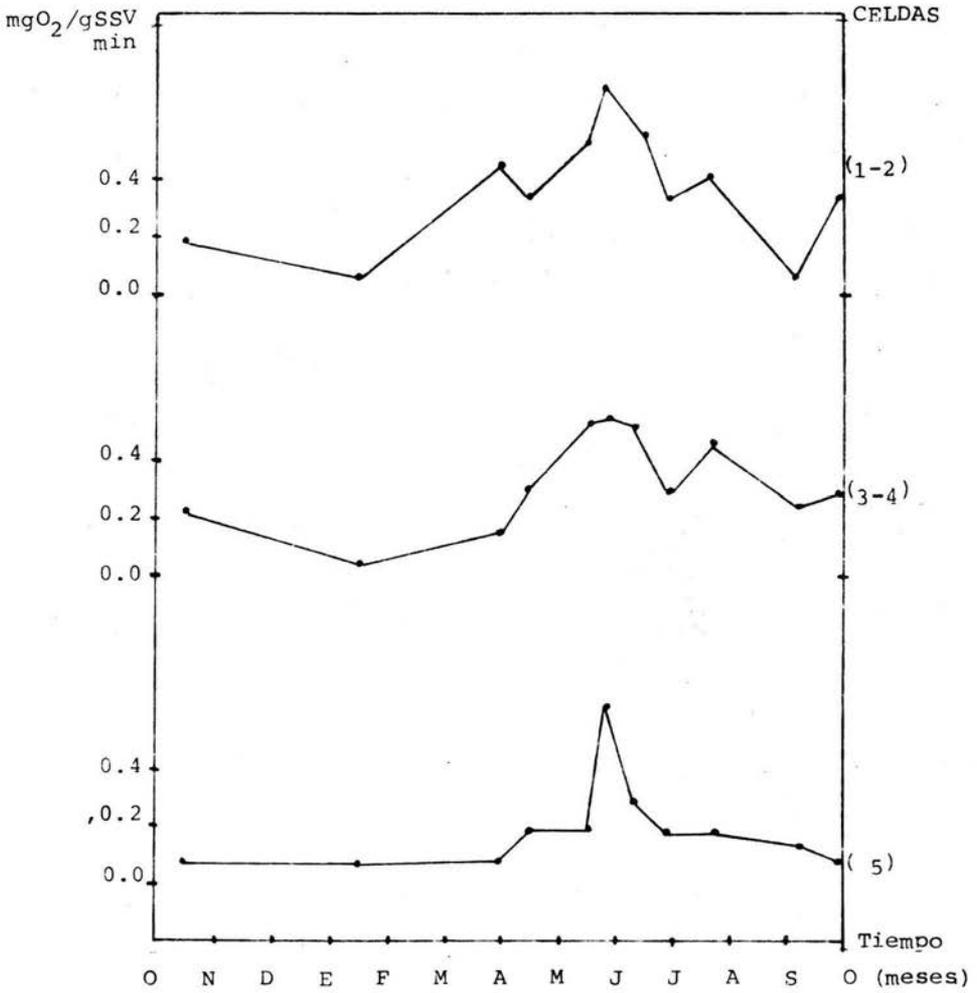


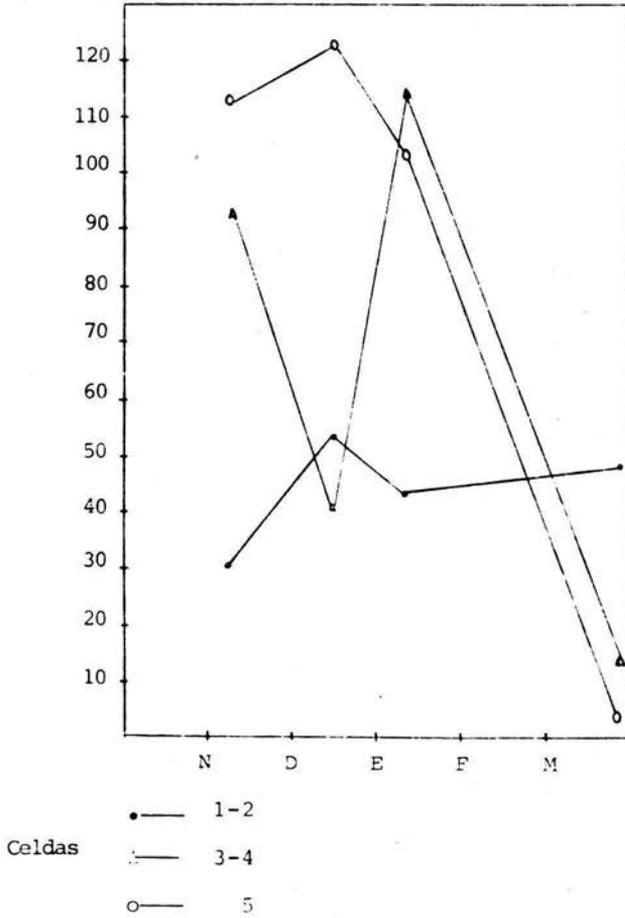
FIGURA 15.- VARIACION ESTACIONAL DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE RESPIRACION. UNIDAD II.

FIGURA 16

CUENTA VIABLE

PERIODO NOVIEMBRE 1983-MARZO 1984

UNIDAD II

COLONIAS CONTADAS X ml  $10^5$ 

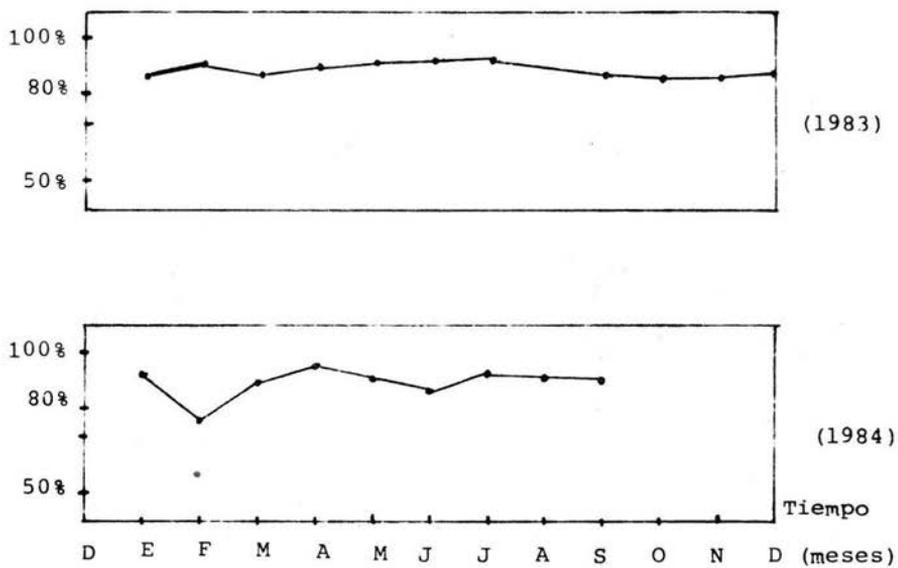


FIGURA 17.- VARIACION ESTACIONAL DE LA EFICIENCIA DE REMOCION. UNIDAD II

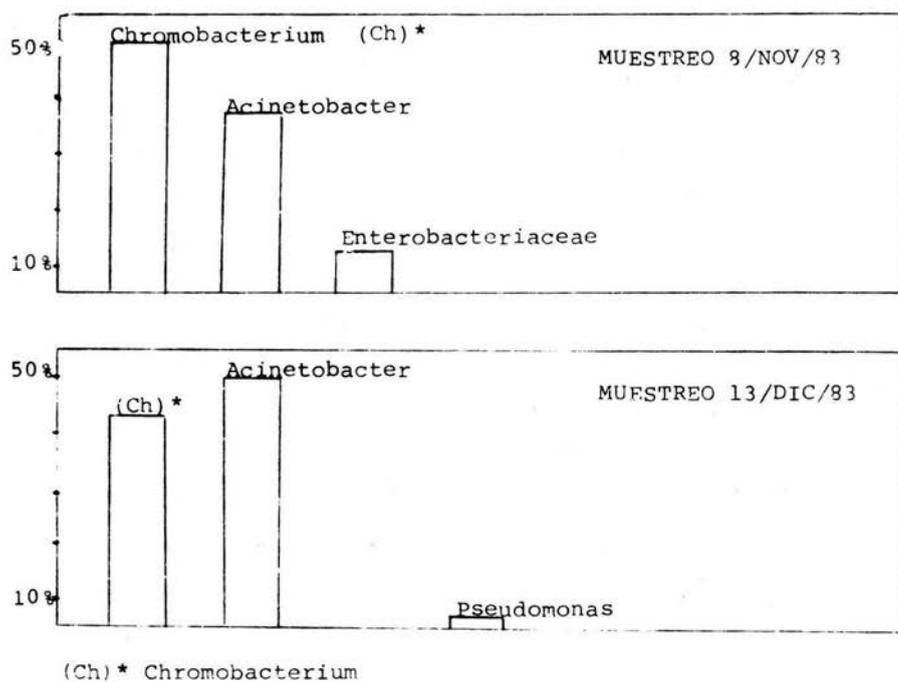


FIGURA 18.- DOMINANCIA RELATIVA DE LOS GRUPOS  
DE BACTERIAS ENCONTRADAS EN CADA MUESTRO  
UNIDAD II

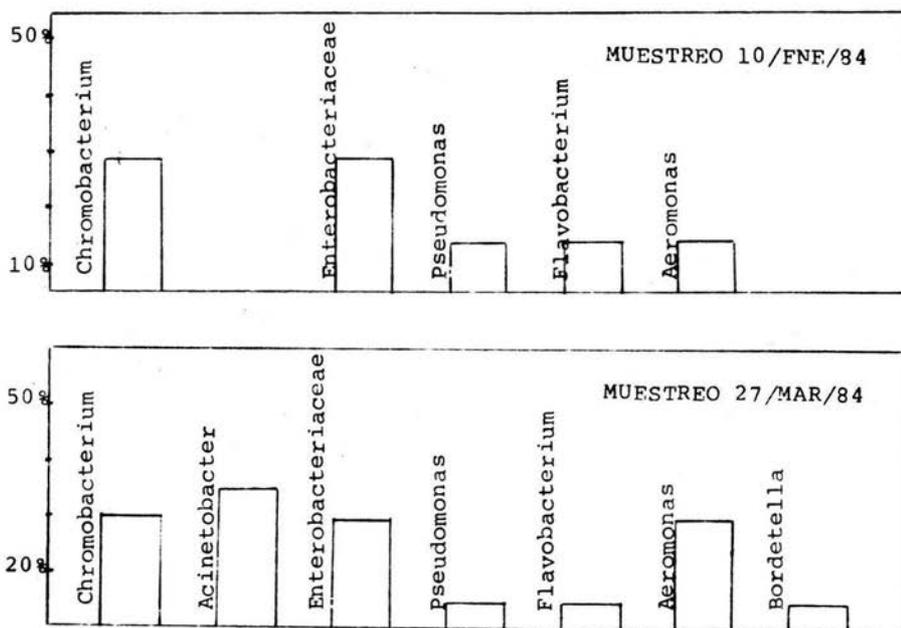


FIGURA 19.- DOMINANCIA RELATIVA DE LOS GRUPOS DE BACTERIAS ENCONTRADAS EN CADA MUESTRO

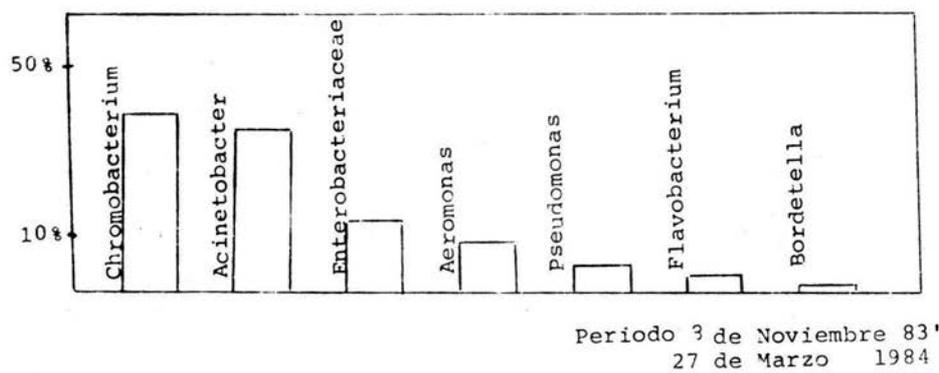


FIGURA 20.- DOMINANCIA RELATIVA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS AISLADOS, UNIDAD II.



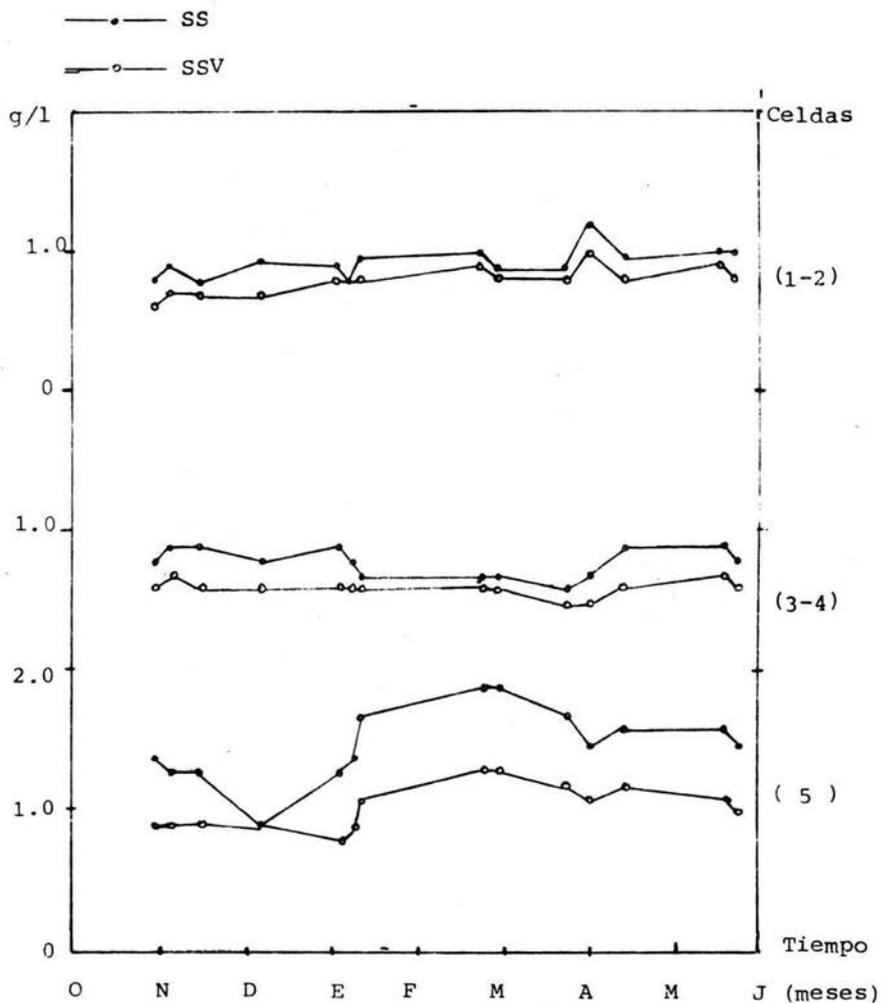


FIGURA 22.- VARIACION DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS Y DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES EN UN SISTEMA CON LUZ CONTROLADA. UNIDAD I.

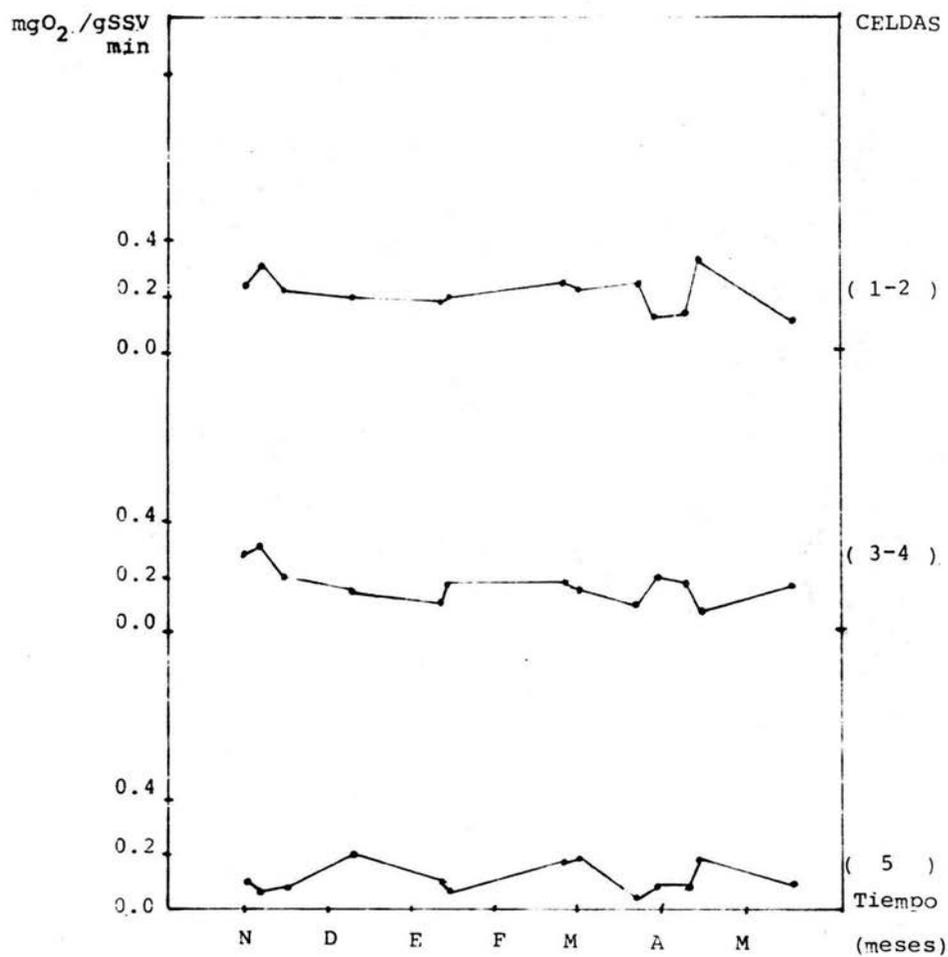
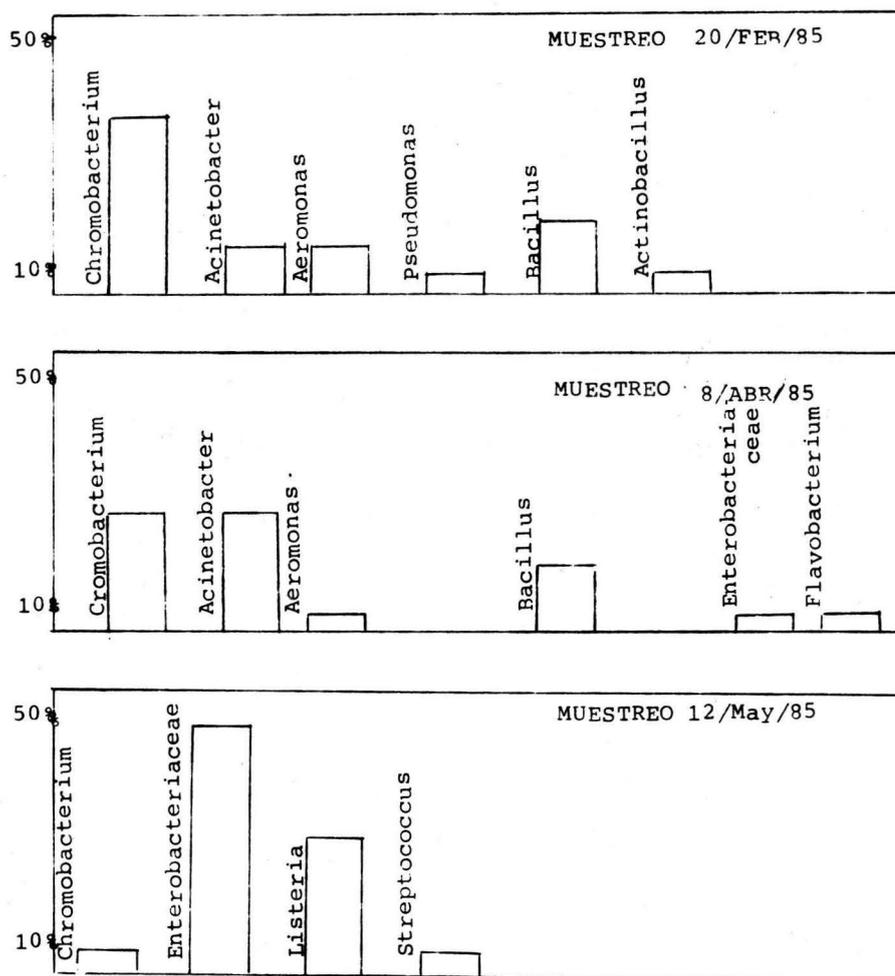


FIGURA 23.- VARIACION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE RESPIRACION PARA UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA UNIDAD I

FIGURA 24 .- DOMINANCIA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS ENCONTRADOS EN CADA MUESTREO UNIDAD I.



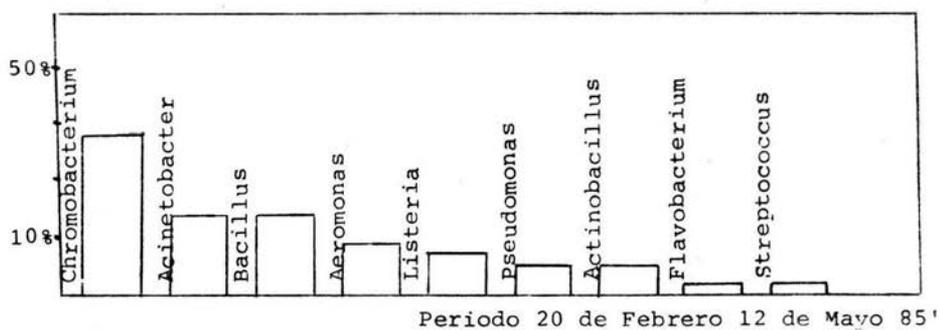


FIGURA 25.- DOMINANCIA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS ENCONTRADOS PARA TODO EL PERIODO CON LUZ CONTROLADA. UNIDAD I.

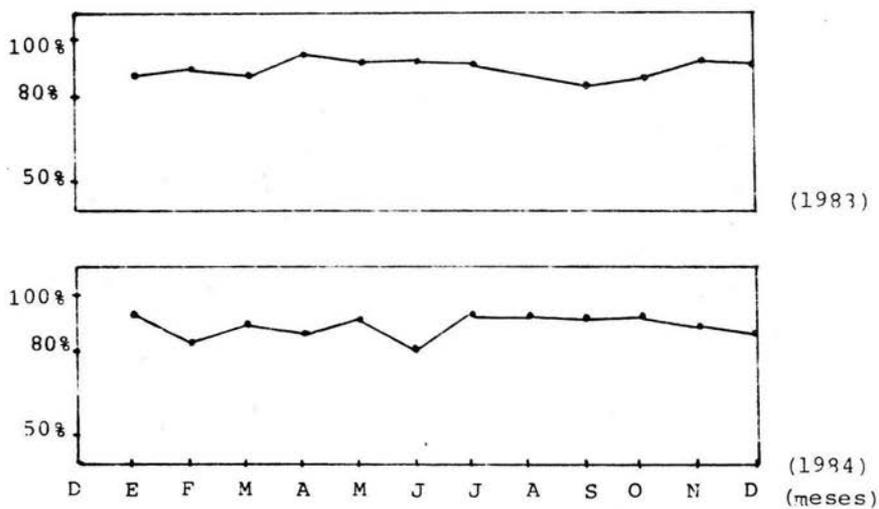
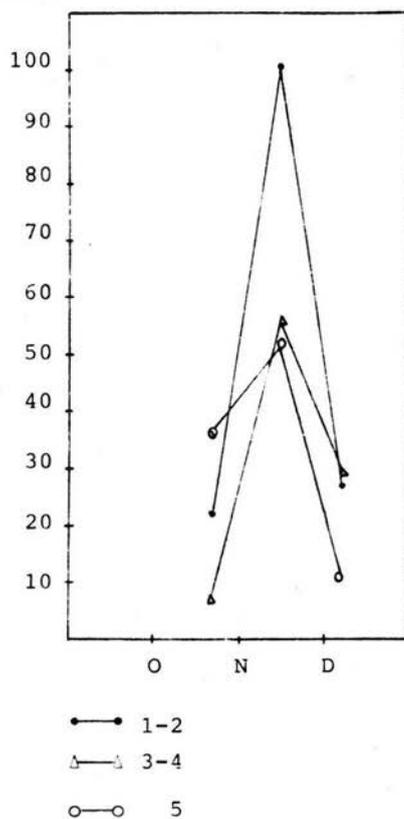


FIGURA 26.- VARIACION ESTACIONAL DE LA EFICIENCIA DE REMOCION. UNIDAD I.

## FIGURA 27

## CUENTA VIABLE

UNIDAD I LUZ CONTROLADA

COLONIAS X ml  $10^5$ 

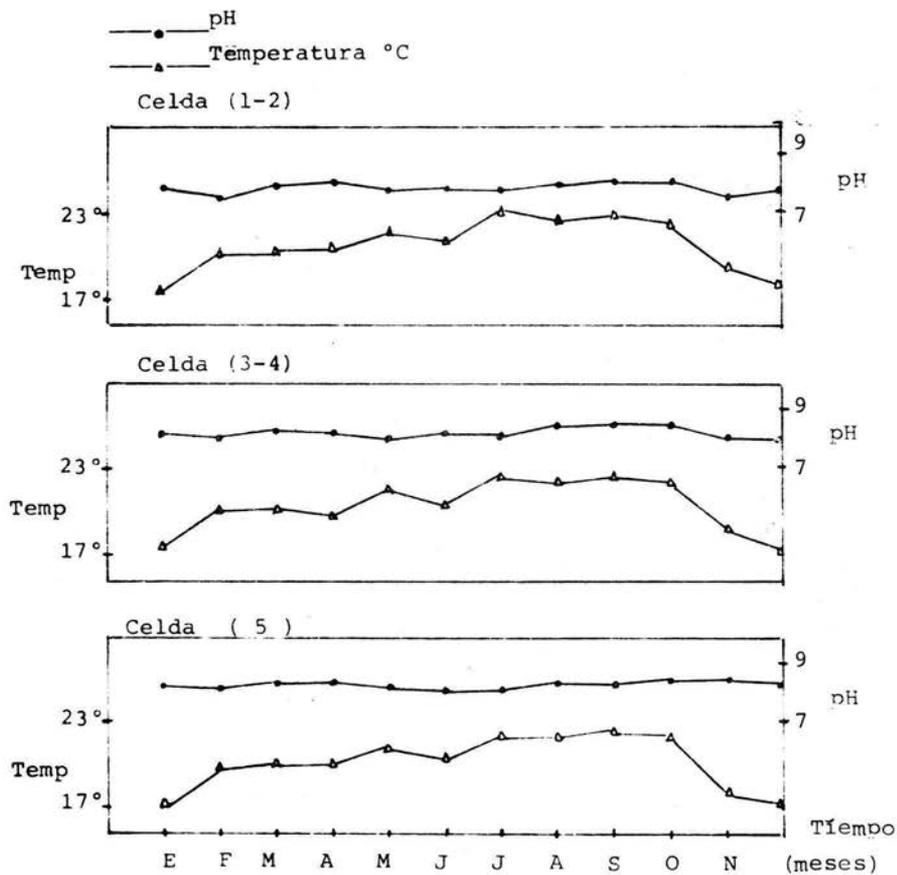


FIGURA 28 .- VARIACION DE LA TEMPERATURA Y EL pH EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA UNIDAD III.

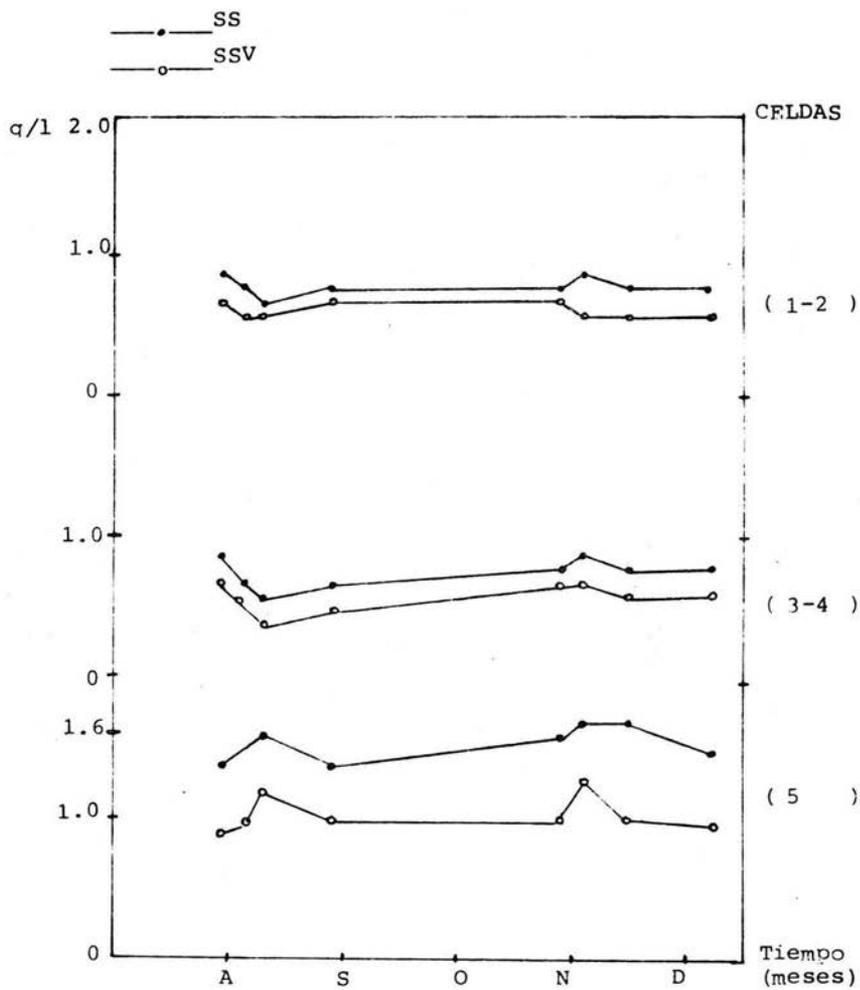


FIGURA 29.- VARIACION DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS  
 Y DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES EN UN  
 SISTEMA CON LUZ CONTROLADA UNIDAD III.

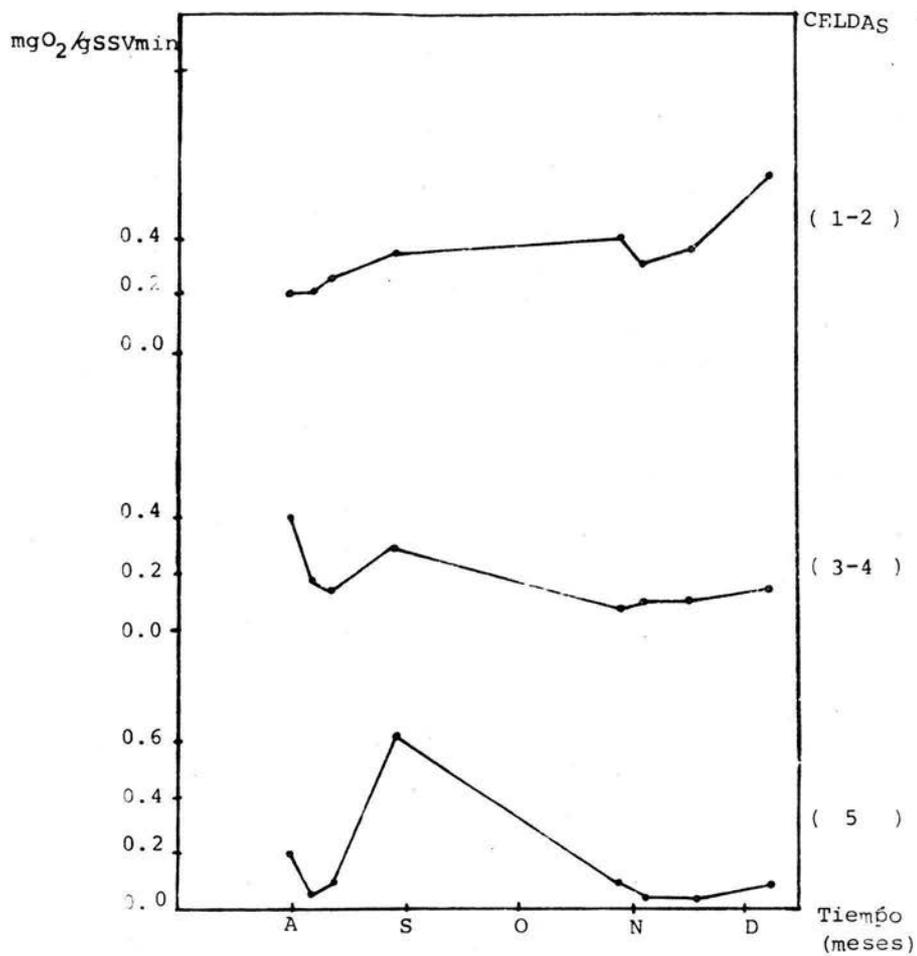
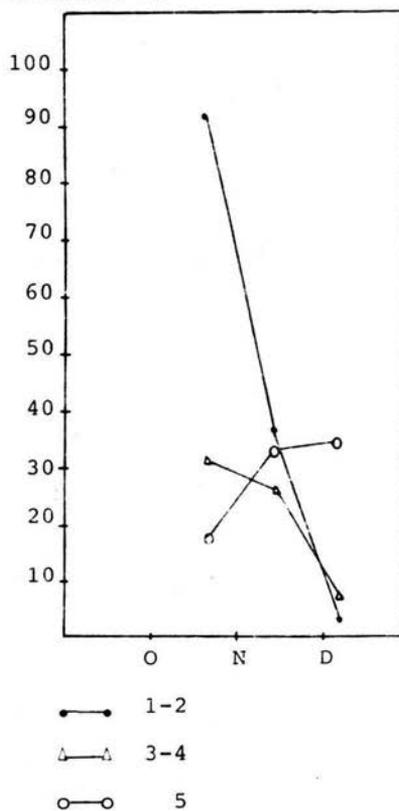


FIGURA 30.- VARIACION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE RESPIRACION EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLDA.

UNIDAD III.

FIGURA 31  
CUENTA VIABLE  
UNIDAD III LUZ CONTROLADA  
COLONIAS X ml CONTADAS  $10^5$



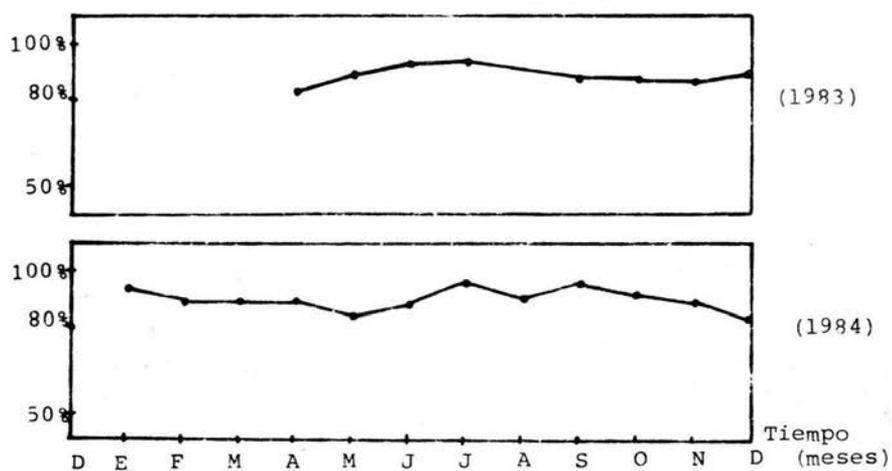


FIGURA 32.- VARIACION DE LA EFICIENCIA DE  
REMOCION PARA UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA  
UNIDAD III.

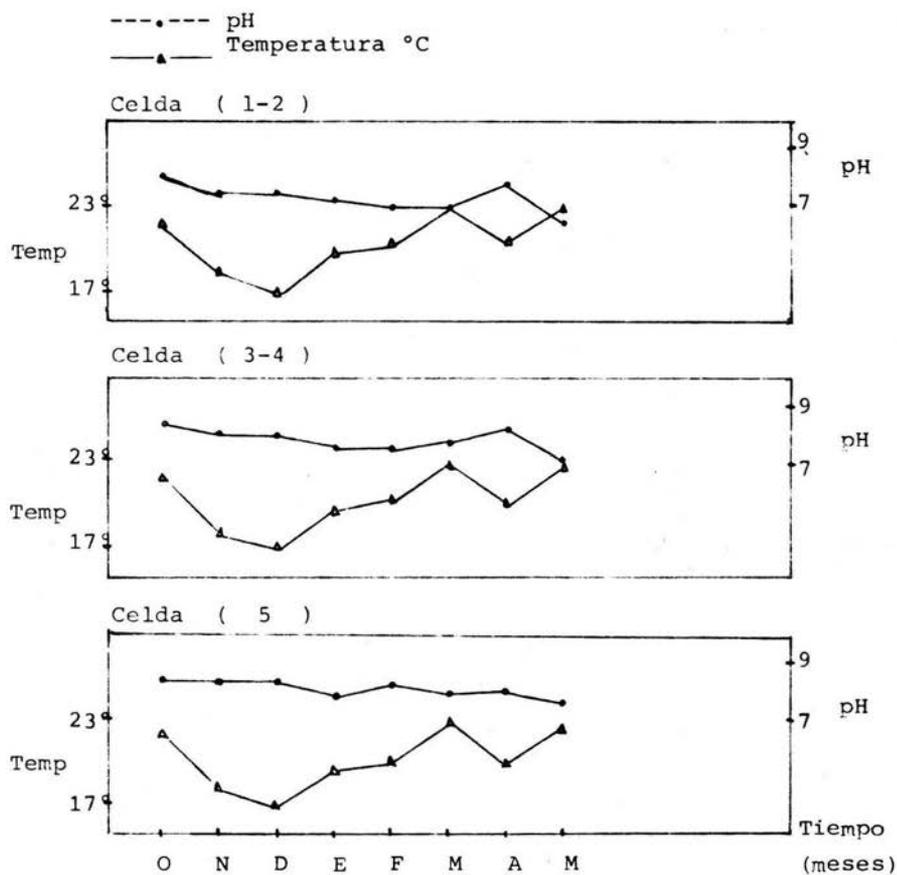


FIGURA 33.- VARIACION DE LA TEMPERATURA Y DEL pH PARA UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA UNIDAD I.

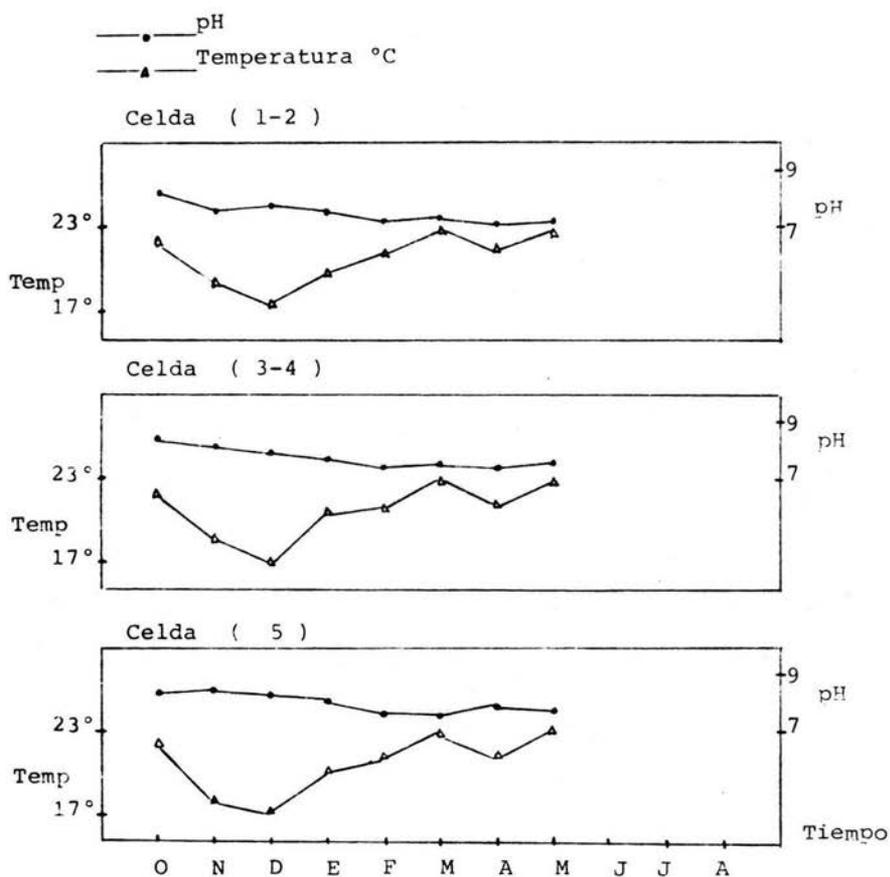
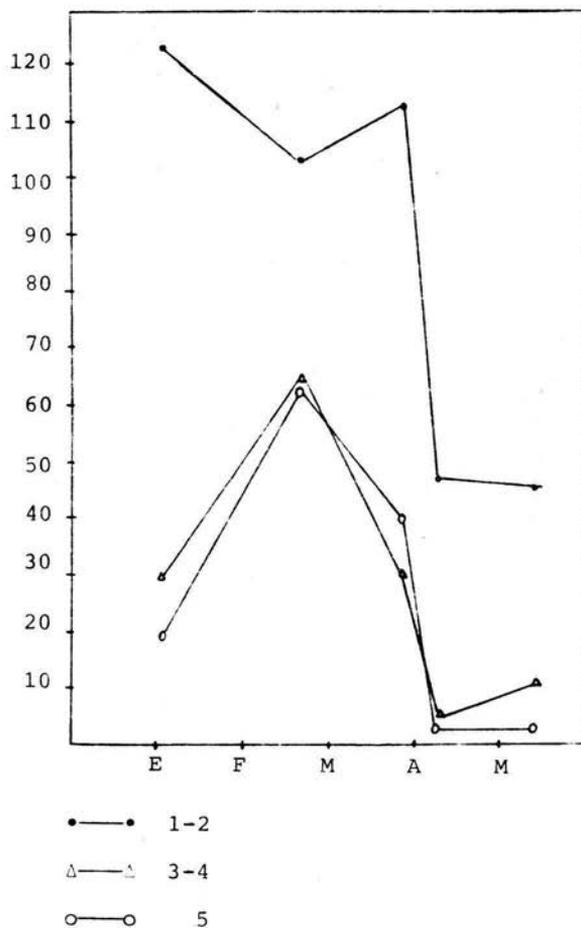


FIGURA 34.- VARIACION DE LA TEMPERATURA Y DEL pH PARA UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA Y DETERGENTE.  
UNIDAD III.

FIGURA 35

## CUENTA VIABLE

UNIDAD I LUZ CONTROLADA SIN DETERGENTE

COLONIAS X ml  $10^5$ 

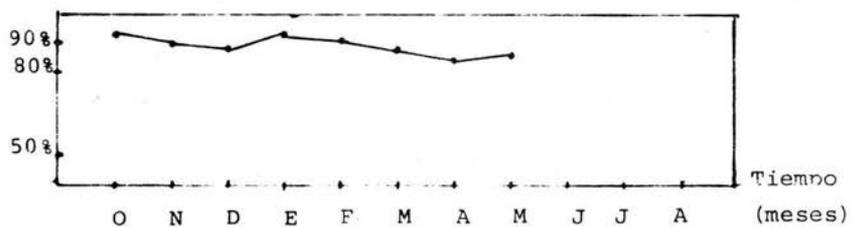


FIGURA 36.- VARIACION DE LA EFICIENCIA DE REMOCION  
PARA UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA. UNIDAD I.

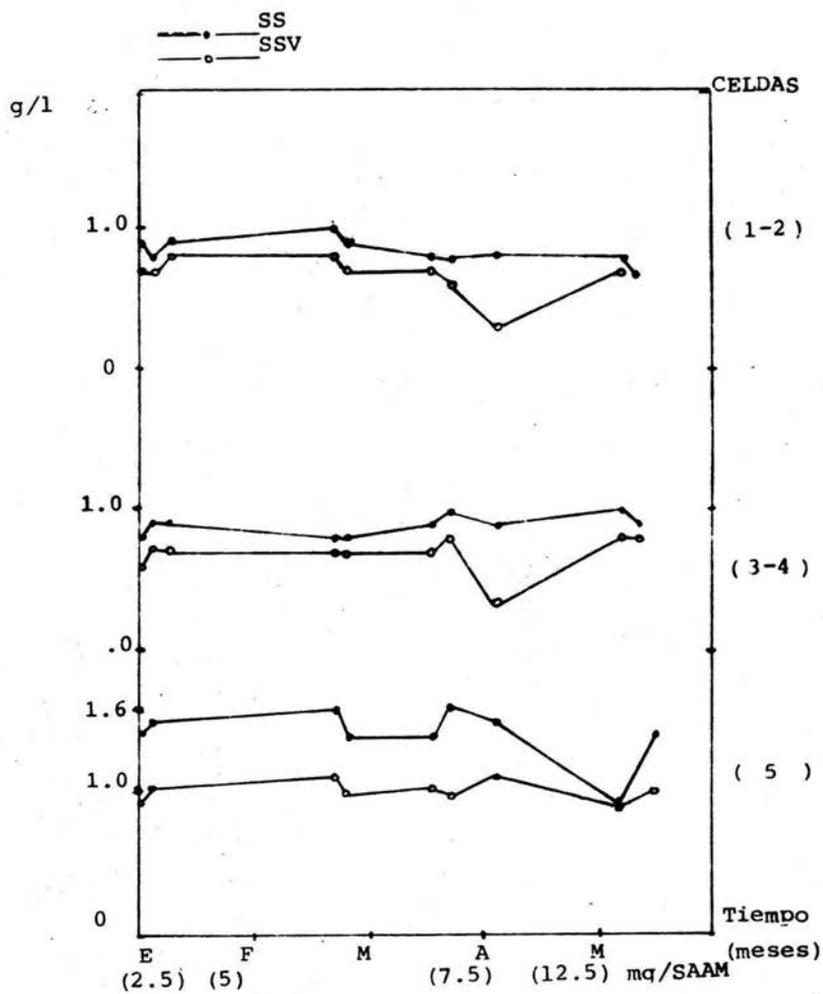


FIGURA 37.- VARIACION DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS Y SUSPENDIDOS VOLATILES PARA UNA UNIDAD CON DETERGENTE. UNIDAD III.

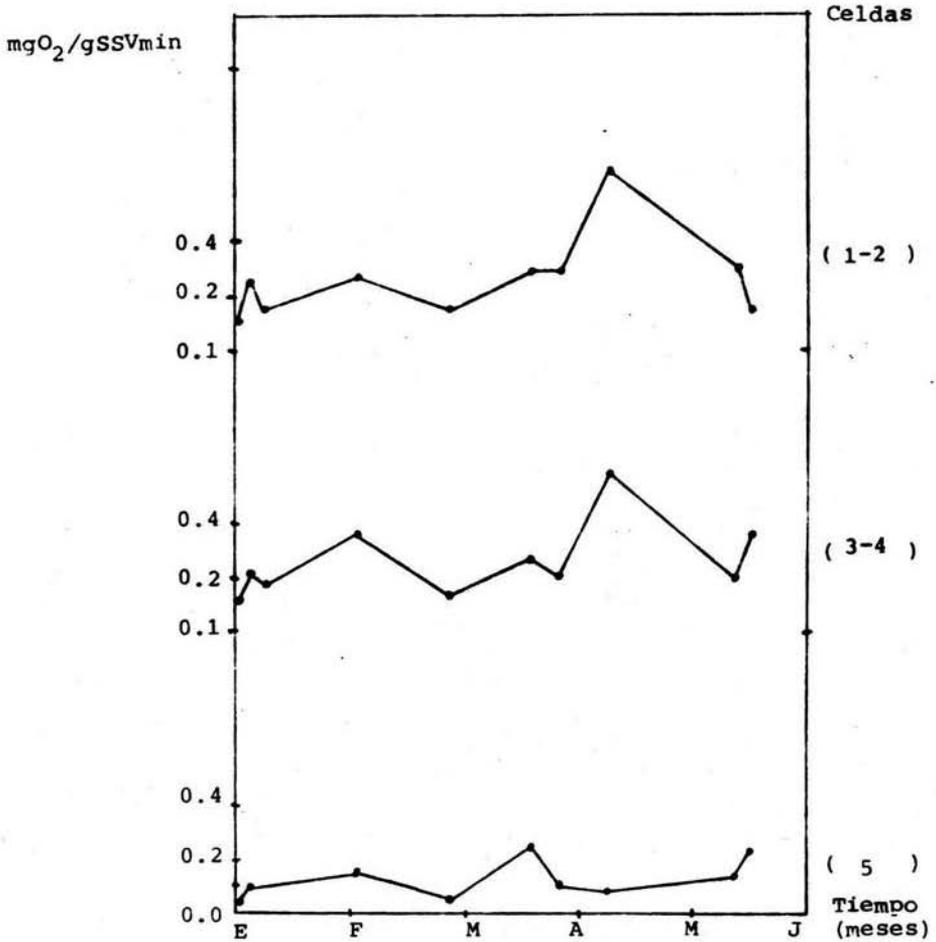


FIGURA 38 .- VARIACION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE RESPIRACION PARA UNA UNIDAD CON DETERGENTE. UNIDAD III.

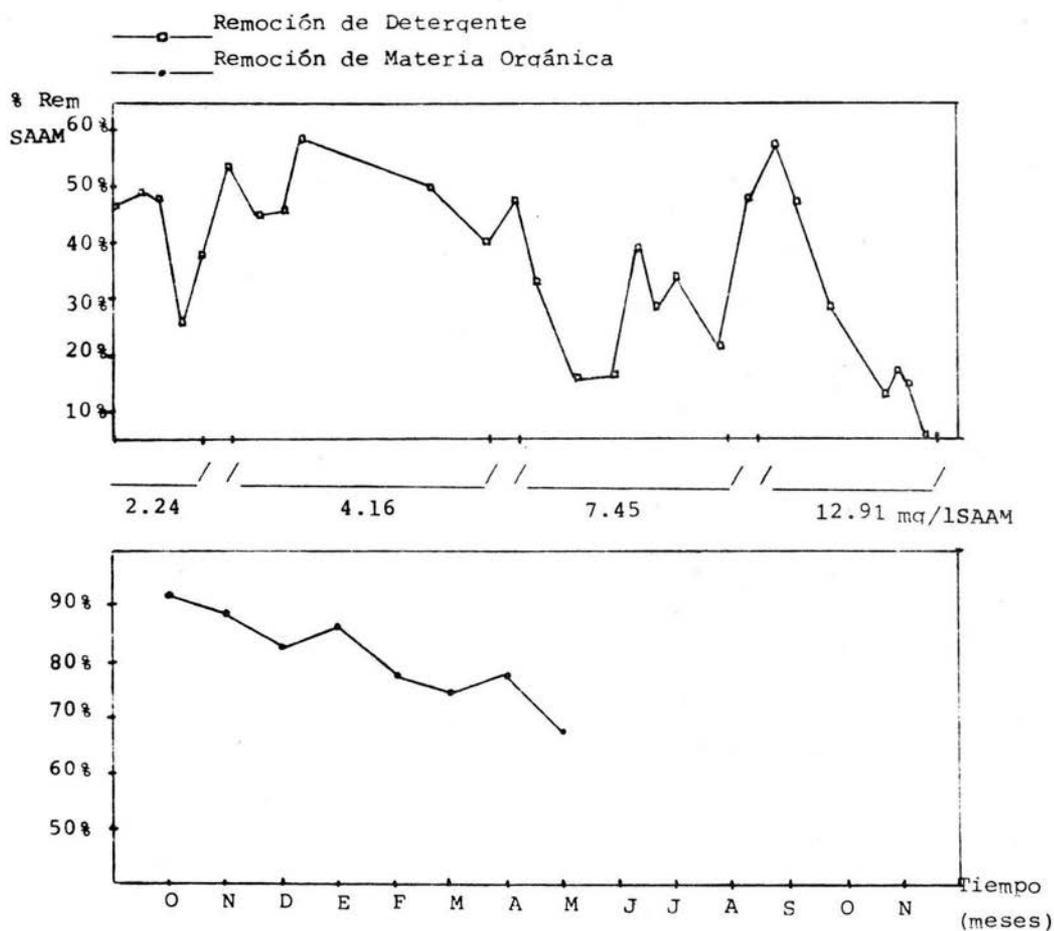
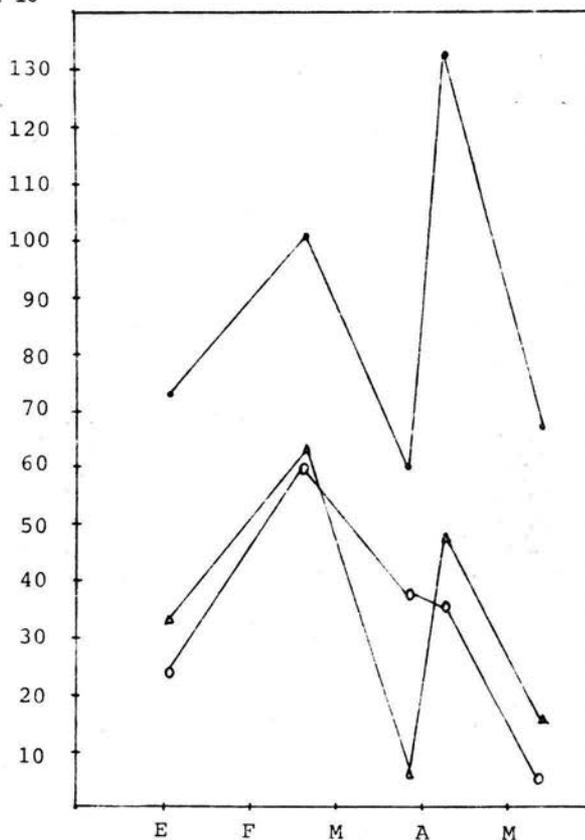


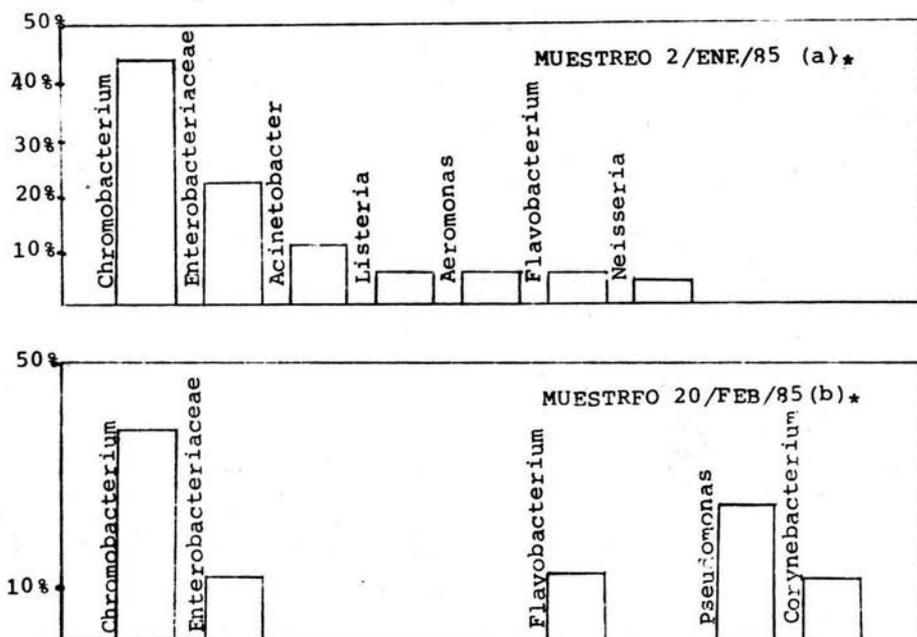
FIGURA 39.- VARIACION DE LA EFICIENCIA DE REMOCION DE DETERGENTE Y DE MATERIA ORGANICA EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA Y DETERGENTE. UNIDAD III.

FIGURA 40

## CUENTA VIABLE

UNIDAD III LUZ CONTROLADA CON DETERGENTE  
COLONIAS X ml  $10^5$ 

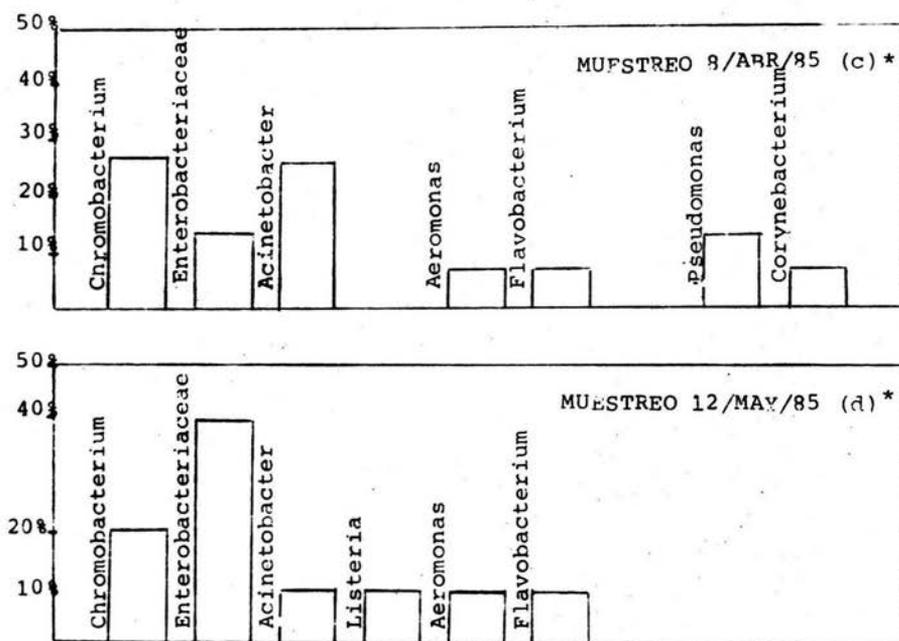
●—● 1-2  
—▲— 3-4  
—○— 5



(a)\* 2.5 mg/1SAAM

(b)\* 5.0 mg/1SAAM

FIGURA 41.- DOMINANCIA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS ENCONTRADOS POR MUESTREO EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA Y DETERGENTE UNIDAD III.



(c) \* 7.0 mg/1SAAM

(d) \* 12.0mg/1SAAM

FIGURA 42 .- DOMINANCIA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS ENCONTRADOS POR MUESTREO EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA Y DETERGENTE UNIDAD III.

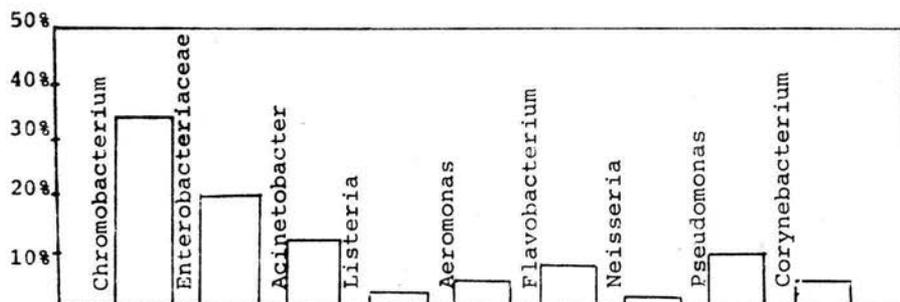


FIGURA 43.- DOMINANCIA DE LOS GRUPOS BACTERIANOS  
ENCONTRADOS EN UNA UNIDAD CON LUZ CONTROLADA  
Y DETERGENTE UNIDAD III.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### PRIMERA FASE

Como ya se mencionó, en esta fase se estudiaron dos unidades en condiciones de iluminación natural, las cuales se analizaran por separado.

#### UNIDAD I

Como se observa en la Figura 4, existe un gran paralelismo entre los SS y los SSV. Se aprecia gran constancia en los valores obtenidos para los SSV de la celda 1-2, lo cual indica que el factor controlante en estas condiciones fue la carga orgánica, ya que aunque se presentaron variaciones en iluminación y en temperatura éstas no afectaron apreciablemente la concentración de los SSV.

Es posible pensar que como no hubo gran influencia estacional la celda, 1-2, presentó el mayor número de bacterias heterótrofas debido a la alta carga orgánica a la que se vió sometida, lo anterior es confirmado por la Figura 5.

En las celdas 3-4 y en la 5 se observó un máximo de (SS) y (SSV) en los meses de Diciembre-Enero, meses que corresponden a la máxima iluminación y a la mínima temperatura de acuerdo como lo muestran las Figuras 7 y 8, lo cual puede --- indicar que dicho aumento se debió a un incremento de las poblaciones heterótrofas (bacterias) o bien a un aumento de las

poblaciones fotosintéticas. Sin embargo, al observar la Figura 9 se ve que no hubo un aumento apreciable en la velocidad específica de respiración ( $Q_{O_2}$ ) durante esos meses, lo cual sería muy marcado si lo que aumentaran fueran las bacterias. Lo anterior hace pensar en que es la luz la que ocasionó el aumento en las poblaciones fotosintéticas.

En los meses más cálidos, se observó un aumento en la  $Q_{O_2}$  lo que indica que en estos meses es cuando aumentan las poblaciones bacterianas más sensibles que las fotosintéticas a la temperatura. Se observó gran constancia en los valores de pH y % de remoción lo cual indica que aunque haya cambios en las poblaciones, estas no alcanzaron a manifestarse en estos parámetros.

Las cuentas viables mostradas en la Figura 5 confirman el efecto ya mencionado pues existió un mayor número de organismos en la celda 1-2 si se le compara con las celdas 3-4 y 5 lo cual indica una mayor predominancia de heterótrofas al inicio de la laguna. Dicha predominancia se muestra en la Figura 10 indicando como las más importantes en orden decreciente: *Chromobacterium* (35%), *Acinetobacter* (25%), *Pseudomonas* (17%), *Enterobacteria* (17%) y *Aeromonas* (8%).

## UNIDAD II

El comportamiento observado en cuanto a pH y % de remoción para esta unidad fue similar al de la Unidad I, indicando constancia en estos parámetros y una variación no controla-

da por parámetros estacionales.

Se observó nuevamente un máximo de iluminación en los meses de Diciembre, Enero y Febrero y un máximo de temperatura entre Mayo, Junio y Julio.

En la Figura 14 se muestra el comportamiento de los SSV para las diferentes celdas de la unidad, observándose un comportamiento de las celdas 3-4 y 5 similar a las de las celdas 3-4 y 5 de la Unidad I, es decir se observó una influencia marcada del máximo de iluminación en el crecimiento de los --- SSV, en forma adicional, en esta la celda 1-2 se comportó como las demás lo que indica mayor sensibilidad a la luz que a la - temperatura.

También se observó un marcado aumento de la respiración en los meses cálidos del año, lo que se puede asociar -- nuevamente al aumento en las poblaciones heterotróficas.

Las cuentas viables mostradas en la Figura 16 indican que existió una mayor carga microbiana en las celdas 1-2 que - en la 3-4 y la 5. Mientras que en las Figuras 18, 19 y 20 se - muestra la dominancia de los diferentes grupos bacterianos --- encontrados a lo largo de los muestreos. Se puede apreciar de dicha figura que la diversidad se incrementó a medida que los meses fueron más cálidos destacando 7 grupos y disminuyó en los meses más fríos, a solamente 3 grupos. Este resultado coincide con el estudio de Hughes y Reuszer (1970) los cuales encontra-

ron un mayor número de bacterias en estanques de estabilidad durante la primavera y al principio del verano (37) observándose la persistencia de *Chromobacterium* a lo largo de los -- muestreos durante este estudio.

## SEGUNDA FASE

En esta segunda fase la iluminación se mantuvo regulada a un ciclo de 16 hr de iluminación y 8 hr de oscuridad - con el propósito de minimizar las variaciones originadas por - los cambios estacionales y poder conocer las características - de la unidad durante un periodo más prolongado de tiempo que - permitiera tenerla como testigo para evaluar el efecto de los detergentes en la Fase III. Nuevamente fueron estudiadas dos - unidades las cuales se describen a continuación.

## UNIDAD I

Aunque la iluminación se mantuvo constante se observa en la Figura 21 la variación de la temperatura que indica la - presencia del mínimo en Diciembre y el máximo en Mayo y Junio para lo cual el pH y la remoción (Figura 26) se mantuvieron -- constantes, lo que indica que el sistema no sufrió modificaciones apreciables debido a la iluminación.

Los SSV en las celdas 1-2 y 3-4 se mantuvieron casi sin variaciones lo que permite pensar en que la velocidad de - crecimiento se mantuvo casi constante. La celda 5 sin embargo presentó una tendencia a aumentar la concentración de SSV (Fi-

gura 22) correspondiendo este aumento con el aumento de la temperatura sin embargo es importante señalar que dicho aumento no va asociado a un aumento en la velocidad de respiración -- (Figura 23), lo que puede indicar que es un aumento de las poblaciones fotosintéticas más que de las poblaciones heterótrofas. En las Figuras 24 y 25 se aprecia la diversidad en las -- diferentes fechas de muestreo, pudiendose ver una mayor diversidad bacteriana que en las unidades con luz natural, aunque -- el mayor número de grupos bacterianos se presentaron en los -- meses más cálidos.  $\text{CO}_2$  se mantuvo constante en valores de 0.2  $\text{mgO}_2/\text{g SSV min}$  para la celda 1-2, igual valor para la celda -- 3-4 y de 0.15  $\text{mgO}_2/\text{g SSV min}$  para la celda 5. Las cuentas viables para esta unidad se muestran en la Figura 27.

### UNIDAD III

Se observó la constancia en el pH y en el % de remoción en forma similar a los ya mencionados Figuras 28 y 32. Se apreció también cierta tendencia a un valor constante de los -- SS y SSV en todas las celdas, aunque cabe señalar que la celda 5 existió una concentración más alta que la mostrada en los -- experimentos anteriores Figura 29. Las cuentas viables se muestran en la Figura 31.

### TERCERA FASE

En esta fase se trabajó con diferentes concentraciones de detergente para evaluar el efecto que tienen sobre las pobla

ciones heterotróficas, para lo cual se trabajó con la unidad III que ya fue estudiada teniendo como testigo en todo momento a la Unidad I.

### UNIDAD III

La temperatura presentó la variación que ya ha venido presentando en forma normal, es decir 17-18°C en Diciembre-Enero y 22-23°C en Marzo, Abril y Mayo. La iluminación fue mantenida al igual que en la segunda fase.

La experimentación con detergente duró 6 meses (del 7 de Diciembre al 15 de Mayo de 1985) y se inició con la alimentación continua de detergentes en la forma mostrada en la Tabla 3. En la Figura 37 se aprecia que los SSV se mantuvieron sin sufrir una variación importante desde diciembre hasta más o menos al 20 de febrero, para la celda 1-2 y para la celda 5, fecha a partir de la cual hubo un descenso de aproximadamente 20% en la concentración de SSV, lo que indica que el detergente empezó a tener efecto negativo desde la concentración de -- 5.0 mg/l. En la celda 3-4 el efecto se manifestó prácticamente un mes después es decir más o menos para el 15 de Marzo, este retraso se puede deber a que la concentración real de detergente que le llega a la celda 3-4 es menor que la concentración inicial lo cual retrasa el efecto negativo en esta celda. Sin embargo, aunque la concentración de detergente en la celda 5 todavía es más baja que la de la celda 3-4 el efecto no se retrasa debido a que los SSV tienen un mayor porcentaje de --

algas y estas son más sensibles a los detergentes que las bacterias, lo anterior es confirmado por las cuentas viables mostradas en la Figura 40 que indican que en la celda 5 se tiene la más baja densidad bacteriana. En dichas Figuras 37 y 40 -- también se aprecia que aunque hubo un efecto inhibitorio hasta fines de Abril, este tiende a desaparecer en los inicios de Mayo, lo cual puede indicar una adaptación a las altas concentraciones de detergentes.

En la Figura 38 se ve que en la época en la que el descenso de los SSV fue más brusco (fines de Marzo) la respiración tendió a aumentar, lo cual puede indicar que las poblaciones bacterianas aumentaron con respecto a las fotosintéticas al menos en las celdas 1-2 y 3-4, lo que no ocurre en la celda 5 y que puede indicar una baja densidad bacteriana, hecho que es confirmado por los datos mostrados en la Figura 40.

La remoción de materia orgánica mostrada en la Figura 39 indica una clara tendencia a la baja, comparandola con la unidad control Figura 36 que se mantuvo entre el 80 y 90% de eficiencia, lo que hace pensar en que aunque exista una adaptación de las poblaciones heterotróficas, estas presentan menor actividad degradativa. La remoción de detergente que en general no es superior al 50% aún a bajas concentraciones, muestra también una tendencia a disminuir hasta la aplicación de 7.5 mg/l de SAAM, y después presenta una cierta recuperación, lo que puede indicar una adaptación de las poblaciones bacterianas

a esta concentración y que coincide con la recuperación que muestra la cuenta viable mostrada en la Figura 40 para el mes de Abril.

En cuanto a las poblaciones presentes las Figuras 41, 42 y 43 muestran la forma como variaron los organismos en los diferentes periodos de muestreo. En la Figura 43 se aprecia una diversidad muy similar a la encontrada en el experimento testigo sin detergente mostrado en la Figura 25, se observa también que a medida que la concentración de detergente aumentó, la dominancia y la diversidad disminuyeron. Lo anterior indica que las variaciones en cuenta viable, respiración y sólidos suspendidos, volátiles son debidas a la selección de algunos grupos bacterianos más que a una sucesión propiamente dicha, esto se puede suponer ya que cuando la tolerancia de mecanismos celulares en particulares condiciones medioambientales que producen alteración, la población responde con una supresión ó eliminación de los miembros que no pueden competir sobre las nuevas condiciones (39). Siendo importante destacar la persistencia que tienen *Chromobacterium*, y *Enterobacteriaceae*, aún en las altas concentraciones de detergente. Suministrado al sistema.

Con lo que respecta a los grupos de bacterias encontrados a lo largo del estudio tanto en condiciones naturales, condiciones de Iluminación como en los experimentos con detergente se puede concluir que de las cepas aisladas en total el

mayor porcentaje de ellas pertenecen al tipo de los bacilos gram negativos hecho que coincide con la información de la literatura la cual menciona que el tipo de bacterias predominantes en aguas residuales presentan esta característica (37) y aunque existen pocos ejemplos de bacterias gram positivas - en los sistemas de tratamiento se encontraron algunas que presentan esta característica como por ejemplo, *Listeria*, *Bacillus*, *Corynebacterium* y *Streptococcus*.

Cabe mencionar en forma resumida que el grupo total de bacterias aisladas estuvo formado por:

*Chromobacterium*  
*Enterobacteriaceae*  
*Acinetobacter*  
*Listeria*  
*Aeromonas*  
*Flavobacterium*  
*Neisseria*  
*Pseudomonas*  
*Corynebacterium*  
*Actino Bacillus*  
*Bacillus*  
*Streptococcus*  
*Bordetella*

Estando *Chromobacterium* presente durante todos los --  
aislamientos seguida por *Enterobacteriaceae* y *Acinetobacter*.

Así mismo por su porcentaje de persistencia durante los experimentos con detergente se destacaron los siguientes grupos:

<i>Chromobacterium</i>	12%
<i>Pseudomonas</i>	10%
<i>Flavobacterium</i>	8%
<i>Corynebacterium</i>	5%
<i>Aeromonas</i>	5%
<i>Listeria</i>	3%
<i>Neisseria</i>	2%

Observando los resultados obtenidos en este estudio se puede decir que las comunidades microbianas como las presentes en sistemas de tratamiento de aguas de desecho pueden ser susceptibles de estudios ecológicos por su rapidez de crecimiento, respuesta y adaptación a nuevas condiciones físicas o nutricionales en comparación con las respuestas de organismos superiores.

El uso de un desecho artificial doméstico como lo es el agua residual sintética y el empleo de modelos de laboratorio queda justificado por sus buenos resultados en la experimentación realizada, ya que se logró aislar y estudiar fenómenos particulares sobre condiciones controladas, determinar la flora microbiana, la Influencia de Condiciones Ambientales y los posibles efectos de contaminantes sobre la misma, así como las posibles respuestas de adaptación a ciertas fluctuaciones

en estos parámetros, por ello cabe sugerir el continuar haciendo estudios a nivel de modelos con el objeto de conocer la influencia de las condiciones ambientales y contaminación en el funcionamiento de los sistemas de tratamiento biológico. Como lo es el caso de la contaminación por el uso de detergentes estudiado en este trabajo.

Estudios de este tipo traerían como ventajas, El conocer la dinámica que sigue el desecho durante el tratamiento y los organismos participantes en la remoción.

El remover en forma más eficiente los ABS ramificados para seleccionar los sustitutos más adecuados a las condiciones de nuestro país.

Así como evaluar los niveles de fosfatos que en la actualidad poseen los cuerpos receptores para contar con patrones comparativos en problemas generados en el futuro.

Por otra parte para que los datos de experimentación en modelos sean fáciles de comparación en sistemas naturales es recomendable que se establezcan criterios generales, ya que del gran número de publicaciones sobre degradación o efectos de algunos contaminantes, como lo es el caso de los detergentes, cada autor fija las condiciones, los sustratos y los sistemas que emplea para estudiarlos, lo que da por resultado que los efectos o los valores de degradación obtenidos no sean fácilmente reproducibles y presenten una gran variación de un

experimento a otro siendo entonces poco comparables.

Lo anterior permitiría que los estanques construídos en el futuro fueran diseñados basados en estas experiencias - de tal forma que faciliten el estudio de su dinámica directamente en ellos lo cual reeditaría en una máxima eficiencia en su funcionamiento.

## A P E N D I C E

## COMPOSICION Y FORMA DE PREPARACION DE LOS MEDIOS DE CULTIVO

## MEDIO CASITONA-GLICEROL-EXTRACTO DE LEVADURA (CGY)

Casitona. . . . .	5	g
Glicerol. . . . .	5	g
Extracto de Levadura. . . . .	1	g
Agar. . . . .	15	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml
pH. . . . .	7.2	

Se disuelven todos los ingredientes en el agua, Calentar a ebullición, ajustar el pH y esterilizar en autoclave a - 121°C durante 15 minutos.

## MEDIO AGAR NUTRITIVO

Peptona de Gelatina . . . . .	5	g
Extracto de Carne de Res. . . . .	3	g
Agar. . . . .	15	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml
pH. . . . .	6.8	

Se disuelven los ingredientes en agua, se calientan a ebullición durante uno o dos minutos y se esteriliza a 121°C - durante 15 minutos.

## MEDIO DE (SIM) PARA MOVILIDAD

Peptona de Caseina. . . . .	20	g
Peptona de Carne. . . . .	6.1	g
Sulfato de Hierro y Amonio. . . .	0.2	g
Tiosulfato de Sodio . . . . .	0.2	g
Agar. . . . .	3.5	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml

Disolver los ingredientes calentándolos a ebullición, distribuirlos en tubos de 13 x 100 y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

## MEDIO DE TRIPTONA Y EXTRACTO DE LEVADURA

Triptona. . . . .	10	g
Extracto de Levadura. . . . .	5	g
Glucosa . . . . .	1	g
Fosfato de Potasio Dibásico . . .	5	g
Agar. . . . .	15	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml

Suspender todos los ingredientes en el agua calentándolos a ebullición, distribuir en tubos de hemólisis y esterilizar a 121°C durante 15 minutos.

## MEDIO AGAR PARA INFUSION DE CEREBRO CORAZON (BHI)

Infusión de Cerebro de Ternera. .	200	g
Infusión de Corazón de Res. . . .	250	g

Mezcla de Peptonas. . . . .	10	g
Cloruro de Sodio. . . . .	5	g
Fosfato Dipotásico. . . . .	2.5	g
Dextrosa. . . . .	2	g
Agar. . . . .	15	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml

Se suspenden todos los ingredientes en el agua calen-  
tandolos a ebullición durante 1 minuto y esterilizar a 115°C  
durante 15 minutos.

#### MEDIO DE HUGH-LEIFSON

Peptona . . . . .	2	g
Cloruro de Sodio. . . . .	5	g
Fosfato de Potasio Dibásico . . .	0.3	g
Agua Destilada. . . . .	1000	ml
Azul de Bromotimol al 0.2% . . .	15	ml
Glucosa . . . . .	10	g

Los ingredientes se disuelven calentandolos en el --  
agua a excepción de la glucosa y el azul de bromotimol (solu-  
ción alcoholica). Posteriormente se ajusta a pH 7.2 y se ---  
agrega el indicador y el azúcar. Envasar en tubos de 15 x 150  
hasta 2/3 de su volúmen y esterilizar a 115°C por 10 minutos.

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

1. Balloni, W. y C. Pilpi. 1980. Recent trends in the research on wastewater reclamation by Photosynthetic bacterial and algal systems. North-Holland Biomedical Press.
2. Berguey's. 1974. Manual of Determinative Bacteriology Eighth Edition. Ed. Board The Williams & Wilkins Company, Baltimore.
3. Blancarte, Z.A. y López, M.V. 1980. Los detergentes en México, estado actual y problemática futura, Trabajo presentado en el 2o. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey, Nuevo León.
4. Bonilla, M.V. 1980. Problemática de la Ingeniería Sanitaria en la República Mexicana C.E.E., Facultad de Ingeniería, UNAM.
5. Buhr, H.O. y Miller, S.B. 1983. A dynamic model of the high-rate algal-bacterial wastewater treatment pond. Water Research 17: 29-37.
6. Calleli, A.G. 1977. Treatment of industrial effluents. Edited by C.F. Forster E.D.A. Stalford Hodder Stoughton, U.S.A. 283-320.
7. Carpenter, Philip. 1969. Microbiología. Editorial Acribia Zaragoza (España).
8. Cowan, S.T. 1974. Manual for identification of Medical bacteria 2a. Ed. Cambridge University Press, London.

9. De Jong, A.L. 1980. Detergent Products, what are their ingredients? Why? and How do they react?. *Veterinary and Human Toxicology* 21: 22-24.
10. Dieter, P. Witthever. 1980. Biocoenosis and Degradation in Model wastewater treatment plants. *European J. Appl. Microbiol Biotechnol* 9: 151-163.
11. Earnest, F. Gloyna. 1973. Estanques de Estabilización de aguas residuales. O.M.S. Ginebra.
12. Eckenfelder, W.W. y Ford, D.L. 1968. Laboratory and design procedures for wastewater treatment proces Austin, Texas, U.S.A.
13. Edwin E., Geldreich. 1983. Microbiology of water. *Journal of the water pollution control Federation* 53: (6): 1083-1097.
14. Espino, V. Socorro. 1984. Consideraciones en el diseño de las lagunas de estabilización y su probable aplicación en la remoción de detergentes. Tesis de Maestría. C.I.E.A., I.P.N.
15. Espino, V.S. y López, M.V. 1980. Biodegradación, su importancia en la remoción de contaminantes orgánicos de tipo sintético. Trabajo presentado en el 2o. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey, Nuevo León, México.

16. Espinosa V. Rosa Ma., Thalfía Flores M., T. Gutiérrez C. y V. López M. 1982. Patrones de degradación de los detergentes de uso común en México. Trabajo presentado en el 2o. Congreso sobre Problemas ambientales en -- México, E.N.C.B. del I.P.N.
17. Espino, E., Aguirre, M. 1975. Evaluation of waste Stabilization pond performance in Mexico. Water pollution Control Directorate of the ministry of water resources of the Mexican Government.
18. Espino Valdés, Ma. Socorro y V. López Mercado. 1982. Limitaciones del modelo de tanque agitado en el diseño de las lagunas de estabilización. Memorias de la XIX Reunión Conjunta de la Sociedad Mexicana de aguas y la - Texas Water Pollution Contron Asociation. 1: 205-229 Editado por la Sociedad Mexicana de Aguas, A.C.
19. Espinosa, Valdemar Rosa Ma. 1984. Algunos aspectos de la Biología de los lodos activados y su relación con la degradación de detergentes. Tesis Profesional U.N.A.M.
20. Finney, B.A. 1980. Facultative Waste Stabilization Pond Design. Journal, of the water pollution control Federation. 52(1) January pp 134-147.
21. Flores, M.T., A. Blancarte, Z. y V. López M. 1982. Estudio de la degradación de detergentes en un sistema de lodos activados. Trabajo presentado en el 2o. Congreso

Sobre Problemas Ambientales en México. E.N.C.B. del I.  
P.N.

22. Fujimoto, E.T. y Sekine, K. Iwahori. 1983. Studies on dissolved Oxygen concentration and sludge retention Time Affecting the Full-Scale Activated sludge process. *Water Research* 17(12): 1829-1845.
- ✓ 23. Geyer, y Okun. 1979. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Vol. II. Editorial. Limusa. México.
- ✓ 24. Hermann, E.R. Gloyna. 1958. Waste Stabilization Ponds Sewage and Industrial Wastes. 50: (4) 511-538, (5) 616-651 (8) 963-975.
25. Holger, W. Jannasch Woods. 1972. New Approaches to Assessment of Microbial activity in Polluted wasters. *Water Pollution Microbiology* Ed. Ralph Mtaball. 291-303.
26. Horvarth, R.S. y B.W. Koft. 1972. Degradation of the alkyl bencene sulfonate by *Pseudomonas* Species. *Applied Microbiology* 23:(2) 407-414.
- ✓ 27. James R., Simpson. 1960. Some aspects of the biochemistry of aerobic organic waste treatment en Waste treatment. P.G. Isaac Ed. Pergamoe Press.
28. James, H. Reynolds. 1975. Biomass distribution and kinetics of baffled lagoons. *Journal of the environmental*

engineering division 101 (6).

29. Kilani, J.S. y Ogunrombi. 1984. Effects of baffles on the performance of model waste stabilization ponds. *Water Research* 18(8): 941-944.
30. López, M.V. 1986. Estudio de la cinética de degradación de detergentes de uso doméstico en un sistema de lodos activados. Tesis de Maestría. C.I.E.A., I.P.N.
31. López, M.V. 1980. Algunas características del problema - sobre la contaminación de aguas en México. Trabajo presentado en la 4a. Semana Nacional de la Ingeniería Química organizado por la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del I.P.N., México, D.F.
32. Maki, A.W. y D.B. Porcella. . The impact of Detergent Phosphorus Bans on receiving water quality.
33. Manual de laboratorio de Bacteriología Médica. 1976. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Depto. Microbiología. Carrera: Q.B.P.
34. Odum, E. 1972. Ecología. Editorial. Interamericana. México.
35. O.E.C.D. 1976. Proposed Methods for the determination of the biodegradability of surfactants used in synthetic detergents. Organization for Economic Cooperation and

Development Paris.

36. Phillip, A. Carson y Geoffrey, F. 1977. Part II the evaluation of some cationic derivatives as Detergent aids. *The British Polymer Journal*, Volume 9 pp 2.
37. Pike, E.B. 1972. Ecological Aspects of used water treatment *Journal of Institute of Water Pollution Control* No. 6. Ed. C.R. Curd & H.D. Hawkes Academic Press, New York.
38. Pipers, W.O. 1981. Microbiology of wastewater treatment *Journal Water Pollution Control Federation* 53(6): 1142-1145.
39. Prakasan, T.B.S. y N.C. Dondero. 1967. Aerobic heterotrophic bacterial populations of Sewage and activated sludge. *Applied microbiology*.
40. S.A.R.H., C.I.E.C.C.A. Métodos de Análisis de agua y aguas residuales.
41. Sneath, P.H.A. 1978. Identification of Microorganisms *Essays in microbiology*. V.R. Narris and M.H. Richmond John Wiley and Sons.
42. Solis, M.C. 1982. Experiencias acerca de lagunas de estabilización facultativas en serie en clima tropical. *Memorias del 3er Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental* 1: 2-35.

43. Sullivan, D.E. 1983. Biodegradation of a Cationic Surfactant in Activated Sludge. *Water Research* 17 (9): 1145-1151.
44. Sykes, M.R. 1979. Algal and bacterial filamentous bulking of activated sludge. *Journal. Water Pollution Control Federation.*
45. Thirumurthi, D. 1969. Design Principles of Waste Stabilization Ponds. *Journal of the Sanitary Engineering Division ASCE* 95 (SA2): 311-330.
46. Turk Wittes. 1979. *Ecología Contaminación Medio Ambiente* Editorial Interamericana. México.
47. Unz, R.F. 1978. Microbiology of waste treatment. *Journal Water Pollution Control Federation.* 1344-1362.
48. Watson, G.K. y N. Jones. 1977. The biodegradation of Polyethylene glycols by sewage bacteria *Water Research* 11: 95-100.
49. Wane, R., E. Schneiter y J. Middlebrook. 1984. Wastewater lagoon sludge characteristics. *Water Research* 18(7): 861-864.
50. W.P.C.F., A.P.H.A., A.W.W.A. 1971. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American public health association Washington, D.C.