

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**“COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE  
ESTABILIZACION BAJO LAS DISTINTAS ETAPAS DE  
TIEMPO Y PERIODOS DE RETENCION”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**PRESENTADO POR:  
JUAN CARLOS ALARCON CONDOR**

**LIMA – PERU  
2008**

## **DEDICATORIA**

**A una persona que dio y da hasta estos días todo su tiempo amor, paciencia, comprensión y gran esfuerzo, con quien compartí desde mi nacimiento grandes tristezas y alegrías sabiéndome dirigir a este horizonte claro, ella es mi MADRE:  
Jesús Aurelia Cóndor Beltrán.**

**AGRADECIMIENTOS:**

**Ing. Otto, Rosasco Gerkes. (UNI)**

**MSc. Rosa Elena, Yaya Beas. (UNI)**

**Dr. Guy, Carvajal Carranza. (UNI)**

**Dra. Magdalena Pavlich (Univ. Cayetano Heredia)**

**Ing. Arturo Zapata Payco. (UNI)**

**Srta. Liz Milagro, Vega Morales. (UNI)**

**Srta. Pilar Amalia, García Avelino. (UNFV)**

**Srta. Diana Whellams (Univ. Trent - Canadá)**

## **RESUMEN**

Con esta investigación se pretende encontrar el comportamiento de lagunas de estabilización que en este caso es la ubicada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNI – UNITRAR. Existen bibliografías que hablan al respecto pero poco de las fluctuaciones de población de microorganismos, reconocimiento y la relación que tiene con las condiciones de tiempo así como el poder y la capacidad de remoción de materia orgánica de alguno de ellos, principalmente las bacterias.

Cabe decir que según los resultados alcanzados se aprecia que los diversos microorganismos varían en cantidad según los puntos de muestreo analizados, guardando relación que dependen de los parámetros que son comparados sea esta la hora, mes y profundidad de extracción de muestra.

Con respecto a la carga orgánica que reciben las lagunas tampoco se puede precisar si estas variaciones son debidas a esta mezcla, aunque si se puede distinguir un aumento de rotíferos conforme se avanza de la laguna secundaria a la terciaria. En esta primera experiencia vivida durante la investigación se puede afirmar que los microorganismos involucrados en el tratamiento del agua residual mediante lagunaje son parte de un ecosistema variante en el tiempo dependiendo de las condiciones medioambientales.

En cuanto al reconocimiento de las bacterias cultivables se pudo identificar la mayoría de ellas mediante reacciones bioquímicas siendo dominante el grupo de Citofaga, Flavobacterias, Alcalígenes, Pseudomonas entre las Gram negativas indígenas del medio lagunar; asimismo Bacillus y Enterobacterias, estas últimas provenientes de heces y tierra. Las bacterias no cultivables fueron estudiadas indirectamente por técnicas moleculares que solo nos muestran las bandas de ARNr correspondientes a diversos taxones bacterianos pertenecientes a los ya mencionados y otros como sulfato reductoras. Cabe destacar que solo un pequeño grupo se pudo identificar mediante esta técnica ya que requiere de mayor inversión económica para estudiar secuencias que se puedan contrastar con bancos de información genómica.

## INDICE

	Nº Pág.
<b>1.- Introducción</b> .....	1
<b>2.- Marco teórico</b> .....	3
<b>2.1.- Lagunas de estabilización</b>	
2.1.1.- Tipos de lagunas de estabilización.....	5
2.1.2.- Factores que afectan en el mecanismo de depuración.....	6
2.1.2.1.- Factores naturales no controlados	
2.1.2.2.- Factores físicos	
2.1.2.3.- Factores químicos	
2.1.2.4.- Factores microbiológicos	
2.1.3.- Microbiología de las aguas servidas.....	13
2.1.3.1.- Metabolismo celular	
2.1.3.2.- Nutrición	
2.1.3.3.- Respiración	
2.1.3.4.- Síntesis	
2.1.4.- Microorganismos de importancia en las lagunas de estabilización.....	17
2.1.4.1.- Bacterias	
2.1.4.2.- Algas	
2.1.4.3.- Protozoos	
2.1.4.4.- Animales	
<b>3.- Primera Etapa</b> .....	20
<b>3.1.- Metodología desarrollada en esta etapa de la investigación</b> .....	22
<b>3.2.- Algas</b> .....	32
<b>3.3.- Rotíferos</b> .....	40
<b>3.4.- Bacterias</b> .....	44
<b>3.5.- Relación de parámetros</b>	
3.5.1.-Relación de parámetros por cada monitoreo y por hora de monitoreo.....	54
3.5.2.-Variación poblacional de algas según la profundidad y puntos según se avanza en el sistema de lagunas.....	
3.5.3.-Cuadro de datos de los parámetros medidos por cada monitoreo a lo largo del día.....	93
3.5.4.-Comportamiento del oxígeno disuelto por hora, día y mes.....	102
3.5.5.-Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno- DBO <sub>5</sub> .....	111
3.5.6.-Comportamiento del número de bacterias heterotróficas por hora, día, mes y profundidades.....	119
3.5.7.-Comportamiento de los coliformes fecales por horas, día, mes y profundidades.....	142
3.5.8.-Comportamiento del número de algas por horas, día, mes y profundidades.....	164

3.5.9.- Comportamiento del número de rotíferos por horas, día y mes.....	186
3.5.10.-Caudales promedios mensuales durante la etapa de Monitoreo.....	194
<b>4.- Segunda Etapa.....</b>	<b>195</b>
<b>4.1.- Métodos.....</b>	<b>197</b>
4.1.1.- Ubicaron de las zonas a monitorear.....	198
4.1.2.- Métodos de análisis para el conteo de bacterias.....	199
<b>4.2.- Conteo y clasificación de algas y rotíferos.....</b>	<b>200</b>
<b>4.3.- Medición de DBO<sub>5</sub>.....</b>	<b>201</b>
<b>4.5.- Resultados.....</b>	<b>201</b>
4.5.1.- Conteo de bacterias.....	201
4.5.2.- Conteo de algas.....	206
<b>5.- Tercera Etapa.....</b>	<b>214</b>
<b>5.1.- Metodología.....</b>	<b>214</b>
<b>5.2.- Ciclo I.....</b>	<b>216</b>
<b>5.3.- Ciclo I.....</b>	<b>220</b>
<b>5.4.- Ciclo III.....</b>	<b>227</b>
<b>6.- Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>230</b>
<b>6.1.- Conclusiones</b>	
<b>6.2.- Recomendaciones</b>	
<b>7.- Bibliografía.....</b>	<b>244</b>



## 1.- INTRODUCCION

Esta tesis tuvo como objetivo ampliar los conocimientos en cuanto al comportamiento de las lagunas de estabilización influenciados por los distintos microorganismos y las condiciones medioambientales, para ello se eligió las lagunas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNI - UNITRAR, en las cuales se llevaron a cabo investigaciones que en su conjunto dieron como resultado lo que se presentara en este trabajo; se pueden nombrar tres etapas de las cuales **"LA PRIMERA ETAPA"** demandó mas tiempo y consto del reconocimiento de todos aquellos microorganismos involucrados en la degradación de la materia orgánica que van desde bacterias, algas y rotíferos; dicha investigación tuvo como nombre: **"RECONOCIMIENTO DE LA MASA FITOPLACTÓNICA Y ZOOPLACTONICA EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION Y SU RELACION CON LA CARGA ORGANICA"** el cual tuvo una duración aproximadamente de 1 año y se baso en el estudio de la variación de los diferentes microorganismos con respecto a la profundidad, al tiempo y a ciertos puntos del afluente y efluente de las lagunas de estabilización; para ello se recurrió a las diversas técnicas de estudio existentes que se describirán mas adelante; todo esto fue observado en los distintos monitoreos, que en total fueron 6, con 72 puntos de muestreo por cada uno, es decir 432 muestras analizadas y algunos muestreos adicionales realizados cada hora durante 4 horas consecutivas, donde se corrobora la variación en la cantidad de la flora bacteriana, lo que implicaba un proceso de mezclado en el sistema de lagunas .

En la **"SEGUNDA ETAPA"** se busco investigar las fluctuaciones de los números y tipos de microorganismos según el tiempo de retención del sistema, o sea durante el pasaje de la masa de agua por las lagunas mencionadas. La diferencia es que ya no se toma como referencia las horas del día si no el tiempo de retención. Dicha investigación tuvo como nombre: **"VARIACION POBLACIONAL E IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE UNITRAR"** y tomo un tiempo de 3 meses en su totalidad.



La "**TERCERA ETAPA**" tuvo como nombre: "**EFFECTO DE LA BIOMASA BACTERIANA EN LA DEGRADACION DE LA MATERIA ORGANICA**" cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento de la biomasa bacteriana en la degradación de la materia orgánica en términos de  $DBO_5$ ; dicha biomasa fue obtenida de las cepas que fueron aisladas en la "primera etapa", para este estudio se utilizó sistemas Batch calculando sus dimensiones de manera tal que tengan las mismas condiciones ambientales de las lagunas de estabilización que son la temperatura y radiación, se emplearon tres sistemas Batch de las cuales el primero era solo muestra de la laguna sin bacterias adicionales; la segunda con una cierta concentración de bacterias inoculadas y la tercera con una concentración doble de bacterias inoculadas; esta "tercera etapa" demandó un tiempo total de dos meses.





## **2.- MARCO TEORICO**

### **2.1.- LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

Una laguna de estabilización de aguas residuales es una estructura simple para embalsar agua (1-4m. de Prof.) con periodos de retención de 1 a 90 días. Este es el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe.

Cuando las aguas residuales son descargadas en las lagunas de estabilización, se realiza en ellas, un proceso conocido con el nombre de auto depuración, o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos físicos, químicos, bioquímicos y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias, las que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias, así sucesivamente también se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, sextenarias, etc.

Las lagunas de estabilización de desechos son utilizadas en el tratamiento de desechos conteniendo sólidos sedimentables. Los sólidos después de sedimentar en el fondo de la laguna, se descomponen anaeróticamente. La porción no sedimentada del desecho comienza a descomponerse aeróticamente y lo anaerótico dependiendo del desecho particular cargado a la laguna. La variación de la temperatura puede lograr que los lodos que están en el fondo bajo condiciones anaeróticas, donde se han acumulado gases, hace que salgan desprendiéndose, alterando así el proceso fotosintético (pH, OD, etc. variaran).

Las entradas y salidas deben estar diseñadas con vertederos obteniendo así una película que permite una mejor transferencia de gases, mejorando así el tratamiento. La mayoría de energía que ingresa a laguna, como radiación solar, es eliminada como calor o es incorporada a las células de las bacterias y algas.

En algunas lagunas la carga orgánica es lo suficientemente alta como para depletar el oxígeno en grandes sectores de la laguna. Debido a que se lleva a



cabo poca mezcla en la laguna, resulta zonas anaeróbicas y aeróbicas. Existe un método de calculo en el que se asume que ninguna sedimentación ocurre y que el contenido de la laguna permanece homogéneo, desde que las lagunas de oxidación diseñadas con ese método son altamente eficientes, se denominan "laguna de alta tasa".

La mayoría de la actividad fotosintética se lleva acabo en la zona aeróbica; la profundidad en esa zona puede alcanzar de 0.3m a más durante los periodos de **alta intensidad de luz**,

En la noche la zona puede desaparecer completamente. Una gran parte de la descomposición bacteriana puede ocurrir en los depósitos de lodo y en la zona anaeróbica. Los productos de la descomposición anaeróbica pueden en un caso descomponerse aun más cuando ellos pasan a través de la zona aeróbica, o escapar en burbujas a la atmósfera.

La actividad fotosintética durante las horas del día se reflejara por una curva de oxigeno disuelto; aunque en periodos de alto pH coincide también con la alta actividad fotosintética. La reducción de OD y pH después de la radiación solar, sugiere un periodo en la que el  $\text{CO}_2$  mas que la radiación solar es un limitante en el proceso fotosintético.

Basados en lo parámetros de la  $\text{DBO}_5$ , la eficiencia de las lagunas de estabilización pueden ser tan altos como 90%. Sin embargo, debido al alto contenido de algas en los efluentes, los parámetros de la DQO indicarán solo una eficiencia entre 50 a 60%. Parece ser que el proceso fotosintético no es necesariamente un factor importante en la reducción de materia orgánica en lagunas de estabilización.



### 2.1.1.- Tipos de lagunas

Las lagunas de estabilización pueden ser clasificadas básicamente en cuatro tipos:

- Lagunas anaeróbicas
- Lagunas facultativas.
- Lagunas de maduración.
- Lagunas estrictamente aeróbicas o de alta tasa.

Lagunas anaeróbicas.- son diseñadas en asociación de lagunas facultativas o aireadas mecánicamente. Estas no dependen de la acción fotosintética de las algas, pudiendo así ser construidas con profundidad que varían de 3 a 5 metros su área no debe exceder a 50000m<sup>2</sup>

Lagunas facultativas.- su profundidad varía de 1.5 a 2.5 mt con áreas relativamente grandes. La profundidad mínima de la primaria debe ser igual a 1.5 m, mientras los de secundaria sus profundidades no deben ser menores a 1.2m. Su valor máximo no debe exceder a 150000 m<sup>2</sup>. Esta funciona a través de la acción de las algas y las bacterias con la influencia de la luz solar y de la fotosíntesis.

Lagunas de maduración.- Son construidas siempre después del tratamiento completo a través de una laguna facultativa primaria o secundaria. Se puede conseguir remociones de coliformes fecales mayores del 99.999% tienen profundidades menores que varían de 0.6 a 1.5 m, su área máxima no debe ser máxima de 20000 m<sup>2</sup>.

Lagunas estrictamente aeróbicas o de alta tasa.- su profundidad varía de 0.3 a 0.5m siendo su principal aplicación en la producción y cosecha de algas. Son diseñadas para el tratamiento de aguas residuales decantadas.



## 2.1.2.- Factores que afectan en el mecanismo de DEPURACIÓN

### 2.1.2.1.- Factores naturales no controlados

Acción del viento.- será útil cuando posibilite la homogenización de la masa líquida. Las lagunas anaerobias por su mal olor deben estar por lo menos 500 metros de la comunidad (debe estar en otra dirección). Esto puede provocar erosiones en los taludes internos de la laguna.

Temperatura.- las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son grandemente influenciadas por la temperatura. Es un parámetro que se relaciona con la radiación solar y afecta tanto la velocidad de la fotosíntesis como el de metabolismo de las bacterias responsables de la depuración de las aguas residuales. Esos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, el proyecto de las lagunas debe tener en cuenta siempre, las condiciones de temperatura más adversas. Una caída de 10 °C en la temperatura reducirá la actividad microbiológica en aproximadamente el 50%. La actividad de fermentación del lodo no ocurre significativamente en temperaturas por debajo de 17°C. Aumenta en actividad en proporción de cerca de cuatro veces para cada 5°C de elevación de temperatura entre 4°C y 22°C.

La producción óptima de oxígeno para algunas especies de algas en las lagunas facultativas es obtenida entre 20°C a 25°C con valores límites para más y para menos respectivamente 37°C y 4°C, sin embargo se sabe que temperatura más altas pueden ser toleradas y que algunas especies de algas ya fueron observadas creciendo normalmente debajo de una capa de hielo. A partir de temperaturas próximas a 35°C, la actividad fotosintética de las algas decrece. Las Chlorophytas (algas verdes) tienden a disminuir o desaparecer y las Euglenophytas (Euglenas) pasan a predominar. Por encima de los 35°C prevalecen las Cyanophytas (algas azules) y particularmente las Oscillatorias. Además eso es probable que algunas con temperaturas más altas sean más sensibles a choques hidráulicos o a repentinos aumentos de carga orgánica, con la consecuente menor eficiencia en la reducción de la DBO<sub>5</sub>.



La actividad bacteriana se torna intensa en temperaturas más altas, en las cuales el oxígeno disuelto es usado a una tasa mayor. Si la cantidad de oxígeno solicitada no fuere compensada por una producción más alta de oxígeno, condiciones anaeróbicas pueden prevalecer y el efluente puede tornarse turbio y aparecer malos olores.

La variación de temperatura del agua en las lagunas es menor que en el aire, en virtud de que la inercia térmica del agua es mayor que la del aire. La temperatura superficial del agua es casi siempre inferior a la del aire.

Los cambios bruscos o repentinos de temperatura pueden acarrear problemas de corta duración en las lagunas facultativas.

La actividad de las algas puede cesar después de una brusca disminución de temperatura, originando sedimentación parcial de las mismas, lo que acarreará una aclaración en la coloración verdosa de las lagunas, acompañado de una disminución de su eficiencia.

Una súbita elevación de la temperatura puede provocar un rápido aumento de las actividades de las bacterias aeróbicas y facultativas, una multiplicación del número de esas bacterias y, consecuentemente un mayor consumo de oxígeno que podrá no ser suplido por las algas, así ellas pasen por un proceso de desarrollo.

Se ha verificado con relación a la calidad del efluente que, en los meses más fríos hay un aumento en la concentración de amonio y fósforo y una disminución de los sólidos en suspensión. Todo estos fenómenos están íntimamente relacionados con el decrecimiento de la actividad de las algas.

En el caso de las lagunas anaeróbicas se ha comprobado que la temperatura del agua durante la noche es prácticamente constante para todo el volumen de la laguna, con una temperatura superficial levemente inferior a la media de aquella que la laguna presenta en las horas en la que la temperatura ambiente es más baja. Por lo tanto durante la noche, un flujo de calor es producido a partir de las



capas inferiores, con temperaturas levemente mayores, para la superficie. En algunas horas del día, cuando la temperatura ambiente supera la temperatura media del agua, esta absorbe energía, dando principio al proceso de estratificación térmica. El gradiente térmico es mayor cuanto más elevada fuere la temperatura ambiente con relación a la del agua.

También, en lo que se refiere a las lagunas anaeróbicas, la temperatura del efluente de la laguna es superior a la temperatura media del agua e inferior a la temperatura superficial durante las horas diurnas; en la noche por ejemplo, los tres valores son muy semejantes.

Como en una laguna de estabilización, no existe temperatura uniforme, se torna más conveniente usar la expresión de temperatura media de la laguna o temperatura superficial de la laguna, conforme sea el caso de la temperatura de la laguna.

Precipitaciones pluviométricas.- el periodo de retención podrá ser reducido durante el periodo de lluvias. Lluvias intensas pueden diluir el contenido, afectando el alimento disponible para la biomasa.

Radiación Solar.- la energía solar es indispensable para la operación efectiva de la laguna facultativa, una vez que contribuye a la producción de oxígeno a través de la fotosíntesis de las algas. Por lo tanto la idea de que la velocidad de fotosíntesis aumenta sin límite en la medida que aumenta la radiación solar, no es verdad. De hecho, además de una cierta intensidad de radiación solar, la tasa de aumento de la fotosíntesis disminuye hasta la producción de oxígeno alcanza un nivel constante, una especie de límite de saturación. A partir de ese punto, la producción de oxígeno fotosintético no aumentara, así la radiación solar aumente.

Las lagunas facultativas dependen de la radiación solar, la cual varía principalmente con la latitud. Entre tanto, otro factor significativo es la temperatura atmosférica. Las nubes y la nubosidad reducen la luz disponible en



alguna extensión, pero como ya fue enfatizado, la luz solar directa no es esencial.

La energía utilizada por las algas, proviene principalmente de la parte visible del espectro de radiación solar, particularmente entre longitudes de onda de 4000 a 7000 Angstroms. Apenas del 2% al 7% de esa radiación solar visible, son utilizables por las algas para acelerar la fotosíntesis, no necesitando de una exposición continua a la energía solar. Para muchas algas, una intensidad mayor que 20.000ergs/ cm<sup>2</sup>.s, afecta adversamente su crecimiento. Buenas condiciones de crecimiento de algas y de dispersión de oxígeno ocurren en los 60 centímetros de profundidad

Evaporación.- la evaporación combinada con la filtración a través de una laguna con un fondo permeable determina la reducción de un caudal afluente y en casos extremos puede hacer que el caudal del efluente sea nulo. La evaporación es una pérdida de agua, aumentando la salinidad del medio; esto es perjudicial al equilibrio osmótico en las paredes celulares de los microorganismos y en consecuencia al equilibrio ecológico. La evaporación esta ligado a las condiciones climáticas locales.

#### 2.1.2.2.- Factores físicos

Área superficial.- el área superficial de una laguna de estabilización esta determinada en función de la carga orgánica, usualmente expresada en términos de DBO<sub>5</sub> , aplicada por día principalmente para las lagunas facultativas.

Las lagunas anaerobias son dimensionadas en función de las tasas volumétricas a partir de los tiempos de retención previamente fijados. La experiencia en otros países recomienda carga orgánica volumétrica de DBO<sub>5</sub> variado entre 100 a 400 g. DBO<sub>5</sub> /m<sup>3</sup> .día, tiempo de retención de tres a más días, láminas de agua de 3 a 5 mt. Y cargas orgánicas superficiales variando de 1000 a 6000 Kg DBO<sub>5</sub> / día.



Altura de la lámina líquida.- después de la construcción de las lagunas, estas deben ser llenadas con aguas residuales o agua del receptor a través de bombeo, a una profundidad mínima de 1 metro. Si la lámina de profundidad de agua bajara hacia los 60 cm probablemente habrá un desarrollo de plantas acuáticas y gran parte de la superficie de la laguna estará cubierta de vegetación que subirá por encima de la superficie del agua. La penetración de la luz se dificultará y la eficiencia de la laguna podrá caer a un nivel inaceptable. Podrá haber entonces proliferación de mosquitos. Los mismos problemas podrán ocurrir durante los primeros meses de funcionamiento de la laguna, cuando su nivel aún está bajo. Es aconsejable que la laguna sea llenada hasta llegar a un nivel normal de operación lo más rápido posible, aún cuando no sea con agua residual. Cuando el nivel del agua llegara a un valor mayor de 2 metros, la luz solar tendrá dificultad de alcanzar las capas inferiores haciendo que la fotosíntesis se reduzca al punto de desarrollar en el fondo de la laguna, una gran capa anaeróbica, que podrá eventualmente perjudicar el proceso.

Cortocircuitos.- la ocurrencia de cortocircuitos en las lagunas es la causa de varios problema, tales como la aparición de zonas muertas o estancadas que reducen el volumen efectivo y el área superficial de la laguna con la posibilidad de problemas de olor las áreas sobrecargadas .La reducción de la eficiencia de la laguna es una consecuencia inevitable.

La salida de las lagunas debe estar ubicada en sitio contrario a la dirección de los vientos dominantes y así facilitar la disminución de materiales flotantes hacia el cuerpo receptor. Las corrientes de agua inducidas por lo vientos son más propensas a la formación de cortocircuitos de lo que propiamente son las posiciones de entrada y salida. Lagunas con forma irregulares también contribuyen a la formación cortocircuitos.

Mezcla.- la distribución de las aguas residuales en una laguna debe ser lo más uniforme posible para que pueda utilizar todo el volumen de la laguna proyectada para el tratamiento obteniéndose con eso el tiempo de retención ideal. De esa manera será posible evitarse la formación de cortocircuito o





corrientes preferenciales y zonas muertas o regiones donde las aguas quedan quietas.

### 2.1.2.3.- Químicos

Valor de pH.- tanto las lagunas anaeróbicas como las facultativas son operadas eficientemente con valores de pH ligeramente alcalinos. Los desechos líquidos industriales con valores extremos de pH, tendrán obligatoriamente que pasar por tanques de neutralización para corregir el pH antes de entrar en la laguna. En caso de las lagunas facultativas, cuando el color verde oscuro, el valor del pH probablemente será alcalino. Si el color fuere verde –amarillo o pálido indica con certeza que se ha producido una acidificación. El pH de una laguna facultativa varía a lo largo del día en las diferentes capas de la masa líquida prevaleciendo valores más elevados en la superficie. Durante las primeras horas de la mañana los valores de pH son bajos, debido a la presencia de exceso de gas carbónico (CO<sub>2</sub>) producido por la respiración bacteriana aeróbica durante la noche. Se vuelven más elevados en periodos comprendidos entre las 14 a 16 horas, ocasión en que las algas se encuentran en plena actividad fotosintética. Durante la noche, el pH vuelve a declinar sensiblemente, pues de un lado, las algas dejan de consumir gas carbónico y de otro, este continúa siendo producido por las bacterias. Para valores de pH por encima de 9, ocurre una reducción o mortalidad de las bacterias entéricas de la especie *Escherichia coli*.

Materiales tóxicos.- los materiales tóxicos tales como metales pesados, pesticidas, desinfectantes, sulfitos, desechos líquidos de industria de antibióticos y otros residuos industriales contenidos en el efluente de las lagunas deben ser eliminados inicialmente. Las lagunas anaerobias son excelentes sistemas de tratamiento para la remoción de materiales pesados a través del proceso de sedimentación, que ocurre naturalmente. Las lagunas de estabilización de manera general son más sensibles a la presencia de sustancias tóxicas de las de cualquier otro tipo de tratamiento de aguas residuales.

Oxígeno disuelto.- el Oxígeno disuelto es el mejor indicador de una operación satisfactoria en una laguna facultativa o de maduración. La principal fuente de



oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica y en sus funciones respiratorias, proviene del oxígeno producido por la acción fotosintética de las algas. Mientras tanto, la concentración de oxígeno disuelto puede caer a menos de 1mg/l durante la madrugada y algunas veces, después de un día claro y soleado. La completa reducción de oxígeno puede ocurrir también durante la noche debido a una excepcional explosión en el crecimiento de las algas. La capa superficial aeróbica sirve para evitar que gases mal olientes producidos por la capa anaeróbica sean liberados. Puede seguir presentándose problemas de olor de vez en cuando en las lagunas facultativas, a despecho de la presencia de Oxígeno disuelto en la capa superficial. Por ejemplo, en el caso de desarrollo de algas verde – azuladas, a consecuencia de la elevada temperatura del agua o cuando las placas de lodo flotan en la superficie de una laguna debido a que la temperatura del fondo haya aumentado rápidamente por encima de 22°C y una fuerte liberación de gas pudo haber ocurrido

#### 2.1.2.4.- Factores microbiológicos

Nutrientes.- tanto las bacterias como las algas necesitan de una fuente de nutrientes para que crezcan y se multipliquen. Varios elementos son necesarios, por ejemplo, el carbono, el nitrógeno y el fósforo son requeridos en mayor cantidad. Las aguas residuales domésticas contienen todos los nutrientes necesarios para mantener una comunidad de bacterias y algas. Cuando la materia orgánica es suficiente para un óptimo crecimiento bacteriano, automáticamente es también adecuada para que haya un desarrollo de una población de algas. La relación el carbono / nitrógeno/ fósforo para aguas residuales domésticas es el orden de 11,4:3,7:1, mientras que para el desarrollo y reproducción de algas, esa razón es de 106:15:1. Para las bacterias aeróbicas, una relación aproximada de DBO/ nitrógeno/ fósforo esta cerca de 100:5:1.



### 2.1.3.- Microbiología de las aguas servidas

#### 2.1.3.1.- El metabolismo celular

El termino metabolismo, se asocia a una serie de actividades químicas desarrolladas por la célula para mantener su vida. Para la realización de estas funciones, que en realidad no son otra cosa que complicadas reacciones químicas realizadas en perfecta secuencia se requiere de una diversidad de complejos compuestos químicos fabricados por la célula.

Compuestos Celulares.- Dentro de una célula existen dos grandes grupos de compuestos químicos inorgánicos y orgánicos. El más abundante de los inorgánicos es el agua, que constituye el 65 – 75 % del material celular; el resto de inorgánicos esta en forma de cationes ( $H^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $K^+$ ) o de aniones ( $OH^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ).

Los compuestos orgánicos pueden agruparse en cuatro grandes categorías: carbohidratos y sus derivados, grasa y sus derivados, proteínas y sus derivados, y nucleótidos y sus derivados.

Proteínas.- representan los materiales vitales de construcción de la célula; son lo "ladrillos" de la estructura celular. Funcionan como agentes catalíticos de las reacciones químicas, facilitando y permitiendo la utilización de los alimentos. En este caso reciben el nombre genérico de enzimas.

Las Enzimas.- son agentes catalíticos orgánicos que se encargan de favorecer las reacciones químicas que mantienen la vida. Son tan importantes que se pueden asegurar que no puede existir vida sin las enzimas. Al decir que las enzimas son agentes catalíticos queremos indicar que tienen dos propiedades fundamentalmente:

1. Acelerar las reacciones químicas
2. Reparar inalteradas al final de la reacción que aceleraron

Por ejemplo una mezcla de agua y grasa en un vaso a la temperatura ambiental permanece igual durante varios días. Sin embargo, dentro del cuerpo humano



esa misma mezcla se transforma en glicerina y ácidos grasos en menos de una hora.

Las reacciones enzimáticas pueden describirse en la siguiente fórmula:



Donde:

S = Substrato, es decir la sustancia sujeta a transformación por la reacción química.

E = Enzima

[ES] = Complejo químico intermedio formado por el sustrato y la enzima.

P = Producto final de la reacción

Las enzimas solo pueden actuar en presencia de los denominados "cofactores"; estas sustancias permiten amoldarse a la enzima a la estructura química del sustrato, y pueden ser de dos clases: inorgánicos (iones metálicos) y orgánicos (coenzimas)

Las condiciones que afectan la vida enzimática importante son:

- Concentración de enzimas
- Concentración de sustratos
- pH
- Temperatura

Las coenzimas en su mayoría son derivados químicos de los nucleótidos y actúan como cofactores en las reacciones enzimáticas.

### 2.1.3.2.- Nutrición

La nutrición es la transferencia de materia prima desde el medio ambiente hacia dentro del cuerpo de un ser viviente.



**Formas de nutrición.-** Existen dos formas fundamentales de nutrición: autotrofismo y heterotrofismo. De acuerdo a esto los organismos se clasifican en autótrofos o autotróficos y heterótrofos o heterotróficos.

a. Los autotrófico.- Los organismos pueden utilizar fundamentalmente dos fuentes naturales de energía: la luz y los productos químicos. Los autótrofos que usan la luz se les denominan fotolitrófos y aquellos que usan la energía proveniente de reacciones químicas denominan quimiolitrofos.

a.1.- Los fotolitrófos.- Constituyen un grupo vasto. Todas las plantas, la mayoría de las algas, las algas verdes azules y la mayoría de las bacterias pigmentadas. El mecanismo por el cual estos organismos transforman materia inorgánica en alimento es conocido como fotosíntesis; mediante este proceso las células fabrican carbohidratos elementales y para ello requieren carbono, oxígeno e hidrógeno.

a.2.- Los quimiolitrofos.- Son bacterias en su totalidad; los microorganismos pertenecientes a este grupo no usan la luz como fuente de energía, sino una variedad de productos químicos.

Entre los quimiolitrofos de importancia para el ingeniero sanitario están: las bacterias del azufre, las bacterias del hierro, las bacterias del hidrógeno y las bacterias nitrificantes.

b.- Organismos heterotróficos .- Requieren de materia orgánica prefabricada para poder sobrevivir; así como los autótrofos, requieren de una fuente de energía, y de acuerdo a ella se clasifican en fotoorganotrofos y en quimioorganotrofos

b1.- Los fotoorganotrofos.- Son fotosintetizadores, es decir usan la luz como fuente de energía

b2.- Los quimioorganotrofos.- Constituyen la gran mayoría de los organismos heterotróficos; para ellos, la materia prima orgánica representa alimento



prefabricado directamente utilizable, los quimioorganotrofos solo pueden utilizar los alimentos, no pueden fabricarlos

#### 2.1.3.3.- Respiración

Weisz define respiración como "la conversión de la energía química de las moléculas orgánicas en energía metabólicamente utilizable dentro de la célula"

Descomposición de la materia orgánica.- Las reacciones de descomposición que suceden en la respiración consisten en una serie de procesos exergónicos sucesivos que van transformando los productos químicos en compuestos cada vez más estables desde el punto de vista termodinámico.

En general, a la descomposición de la materia orgánica se la ha llamado "oxidación biológica", pero debe quedar claro que esa oxidación va siempre acompañada de una reducción, como sucede en todas las reacciones químicas de este tipo.

Transferencia de energía.- Las oxidaciones biológicas tienen lugar sin que se incremente apreciablemente la temperatura celular; la energía producida durante la respiración es almacenada en forma de enlaces químicos ricos en energía, en las moléculas de ATP.

En todo caso desde el punto de vista fisiológico, la respiración celular provee de dos cosas fundamentales:

1. La energía requerida para la vida
2. Los substratos necesarios para que se realicen la síntesis.

#### 2.1.3.4.- Síntesis

Mediante esta fase del metabolismo a célula puede fabricar los materiales que forman su organismo. De los procesos sintéticos más importantes: la fotosíntesis que origina el carbohidrato básico para la vida de otros seres vivos, y la síntesis de proteínas, compuestos que constituyen los "bloques" constructivos de



toda célula, y forman las enzimas que se requieren para cada uno de los cientos de procesos metabólicos que se lleva a cabo en la célula.

Fotosíntesis. - es un proceso endergónico; por lo tanto puede llevarse a cabo solo en presencia de cantidades adecuadas de energía. Este proceso puede considerarse como una serie de eventos químicos después de los cuales los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno quedan unidos de tal forma que el resultado es un carbohidrato. La fuente de energía es la luz. La fuente de H, C y O son el agua y el CO<sub>2</sub>; el CO<sub>2</sub> provee simultáneamente C y O, el agua solo provee hidrógeno, mientras que el oxígeno es liberado en la atmósfera.

#### **2.1.4.- Microorganismos de importancia en las lagunas de estabilización**

Las aguas negras que se depositan en una laguna de estabilización, constituyen un medio perfecto, con todas las sustancias orgánicas e inorgánicas que se requieren para el desarrollo adecuado de los microorganismos. Por tanto, en una laguna es posible encontrar una variedad de microorganismos: bacterias, algas, hongos, protozoos, virus y pequeños animales. Las aguas residuales poseen una microflora característica en muchos casos. Son particularmente ricas en bacterias domésticas las cuales constan en gran parte de deyecciones, aguas sucias resultantes de lavados y restos de comida.

De estos organismos los que predominan fundamentalmente son las bacterias y las algas, y existe una acción simbiótica entre estos dos tipos de microorganismos.

##### **2.1.4.1.- Bacterias**

En una laguna de estabilización se pueden encontrar los tres tipos de bacterias: aeróbicas, anaeróbicas y facultativas. La producción final de la descomposición anaeróbica, es decir, los ácidos orgánicos se difunden hacia las capas superiores; allí son utilizados como alimento por las bacterias facultativas. Es



frecuente, además, la presencia de las denominadas bacterias del metano, que pueden utilizar anaeróbicamente los ácidos orgánicos, descomponiéndolos en  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ .

Las bacterias que predominan en las lagunas de estabilización son las *Pseudomonas*, *Flavobacterium* y *Alcaligenes*. Como todas las bacterias, presentan la propiedad denominada biofloculación, es decir mediante la secreción de polímeros orgánicos, la suspensión coloidal de células se desestabiliza y se producen agregaciones (flóculos) que se depositan en el fondo de la laguna. Esto, como es natural, favorece la clarificación de las aguas. En las aguas residuales en general también tenemos las bacterias de la putrefacción como por ejemplo, *Pseudomonas fluorescens*, *P. Aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Aerobacter cloacae*, *Zooglea ramigera*, etc.

También es frecuente la presencia del germen *Aerobacter aerogenes*, que pertenece a las enterobacterias como *Escherichia coli*.

#### 2.1.4.2.- Algas

De entre las 15.000 especies de algas, existen cuatro grandes grupos que son mayor interés en el estudio de la laguna de estabilización: Algas verdes – azules, flagelas pigmentadas, algas verdes y diatomeas

De particular importancia son las algas verdes y las verde – azules; como regla las pequeñas unicelulares algas verdes son las más importantes en el mantenimiento de niveles adecuados de oxígeno disuelto.

Las algas verdes típicas de una laguna son las *Chlamydomonas*, *Euglena* y *Chlorella*, de las cuales, la primera y la segunda son las primeras en aparecer durante la operación de una laguna. Entre las algas verdes – azules más comúnmente están la *Oscillatoria* y la *Anabaena*, que pueden dar origen mantos de algas en épocas calurosas.





De las algas existentes en una laguna, la especie más adaptable a las diferentes condiciones que se pueden presentar es Euglena; luego le siguen en adaptabilidad: Chlamydomonas, Micractinum, Ankistrodesmus, cenedesnus, Chlorella.

Algunas de las especies de algas contribuyen en algo a la estabilización de la materia orgánica, a más de comportarse como organismo fotosintético. Así por ejemplo, se ha demostrado que la Chlorella puede metabolizar como fotolitrofo durante el día y actuar como quimioorganotrofo en las horas de la noche.

#### 2.1.4.3.- Protozoos

Los protozoos juegan un papel importante en el proceso de clarificación de las aguas de la laguna pues utilizan a las bacterias como alimento. Los más eficaces en la eliminación de bacterias son los ciliados libres como el Colpidium, Paramecium, Gbucoma y Euplotes.

#### 2.1.4.4.- Animales

Cuando la cantidad de materia orgánica es baja, empieza un predominio de pequeños animales que utilizan a las algas y protozoos como alimento. Ejemplo de algunas especies existentes son la Daphnia, el cyclops y los rotíferos. Estos pequeños animales son capaces de producir, en pocos días, una laguna virtualmente libre de sólidos suspendidos, por esto se los puede utilizar para eliminar excesivas cantidades de algas y de protozoos que vayan a ser descargados en el efluente de una laguna.



### **3.- PRIMERA ETAPA**

#### **"RECONOCIMIENTO DE LA MASA FITOPLACTÓNICA Y ZOOPLACTONICA EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA CARGA ORGÁNICA"**

Es sabido que existe una variedad de organismos y microorganismos que están presentes en las lagunas de estabilización cumpliendo de una manera u otra un papel importante en el proceso del tratamiento biológico. Teniendo en consideración que una laguna facultativa se comporta tanto aeróbica como anaeróbicamente, los organismos variarán de acuerdo a su ubicación y profundidad. La presencia o ausencia de dichos microorganismos forman parte de un indicador de eficiencia de la unidad de tratamiento que esta relacionada con la carga orgánica por ello la finalidad de demostrar su existencia y relación a fin de obtener una base de datos importantes para posteriores investigaciones.

Toda la biomasa que vive en estos efluentes tratados mediante lagunaje encierra una gran cadena que "vive". En esta etapa se busca identificar a la flora biológica presente en una laguna de estabilización en diferentes puntos con profundidades estratégicas a ciertas horas del día y su relación con las condiciones medioambientales y carga orgánica medida en términos de  $DBO_5$ . Los estudios de esta magnitud son escasos para una laguna de estabilización en nuestro país, solamente se tienen fotografías pero no están relacionadas a algún parámetro y en otros lugares solamente se tiene un recuento de algas.

La cuantificación de los diversos grupos de microorganismos se realiza bajo procedimientos convencionales pero también con técnicas de mayores precisiones microscópicas y moleculares. Hoy en día con el desarrollo de nuevas metodologías moleculares se sabe que las bacterias acuáticas presentes en cuerpos de agua solo pueden ser cultivadas en una proporción muy baja (aproximadamente el 0.1%, en placas Petri) lo que significa que en cada recuento no se está contando la totalidad de los microorganismos presentes, por ello los recuentos directos con microscopios de fluorescencia usando cámaras de recuento conteniendo muestras de los microorganismos previamente teñidos



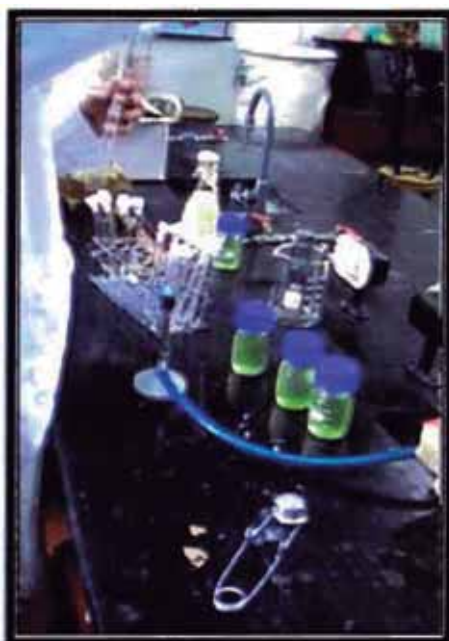
con coloraciones fluorescentes tales como el naranja de acridina o el DAPI permiten enumerar la totalidad de bacterias presentes en las muestras de agua. Esto permite obtener una mejor enumeración de las bacterias.

Por otra parte debido a que solo se pueden cultivar algunas de estas bacterias no es posible saber cual es la diversidad existente, para ello entonces se tiene que recurrir a un sistema de identificación basado en reconocimiento de secuencias de ADN específicas de diversos grupos de microorganismos previamente registrados en bancos de información genómica existentes en la red de Internet. Por ello se hace necesario continuar con estas investigaciones hasta poder reconocer que grupos de bacterias intervienen en la dinámica de la remoción de materia orgánica y otros contaminantes presentes en las lagunas de estabilización.



### **3.1.- Metodología desarrollada en esta etapa de la investigación**

Antes de empezar formalmente la investigación tuvimos meses de puesta a prueba de análisis tratando de conseguir diluciones tales que sean posibles la identificación y conteo de microorganismos como se puede apreciar en la siguiente fotografía:



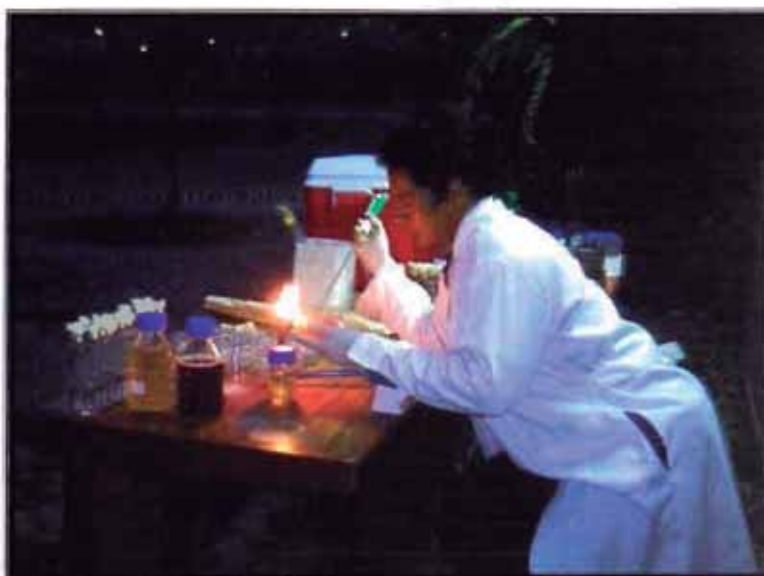
*Fotos 01 y 02: Podemos observar como se comienza a calibrar los equipos que en este caso fue el microscopio.*

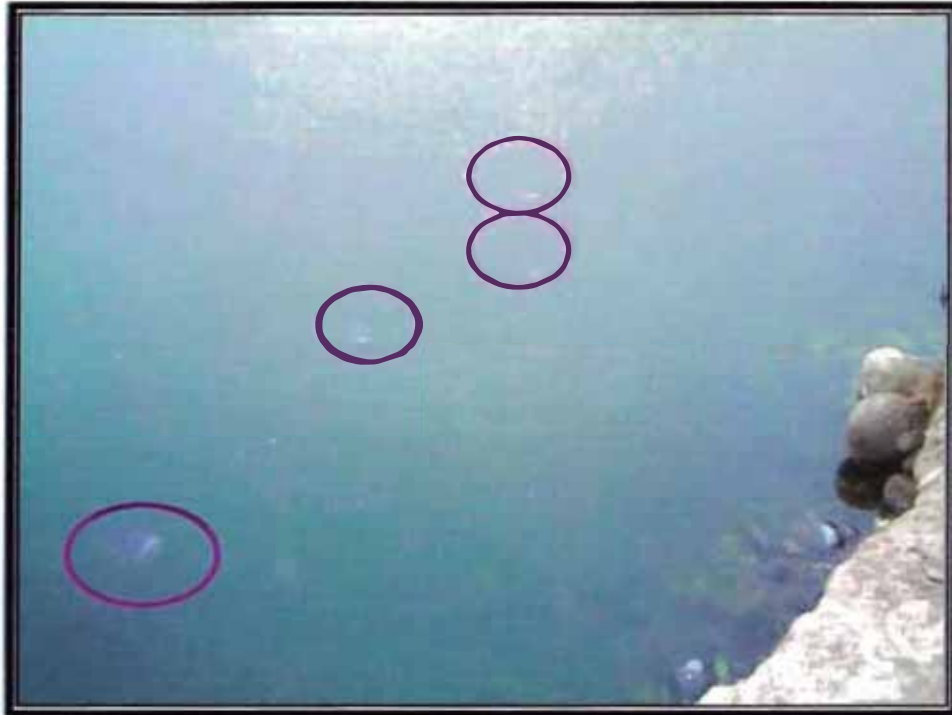


*Foto 03: En esta fotografía se observa parte de las muestras extraídas de las lagunas para análisis de prueba.*

Las muestras por lagunas se llevaron a cabo en tres puntos guía distribuidos desde el ingreso hasta la salida (Ver cuadro N° 2), las profundidades de estos puntos serán superficie, 0.65m. y 1.3m. (Ver cuadro N° 3); es decir por cada laguna se tendrá 9 muestras. Para lograr el seguimiento durante las 24 horas del día; se optó el siguiente horario para la recolección de muestras: 6a.m, 12p.m, 6p.m, 12a.m.

*Foto 04: Esta fotografía corresponde a unos de los monitoreos nocturnos en las cuales se tuvo que llevar los materiales para el cultivo de bacterias a UNITRAR*





*Foto 05 y 06: En la imagen superior tenemos a las tilapias tomando oxígeno disuelto de la superficie debido a que en ese instante según nuestro análisis no existía O.D en la laguna terciaria siendo las 6:00 a.m. y en la fotografía inferior podemos notar la neblina cerca de la superficie de la laguna.*





*Foto 08 y 09: Se comienza a unir la plataforma con los cuatro cilindros atándolos con sogas y alambres de manera adecuada.*



Para la extracción de muestras debajo de la superficie de la laguna se utilizara un dispositivo de succión manual; para el traslado en la laguna se utilizo un bote inflable que posteriormente se cambio a una balsa artesanal que fue diseñada por nosotros, el cual brinda mayor seguridad en la toma de muestras.

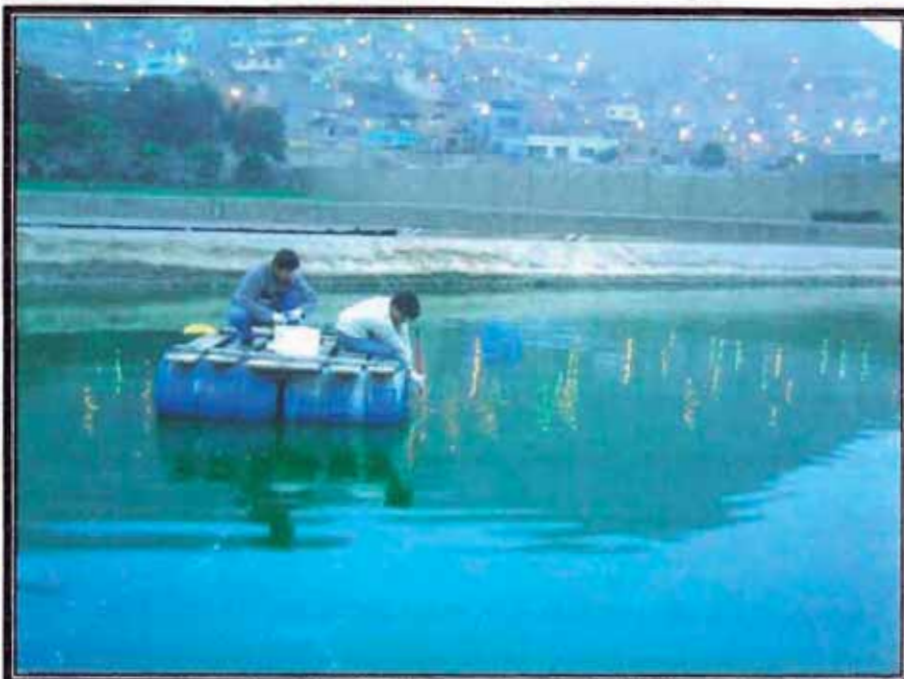


*Foto 07: Se muestra como se empieza a construir la plataforma de la balsa artesanal.*





*Foto 10: En esta fotografía ya se pone a prueba la balsa artesanal para el posterior monitoreo que son las 24 horas con espacios de 6 horas.*



*Foto 11: En esta fotografía se monitorea a las 6 a.m. donde normalmente la cantidad de O.D es cero (6to monitoreo en la laguna terciaria).*



*Foto 12: En esta fotografía se monitorea a las 6 p.m. en la laguna secundaria.*

En el caso de las noches se tuvo en cuenta las características ambientales, como también el pH ya que este varía notoriamente en las noches.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

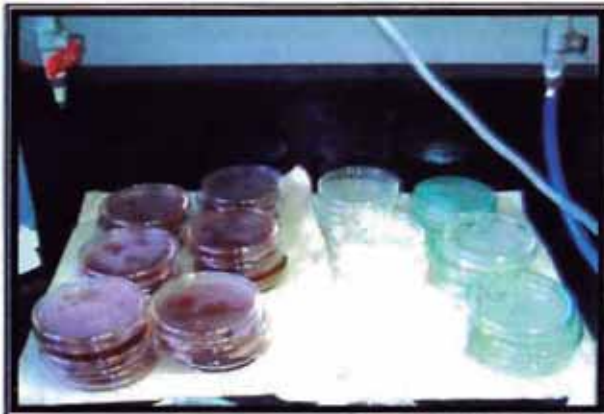
- pH.
- DBO<sub>5</sub>.
- Tipo y variación de población de algas y rotíferos por punto de monitoreo.
- Bacterias heterotróficas y coliformes fecales como también la variación de población por punto de monitoreo.

Las muestras tomadas fueron analizadas inmediatamente en el laboratorio para el recuento de microorganismos heterotróficos y coliformes fecales. Se utilizaron medios de cultivo para su crecimiento en aerobiosis, haciendo diluciones y siembras en placas conteniendo agares de recuento y medios diferenciales. Se hicieron recuentos indirectos con diluciones para hallar el número más probable de microorganismos y también se efectuaron recuentos directos usando láminas



y cámaras de recuento para ser observados al microscopio de contraste de fases y epifluorescencia, para lo cual se recurrió a tinciones fluorescentes de las muestras y en algunos casos a la identificación de organismos aerobios difíciles por medio de anticuerpos marcados. También se guardaron muestras en preservantes adecuados para su estudio ulterior.

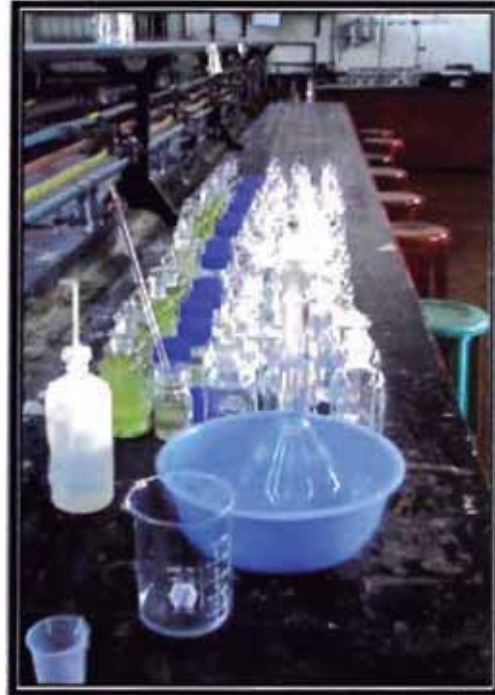
*Foto 13: Se observa como se aíslan y se cultivan los microorganismos.*



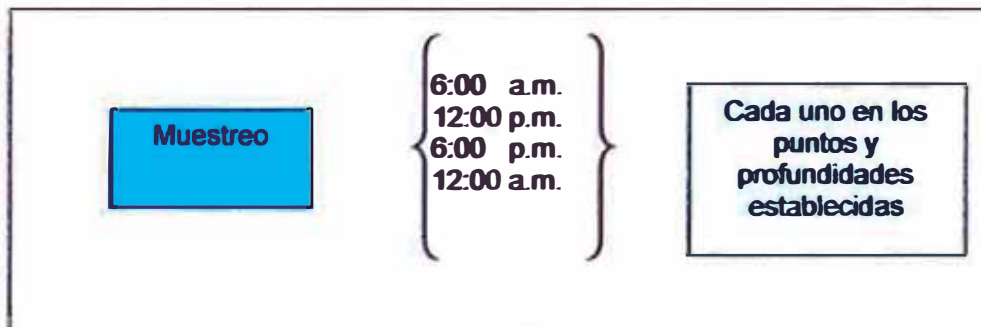
*Foto 14: Aquí se tienen los cultivos de recuento total de bacterias y de coliformes fecales.*



Foto 15: Momentos previos al análisis de O.D y D.B.O<sub>5</sub>.

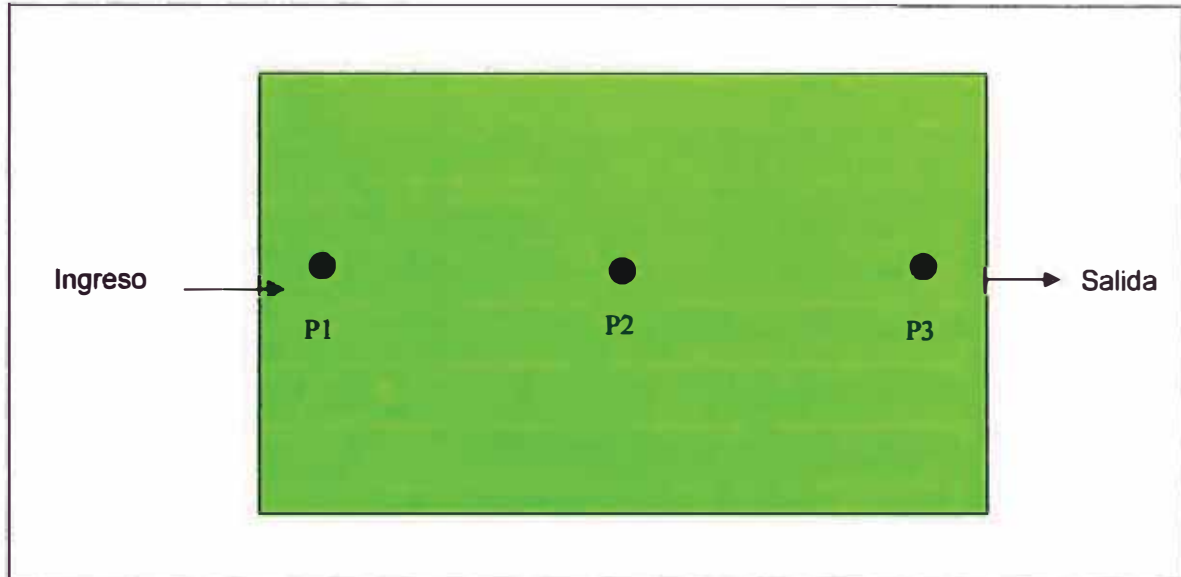


**CUADRO N° 1: DIVISIÓN DE MUESTREO Y FORMA DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS**

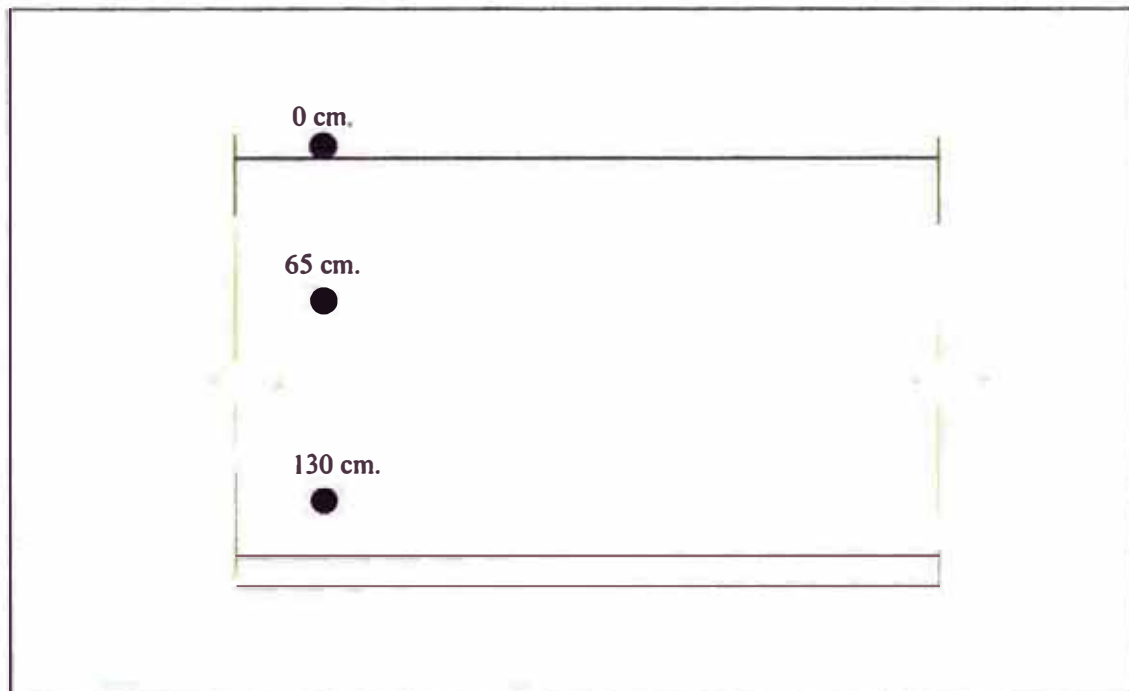




**CUADRO N° 2: PUNTOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION (VISTA DE PLANTA)**



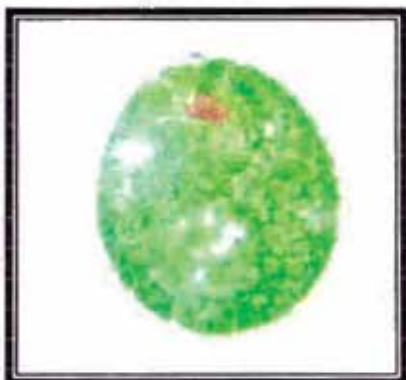
**CUADRO N° 3: PROFUNDIDADES DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA (VISTA DE PERFIL)**





### 3.2.- ALGAS

Estas son las más comunes que se pudieron encontrar en las lagunas de estabilización.



*Foto 16: Se observa una muestra de la laguna terciaria, en el cual se nota la presencia del alga conocida con el nombre de Lepocinclis.*

*Foto 17: Se observa a la Euglena, esta muestra se extrajo de la laguna secundaria.*



*Foto 18: Aquí podemos notar la presencia de la chlorella que es muy común en las lagunas de la planta UNITRAR.*



Comparación entre las algas encontradas en las respectivas lagunas durante esta etapa de la investigación:

LAGUNA SECUNDARIA	LAGUNA TERCIARIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorella</li> <li>• Euglena</li> <li>• Closterium</li> <li>• Ankistrodesmus</li> <li>• Actinastrum</li> <li>• Chlorococcum</li> <li>• Oscillatoria (**)</li> <li>• Golenkinia</li> <li>• Lepocinclis</li> <li>• Agnemellum</li> <li>• Ankistrodesmus falcatum</li> <li>• Anacystis</li> <li>• Anabaena</li> <li>• Spirogira (**)</li> <li>• (*)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorogonium</li> <li>• Chlorella</li> <li>• Euglena</li> <li>• Closterium</li> <li>• Ankistrodesmus</li> <li>• Actinastrum</li> <li>• Chlorococcum</li> <li>• Oscillatoria (**)</li> <li>• Lepocinclis</li> <li>• Ankistrodesmus falcatum</li> <li>• Anacystis</li> <li>• Spirogira (**)</li> <li>• (*)</li> </ul>

(\*) Se encontraron otros tipos solo que faltan reconocer ya que no se encuentran comúnmente en las diferentes referencias.

(\*\*) Por confirmar.



**Total de algas fotografiadas de las muestras obtenidas**



*Euglena*



*Pleurochloris*



*Chlorella*



(\*)



*Chlorococum*



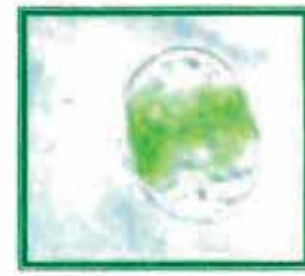
*Coelosphaerium*



*Trachelomonas*



*Chlamydomonas*



*Oocystis*



(\*)



*Oocystis*



*Protococcus*



*Golenkinea*

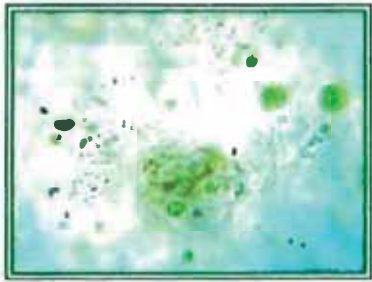


*Chlorella*



*Chlorococum*





(\*)



*Chrysococcus*



*Oocystis*



*Closterium*



*Rhizotenia*



*Tetrastrum*



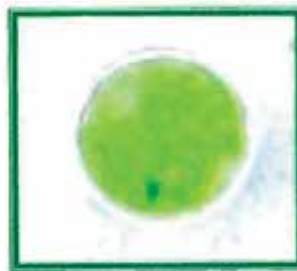
*Chlorococcus*



(\*)



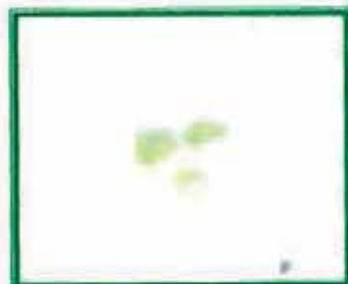
(\*)



(\*)



(\*)



*Micractinium*



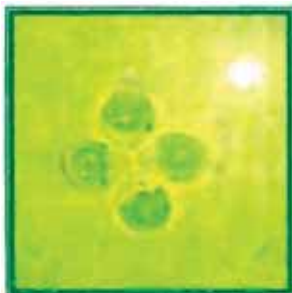
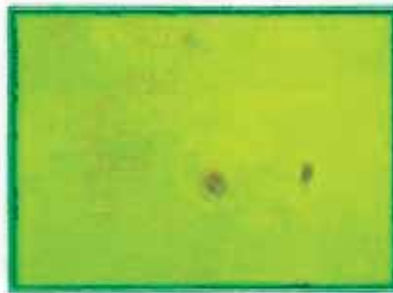
*Actinastrum*



(\*)



(\*)

*Diplochloris**Closterium**Ankistrodesmus**Kirchleriella**Oocystis**Coelastrum*

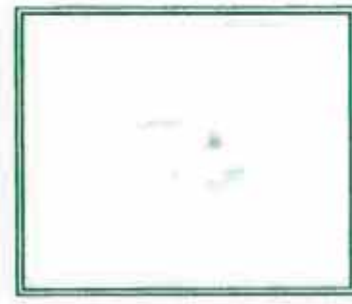
(\*)



(\*)



(\*)

*Chlorococcum*

(\*)



(\*)



(\*)



(\*)



*Oocystis*



*Schoederia*



(\*)



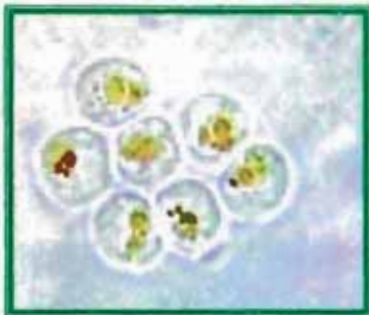
*Actinastrum*



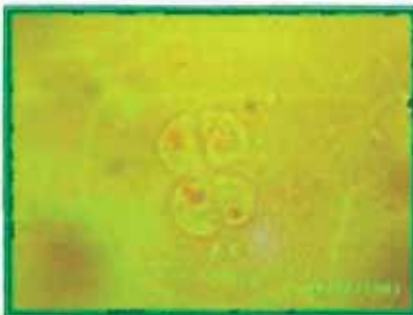
*Actinastrum*



*Oedogonium*



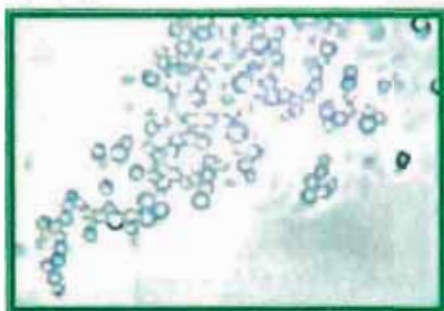
(\*)



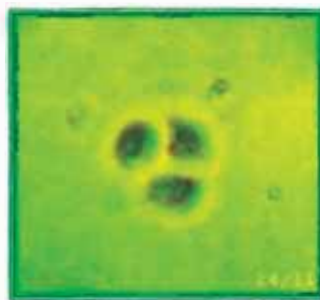
(\*)



(\*)



*Gleocapsa*



*Micractinium*



*Agnemellum*



(\*)



*Closterium*



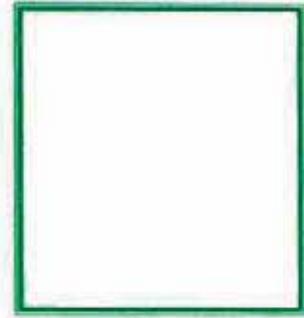
*Tetrastrum*



*Lepocinclis*



*Rhizolenia*



(\*)



(\*)



*Nitzschia*



(\*)



(\*)



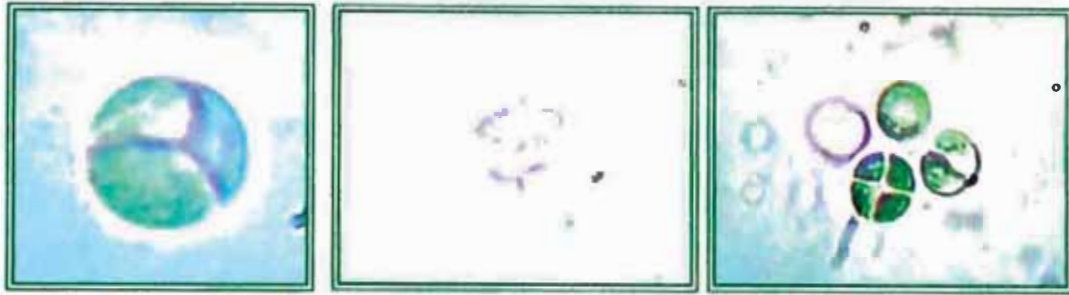
(\*)



*Chroococcus*



*Staurastrum*



(\*)

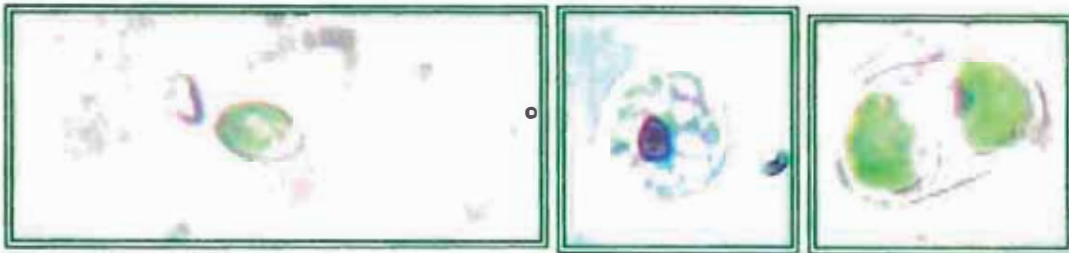
(\*)

*Tetrastrum*

(\*)

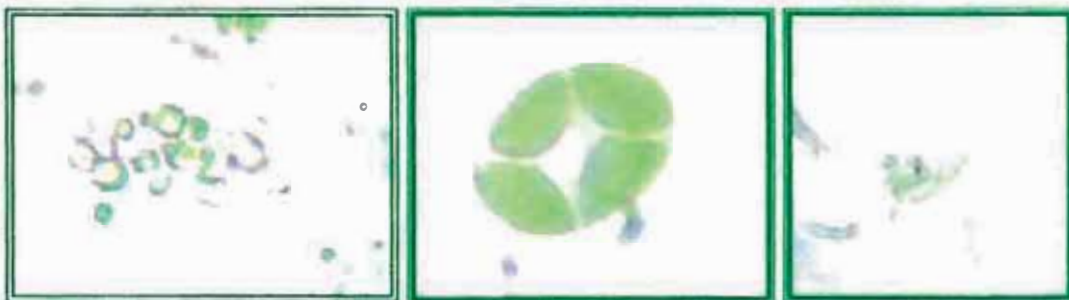
*Golenkinea*

(\*)

*Centritractus*

(\*)

(\*)



(\*)

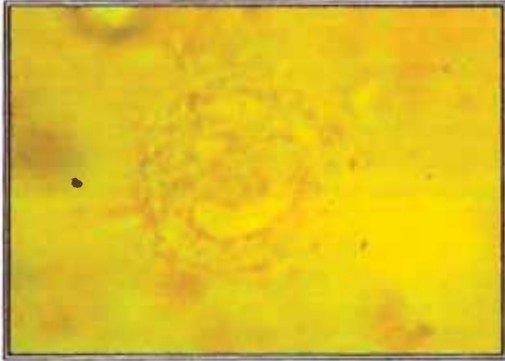
*Chroococcus*

(\*)

Existen especímenes que todavía no se ha podido identificar (\*) pero aun se sigue estudiando sus orígenes.



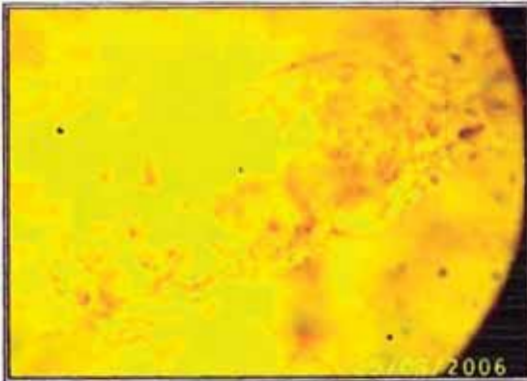
**3.3.- ROTÍFEROS.**



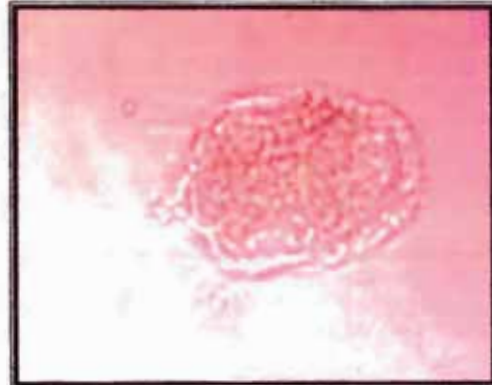
(\*)



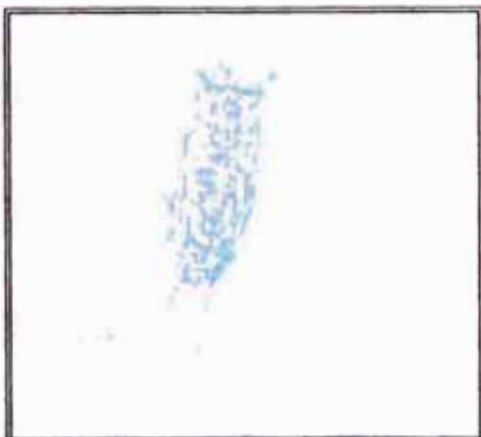
*Streptacephalus*



*Proales*



*Macrochactus*



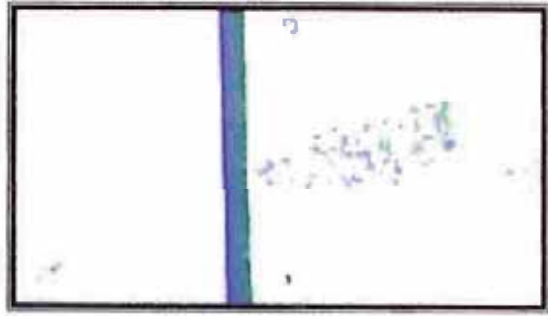
*Monomata*



*Chilodemella*



(\*)



(\*)



*Trichocerca*



(\*)



(\*)



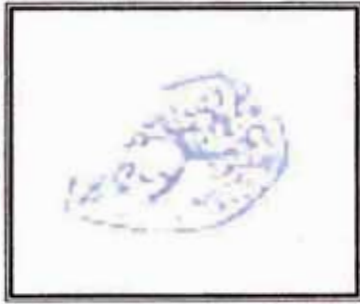
(\*)



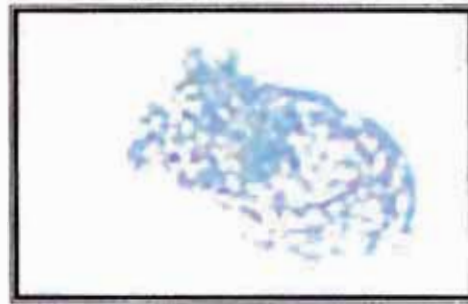
(\*)



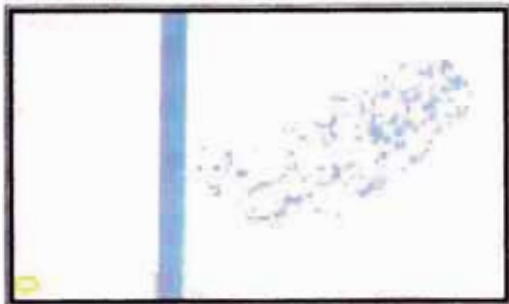
*Epiphanes*



(\*)



*Brachionus (sin huevos)*



(\*)



*Brachionus (con huevos)*



(\*)

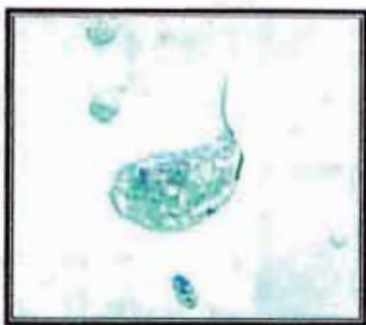


(\*)

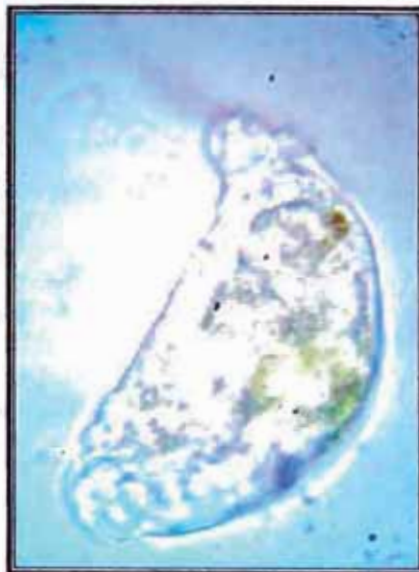


(\*)





*(\*) se muestra dos maneras que fue observado el mismo microorganismo, uno en la celda Rafter y la otra en forma directa a 1000x.*

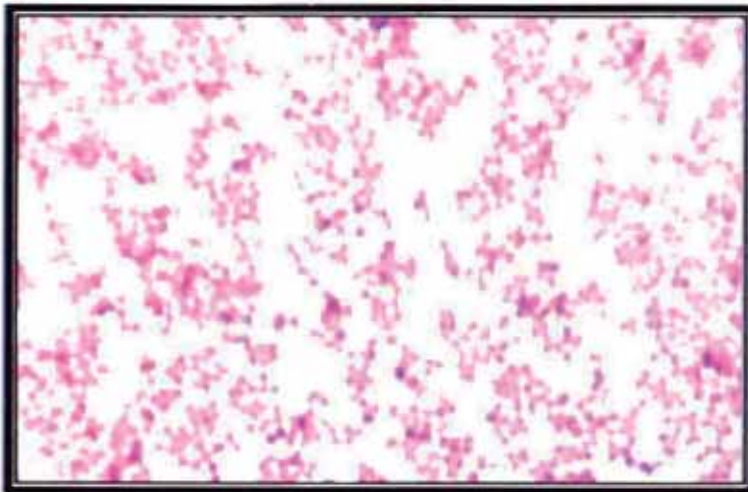
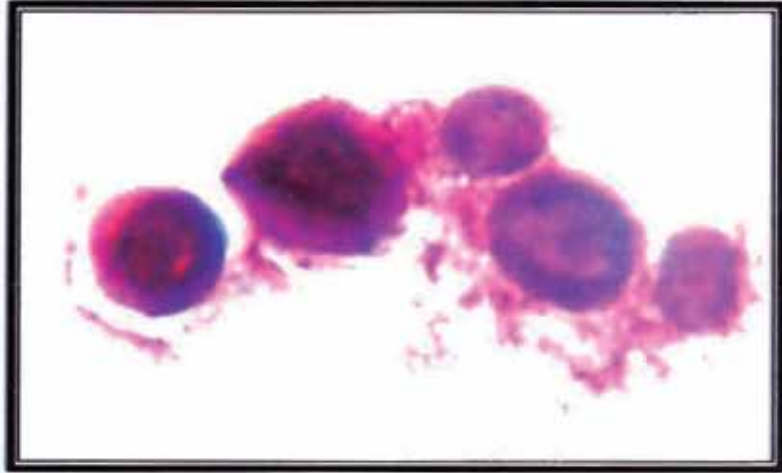


Como en el caso de las algas, existen especímenes de rotíferos que no son totalmente identificados (\*) pero que también se siguen haciendo estudios para su identificación.



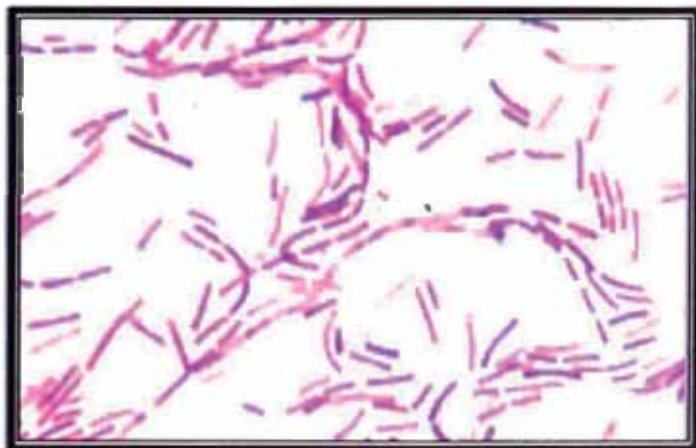
### 3.4.- BACTERIAS.

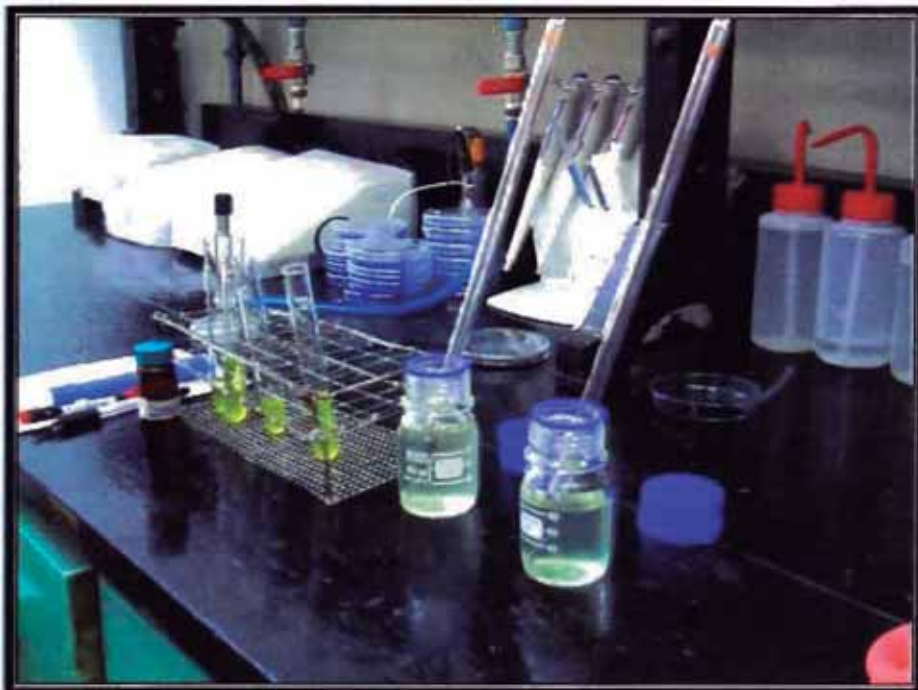
*Foto 19: Se realizo la prueba de tinción Gram a las algas con la finalidad de colorear las bacterias que estén a su alrededor, el aumento del microscopio es de 400x.*



*Foto 20: Se observan bacterias esféricas después de una coloración Gram, el aumento del microscopio es de 970x.*

*Foto 21: Aquí se tienen las bacterias abastoadas después de una coloración Gram, el aumento del microscopio es de 970x.*





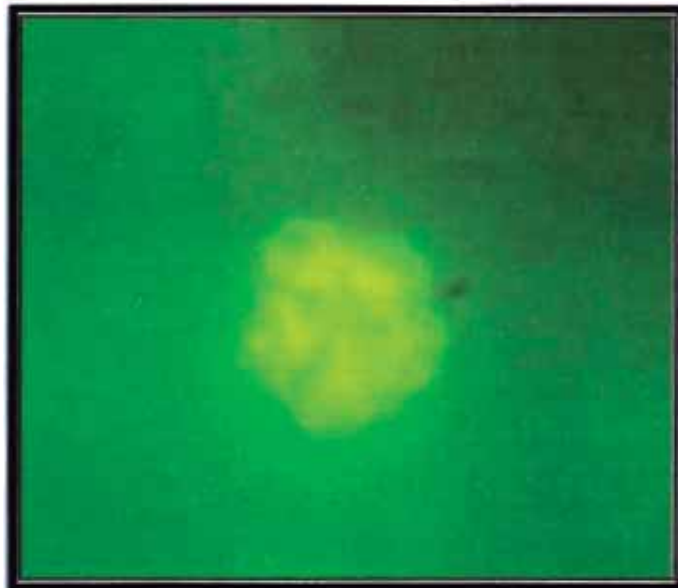
*Foto 22 y 23: Se comienza a preparar los tintes para la técnica de epifluorescencia y añadir las muestras a observar.*



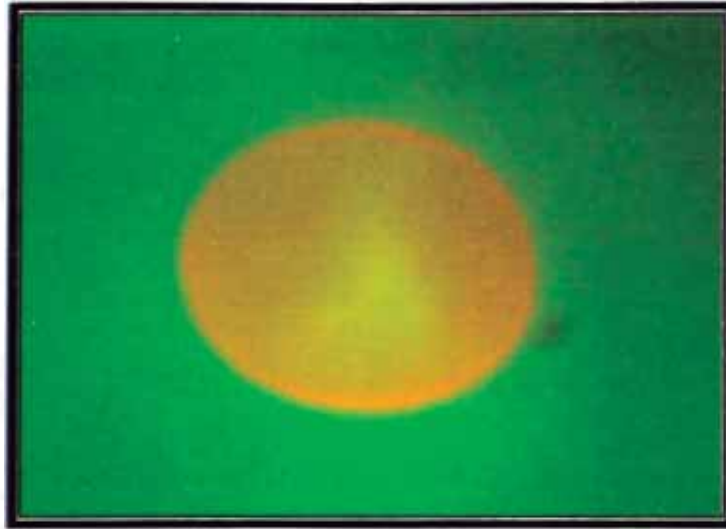
*Foto 24: Se observa al microscopio de epifluorescencia con el cual se observan las diversas células algales como también la forma de las bacterias.*



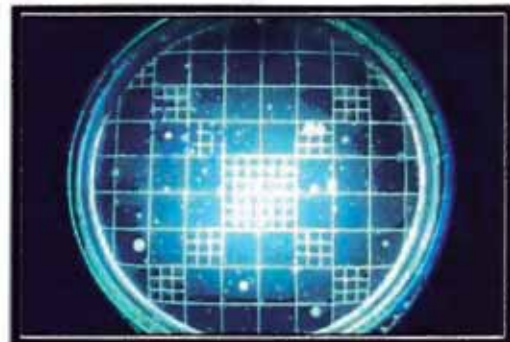
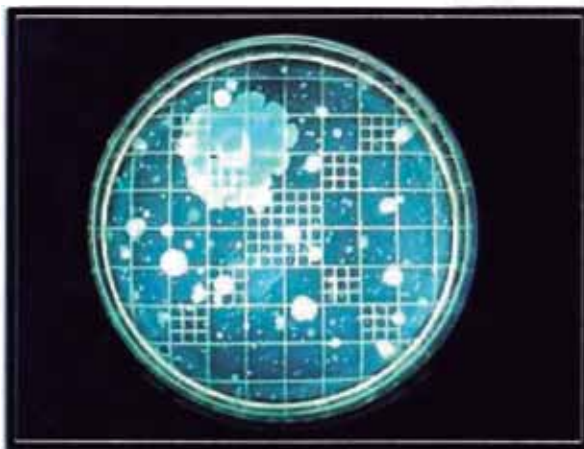
*Foto 25: Se puede observar la luz emitida por el microscopio utilizado en la técnica de epifluorescencia.*



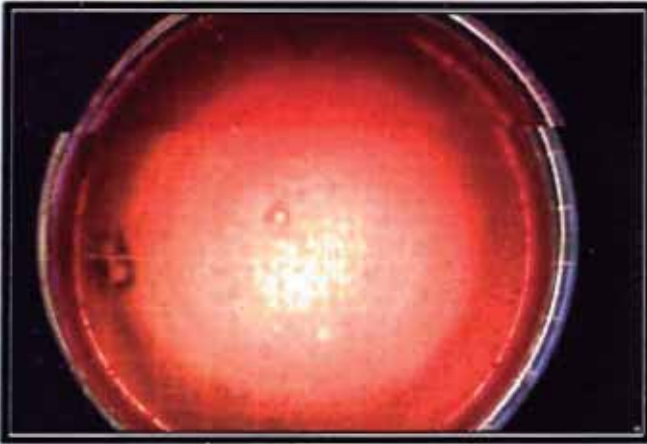
*Foto 26 y 27: Aquí se puede observar en la primera foto la imagen de una bacteria y en la parte inferior un alga mediante la técnica de epifluorescencia.*



*Foto 28: Aquí se puede observar otra foto con la imagen de un alga mediante la técnica de epifluorescencia.*



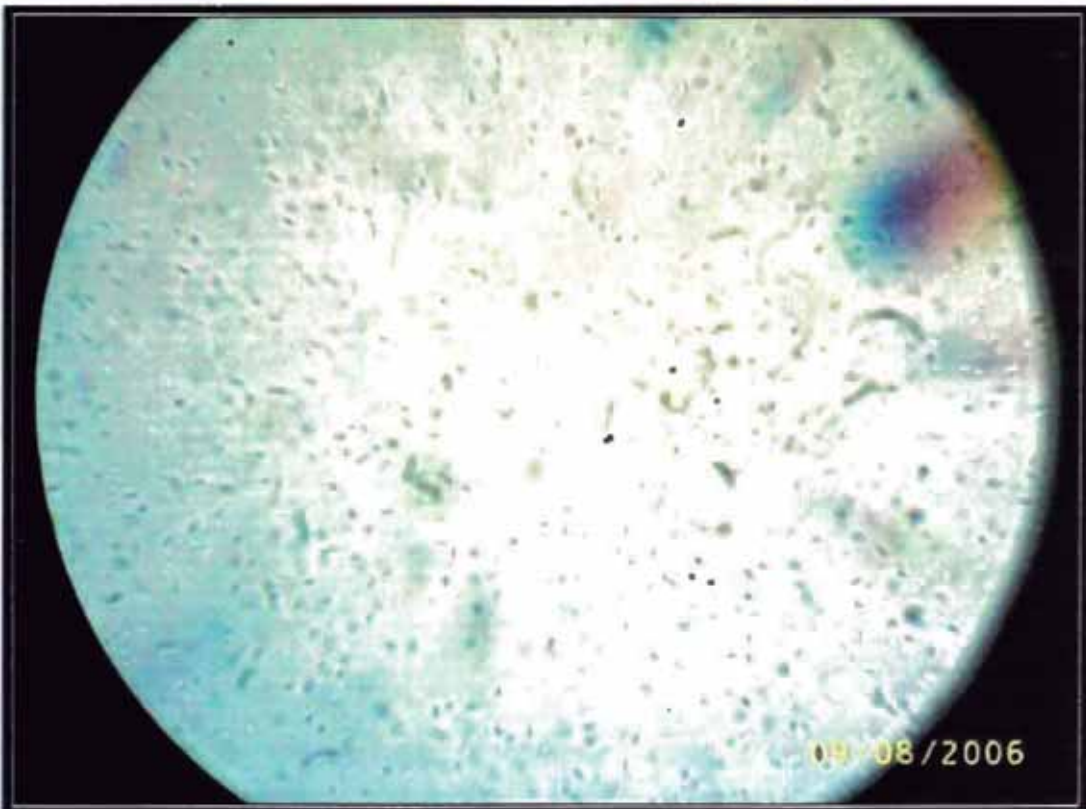
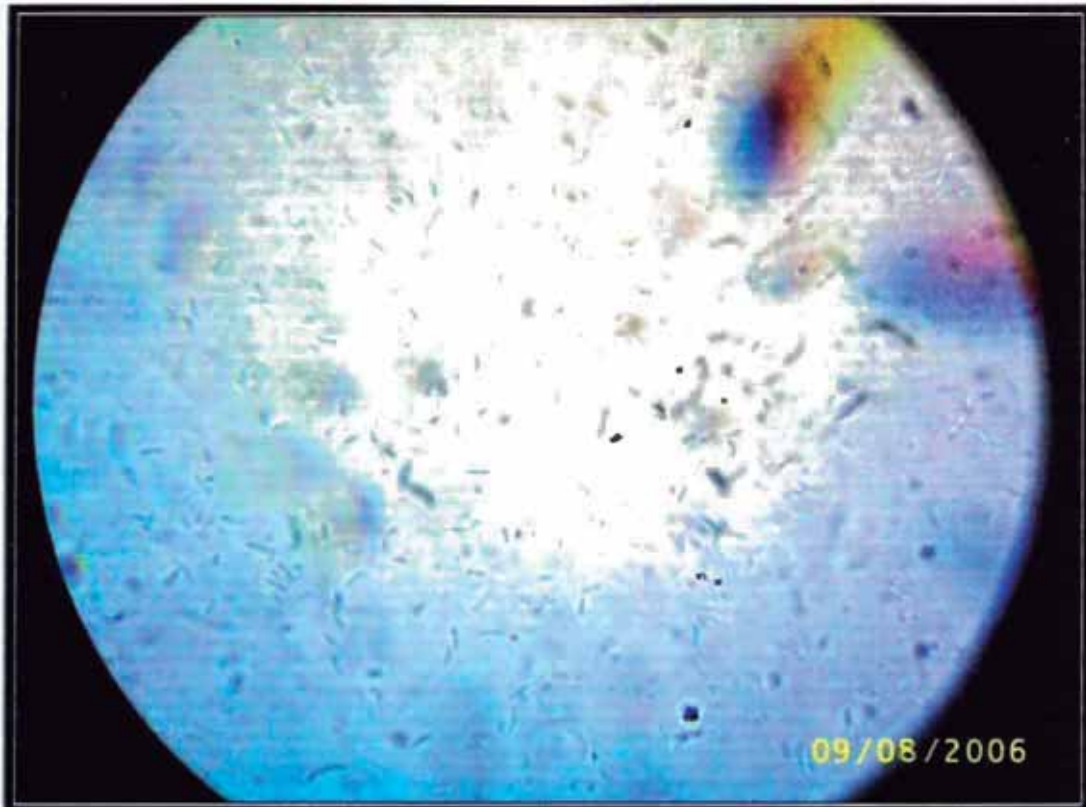
*Foto 29 y 30: Momentos el cual se realiza el recuento total de bacterias y las diferentes colonias de bacterias que se podían cultivar*



*Foto 31: Realización del conteo de los coliformes totales.*

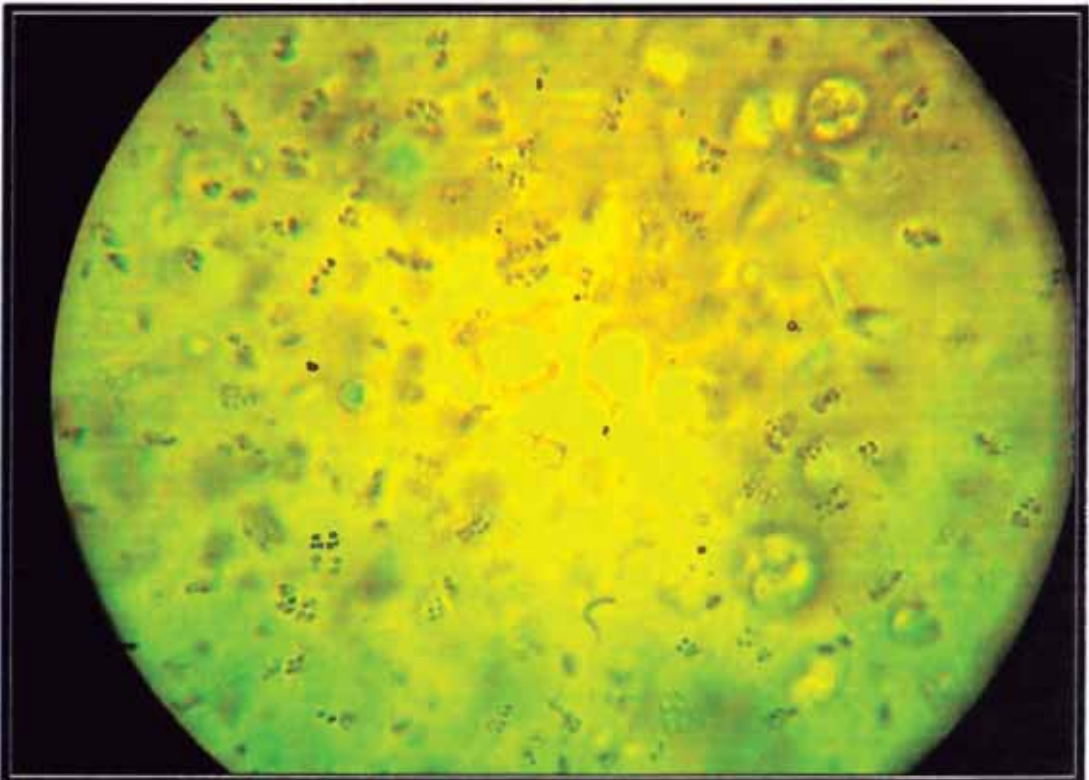
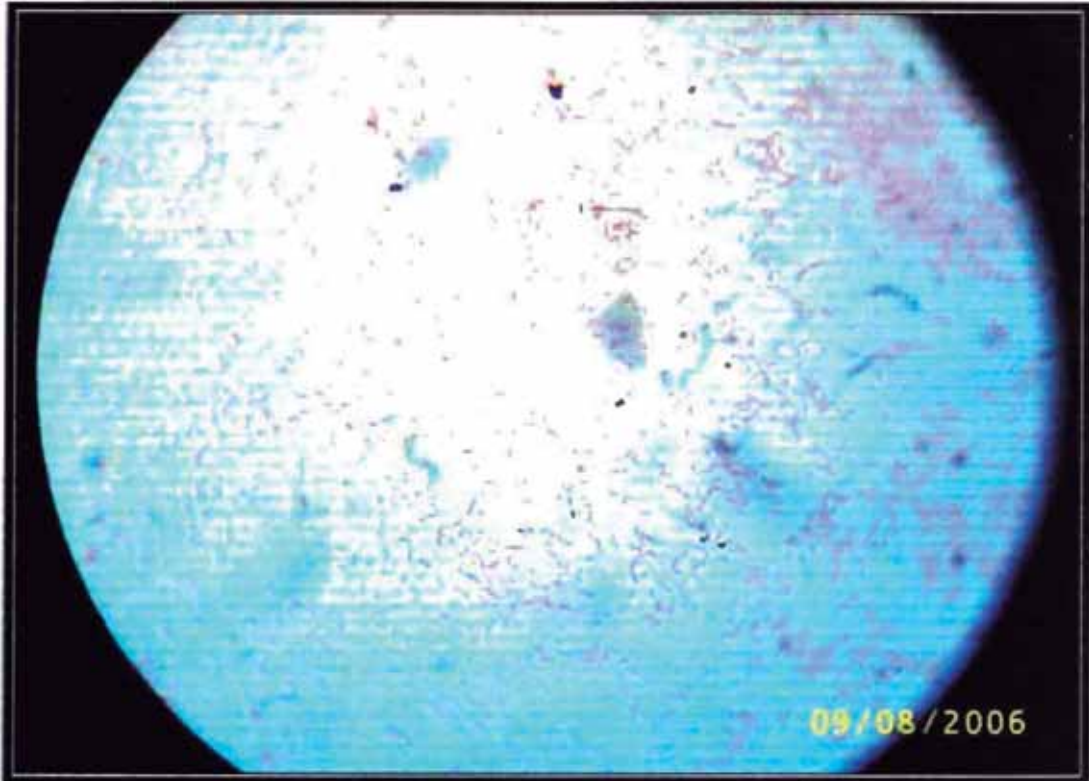


*Foto 32: Aquí podemos apreciar las colonias de bacterias que se aislaron la identificación bioquímica.*



*Foto 33 y 34: Aquí podemos apreciar las bacterias que se aislaron mediante observación directa en el microscopio con aumento de 1000X.*





*Foto 35 y 36: en la parte superior podemos observar otras bacterias mediante tinción Gram en el microscopio con aumento de 1000X y en la parte inferior tipos de algas de una muestra centrifugada comprando así el tamaño que tienen con las bacterias*



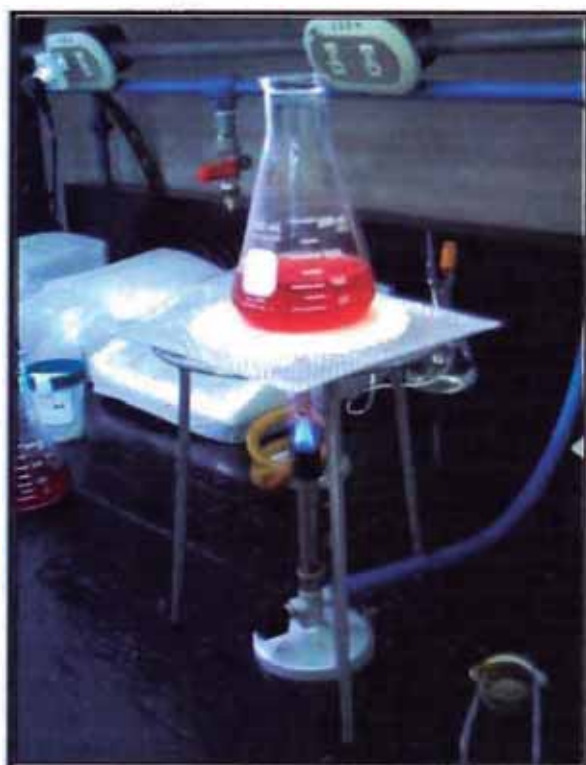
Entre las bacterias cultivables se encontraron los siguientes grupos:

- Escherichia coli.
- Klebsiella oxytoca.
- Proteus vulgaris.
- Proteus sp.
- Enterobacter.
- Pseudomona aeruginosa.
- Citrobacter freundii.
- Serratia sp.
- Enterobacter cloacae.

Las no cultivables fueron estudiadas indirectamente por técnicas moleculares que solo nos muestran las bandas de ARNr correspondientes a diversos taxones bacterianos pertenecientes a los ya mencionados y otros como sulfato reductoras.



*Foto 37: Realización de las pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias.*



*Foto 38, 39 y 40: En estas fotografías podemos observar los distintos procedimientos para la identificación bioquímica de bacterias*



### 3.5.- RELACIÓN DE PARÁMETROS.

#### 3.5.1.- RELACIÓN DE PARÁMETROS POR CADA MONITOREO Y POR HORA DE MONITOREO.

##### Primer monitoreo

En este monitoreo no se tuvieron datos seguros debido a que se estaban poniendo a prueba toda la metodología, por ende los resultados obtenidos no son tan confiables por ello se dispuso no colocar dichos resultados.

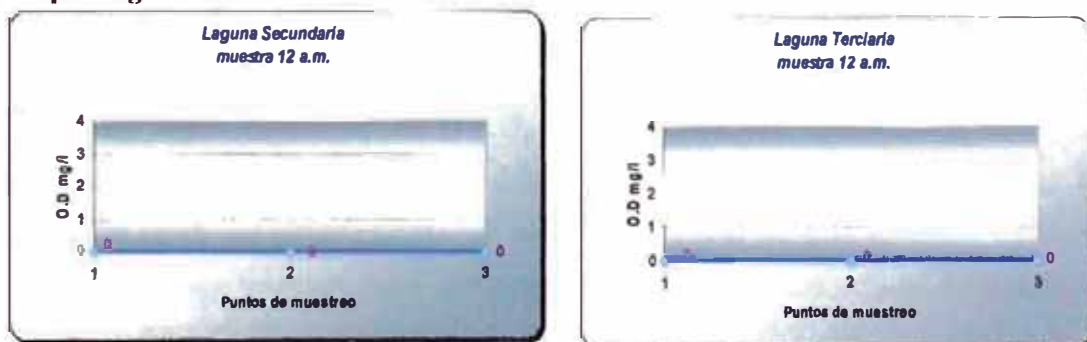
##### Segundo monitoreo

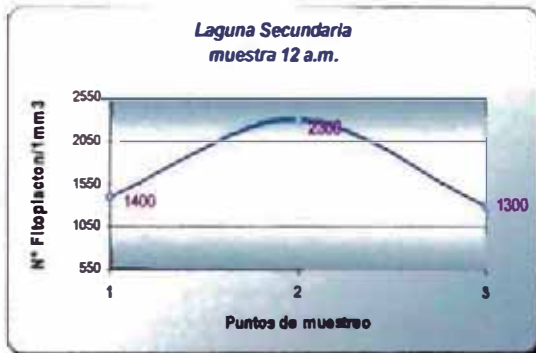
Este fue realizado en el mes de marzo del 2006; cabe destacar que en el primer monitoreo existieron problemas y no se lograron extraer muestras en las horas previstas por ello no colocamos los datos para no interferir con los datos correlacionados.

**Tabla 01:**

Hora de muestreo: 12a.m.				
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° de Bact Heterotrofas/1ml
LS1-0	0	59	1400	18000
LS2-0	0	29	2300	29800
LS3-0	0	30,5	1300	14000
LT1-0	0	27,9	1450	13600
LT2-0	0	22,4	813	16600
LT3-0	0	22,3	1200	11500

**Bloque de gráficos 01:**





Según la relación de los cuadros anteriores siendo el monitoreo a las 12a.m. el oxígeno disuelto para todos los casos nos sale el valor de 0.0mg/l lo cual es común para estas horas en una laguna de estabilización.

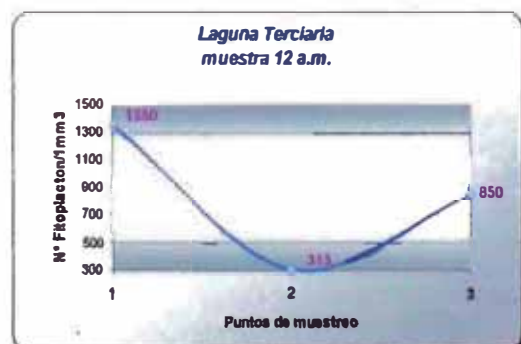
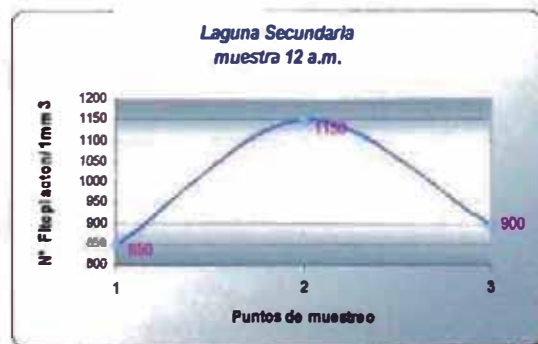
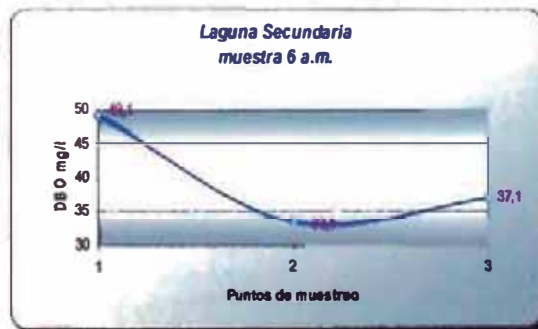
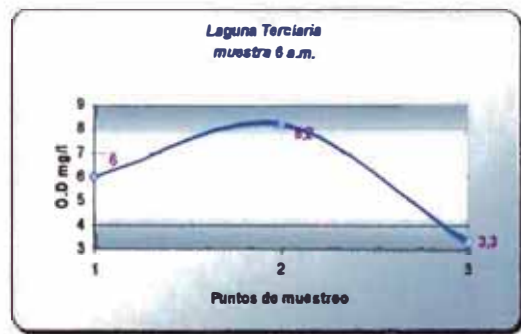
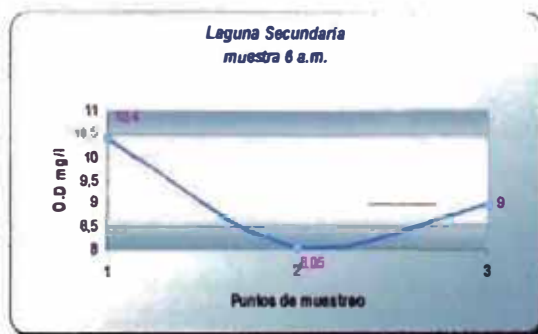
Según los datos obtenidos de D.B.O<sub>5</sub> estos disminuyen ligeramente desde la entrada de la laguna secundaria a la salida de la laguna terciaria pero la población tanto bacteriana como de algas en general no guardan una relación directa; solo hay relación entre las curvas de la laguna secundaria en cuanto a los parámetros dichos anteriormente.



Tabla 02:

Hora de muestreo: 6 a.m.			
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>
LS1-0	10,4	49,1	850
LS2-0	8,05	33,5	1150
LS3-0	9	37,1	900
LT1-0	6	25,3	1350
LT2-0	8,2	26	313
LT3-0	3,3	18,7	850

Bloque de gráficos 02:



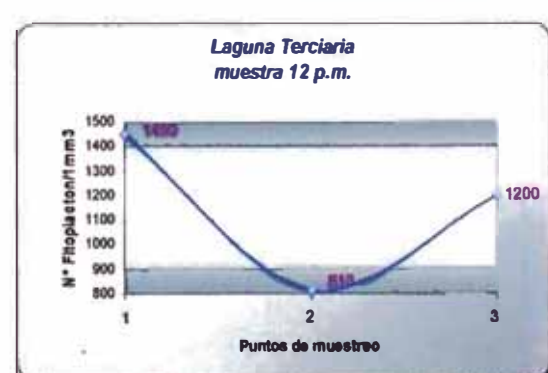
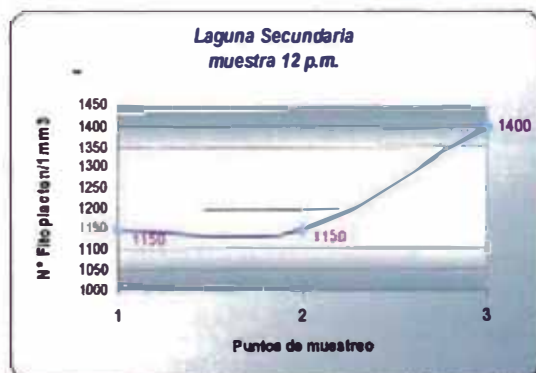
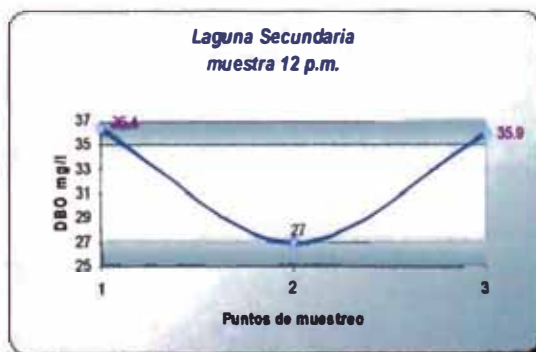
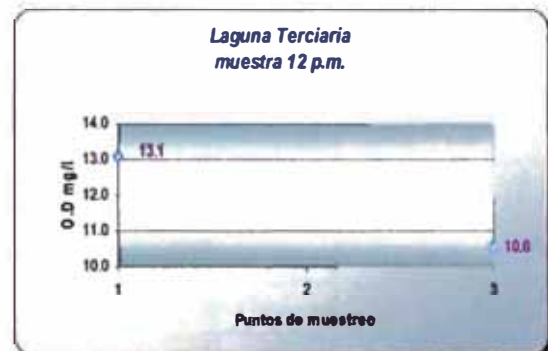
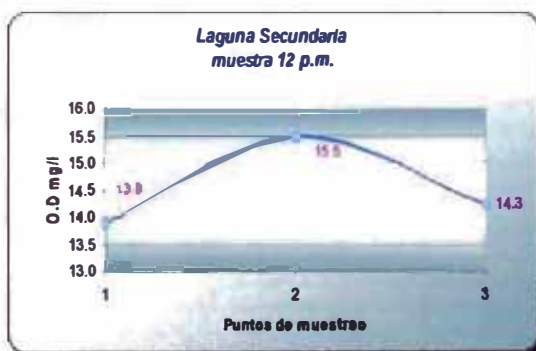
En este caso el O.D tiene un incremento, normalmente es cero; las curvas que me dicen el comportamiento de la D.B.O y el O.D guardan una relación directa. La dinámica poblacional de algas no tiene relación alguna con los parámetros mencionados.



Tabla 03:

Hora de muestreo: 12 p.m.				
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm3	N° de Bact Heterotroficas/1ml
LS1-0	13.9	36.4	1150	2800
LS2-0	15.5	27	1150	22400
LS3-0	14.3	35.9	1400	8100
LT1-0	13.1	33.5	1650	7600
LT2-0			1500	
LT3-0	10.6	35.9	850	11000

Bloque de gráficos 03:



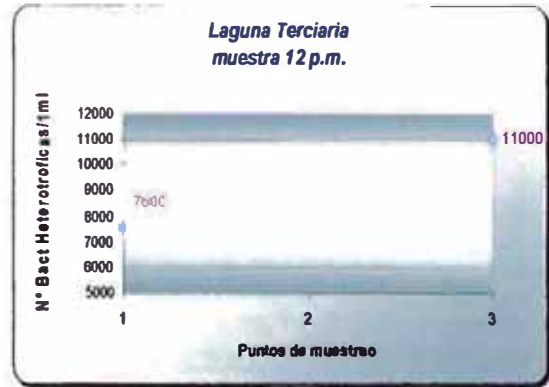
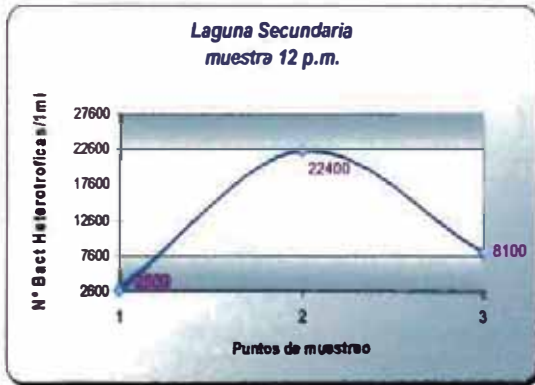
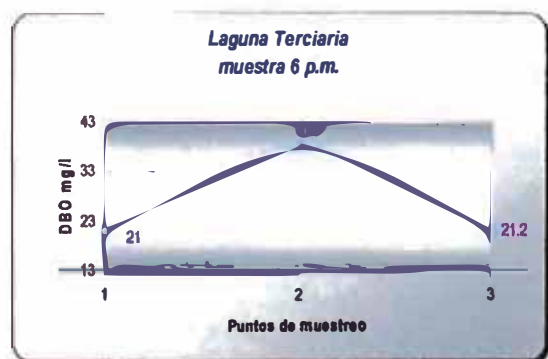
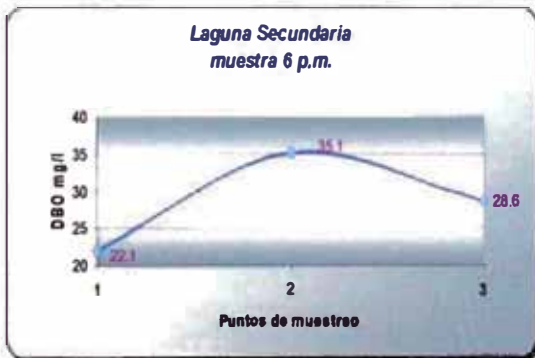
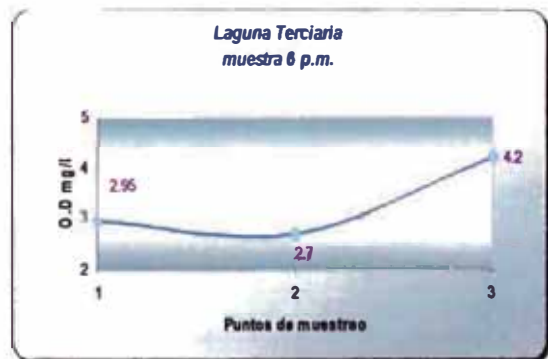
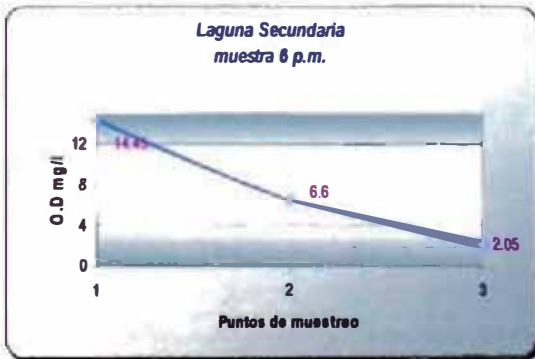


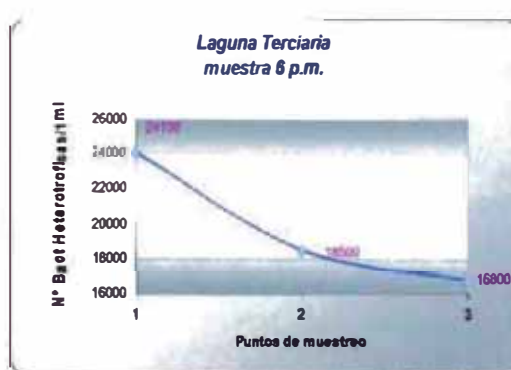
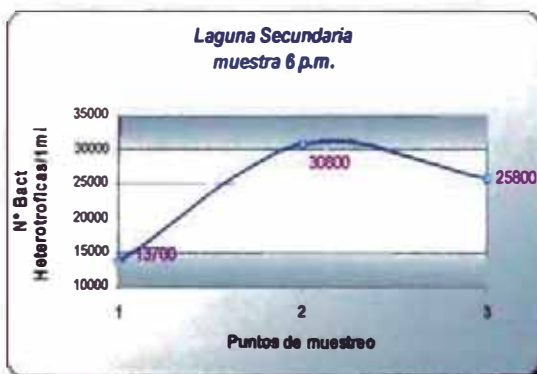
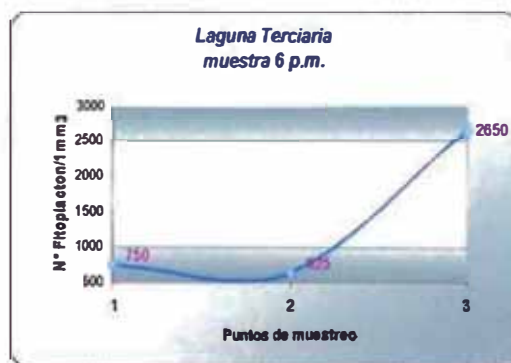
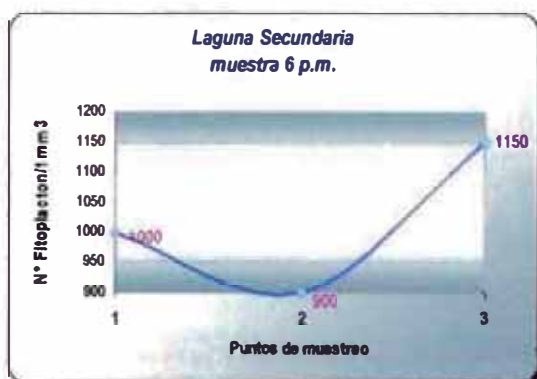
Tabla 04:

Hora de muestreo: 6 p.m.				
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm3	N° de Bact Heterotoficas/1ml
LS1-0	14.45	22.1	1000	13700
LS2-0	6.6	35.1	900	30800
LS3-0	2.05	28.6	1150	25800
LT1-0	2.95	21	750	24100
LT2-0	2.7	37.9	625	18500
LT3-0	4.2	21.2	2650	16800

Bloque de gráficos 04:







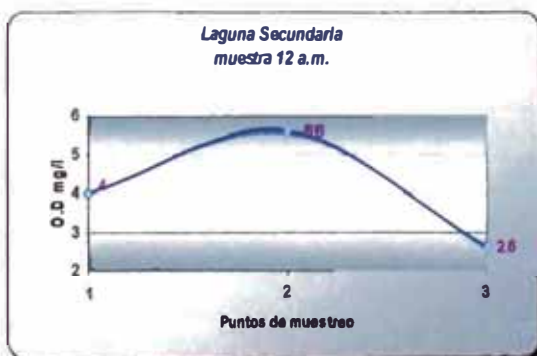
### Tercer monitoreo

Este fue realizado en el mes de junio del 2006

Tabla 05:

Hora de muestreo: 12a.m.					
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml
LS1-0	4	9.5	800	36	4800
LS2-0	5.6	21.3	800	3	51200
LS3-0	2.6	2.1	600	9	20960
LT1-0	0.8	5	150	29	20400
LT2-0	0	27.7	125	24	21200
LT3-0	0.2	23	50	19	20000

Bloque de gráficos 05:



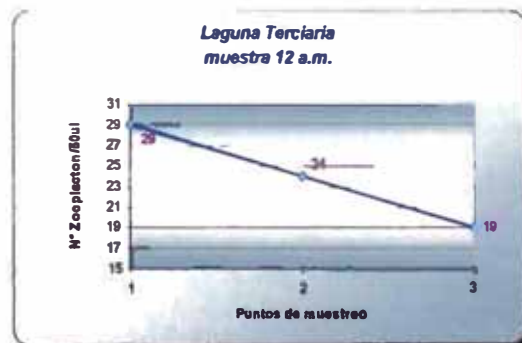
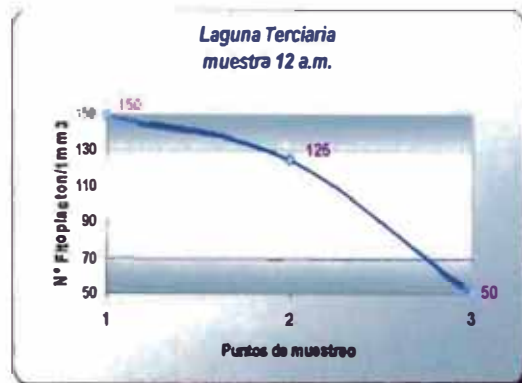
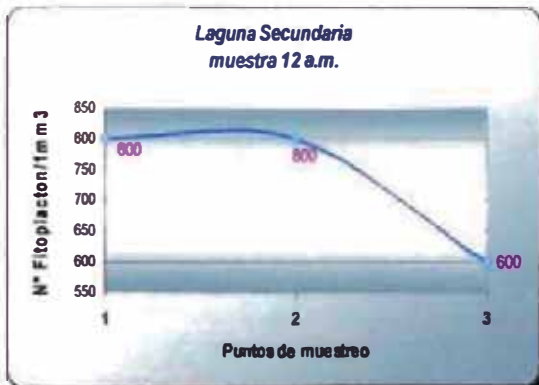
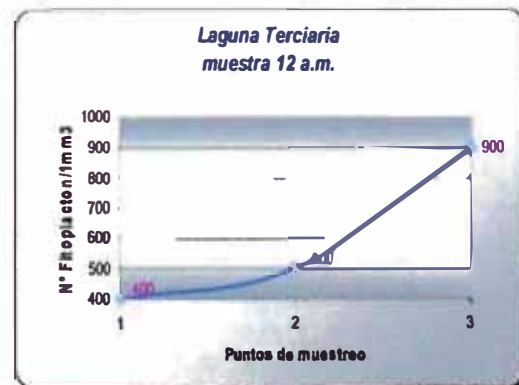
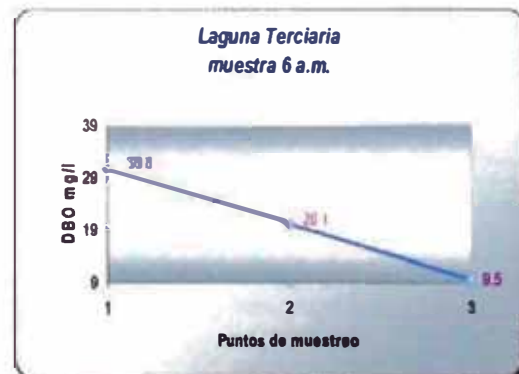
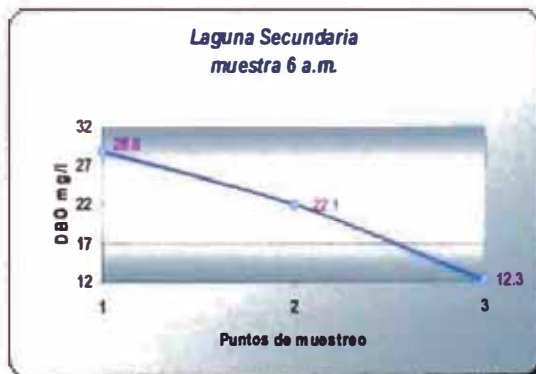
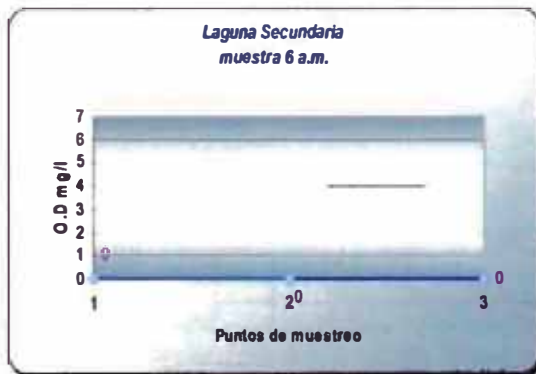




Tabla 06:

Hora de muestreo: 6 a.m.					
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm3	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml
LS1-0	0	28.8	1550	24	13440
LS2-0	0	22.1	2450	10	13680
LS3-0	0	12.3	1200	17	16080
LT1-0	0	30.8	400	34	24080
LT2-0	0	20.1	500		28560
LT3-0	0	9.5	900		33600

Bloque de gráficos 06:



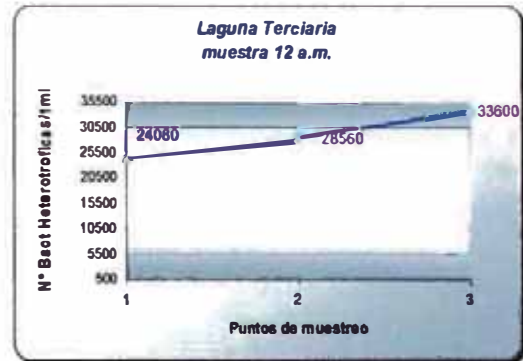
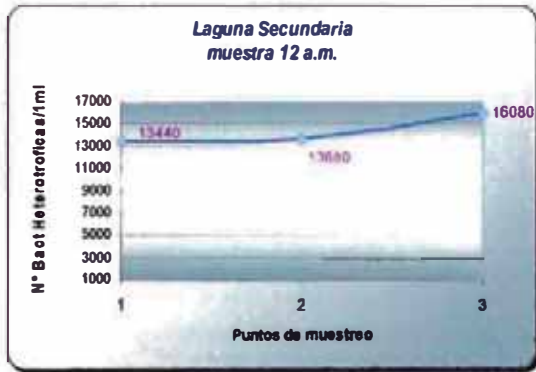
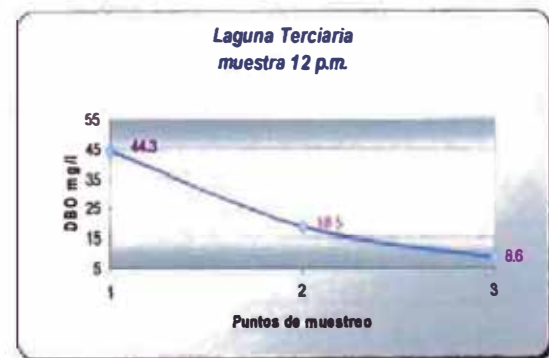
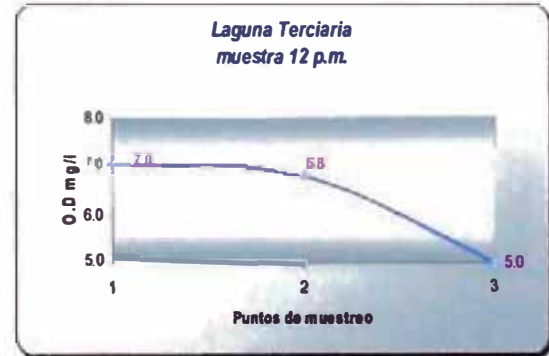
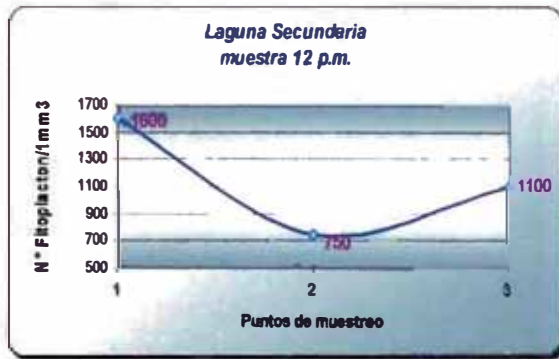


Tabla 07:

Hora de muestreo: 12 p.m.					
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm3	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotrofas/1ml
LS1-0	3.8	33.4	1600		26240
LS2-0	4.2	20.7	750		20480
LS3-0	3.0	19	1100		15280
LT1-0	7.0	44.3		7	
LT2-0	6.8	18.5		3	22880
LT3-0	5.0	8.6		12	36880

Bloque de gráficos 07:





El monitoreo que corresponde al de la laguna terciaria no se pudo efectuar.

El análisis de la laguna secundaria no se pudo efectuar (\*)

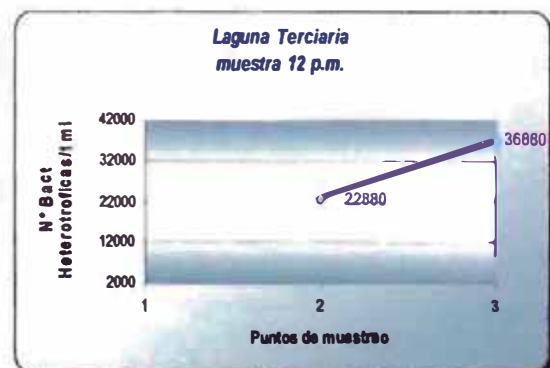
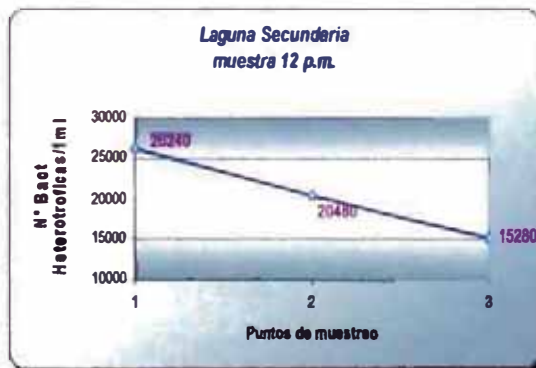
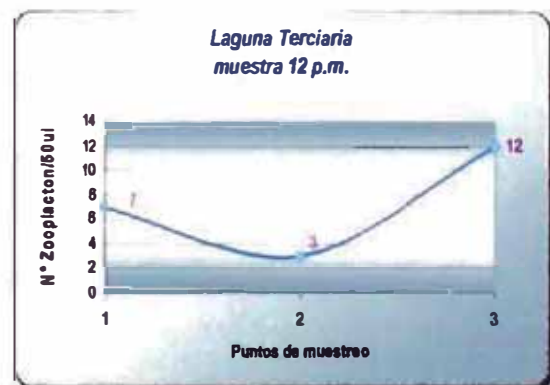
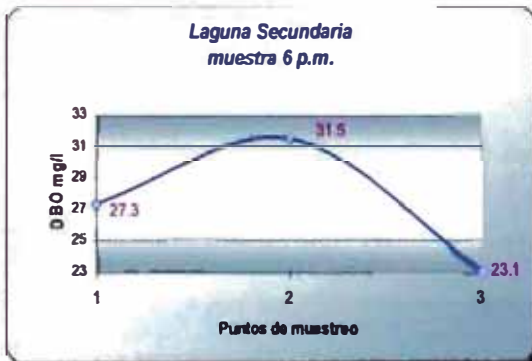
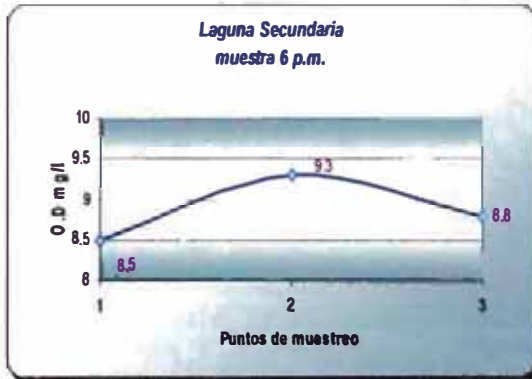


Tabla 08:

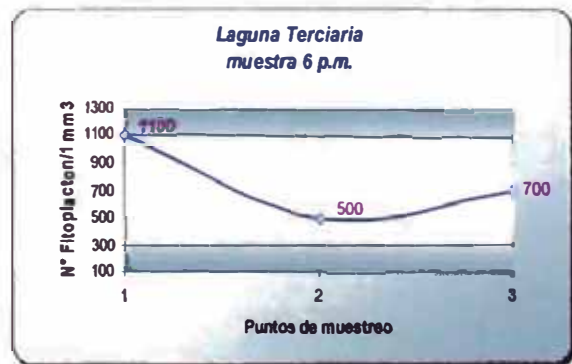
Hora de muestreo: 6 p.m.					
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml
LS1-0	8.5	27.3			
LS2-0	9.3	31.5			11280
LS3-0	8.8	23.1	1400	11	10320
LT1-0	12.2	41	1100	12	34560
LT2-0	14.2	13.5	500	12	17520
LT3-0	12.4	39.3	700	7	30160



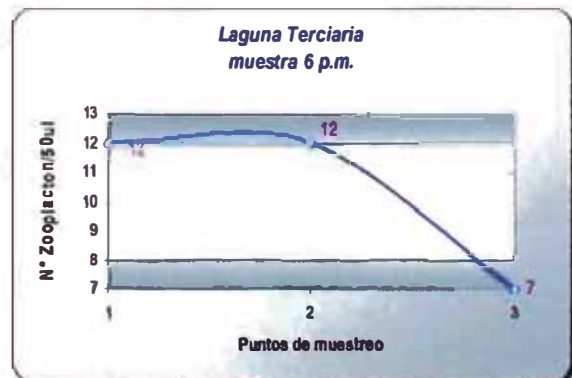
**Bloque de gráficos 08:**

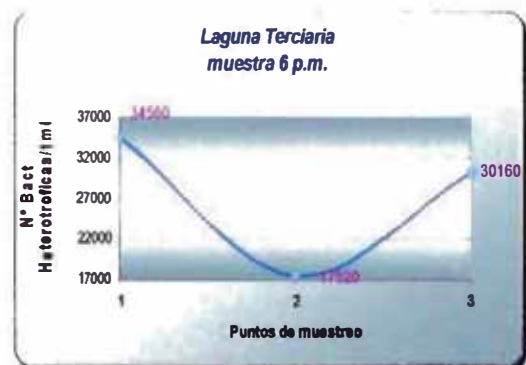


No se pudo obtener resultados por motivos Imprevistos.



No se pudo obtener resultados por motivos Imprevistos.





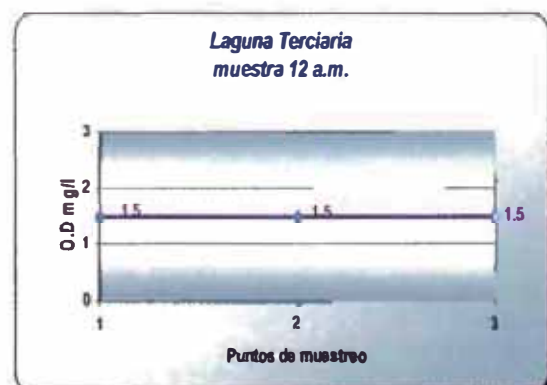
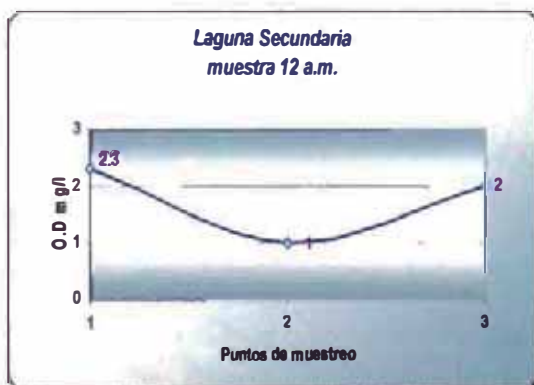
#### Cuarto monitoreo

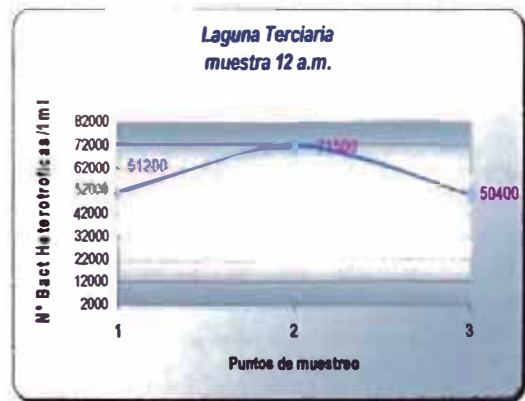
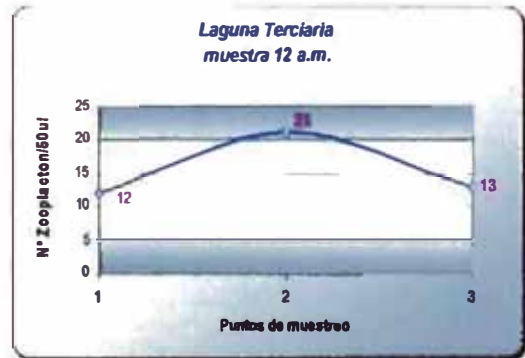
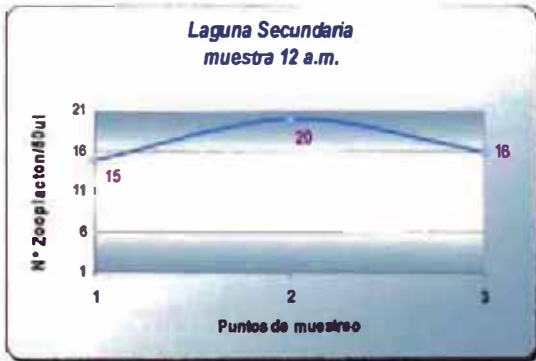
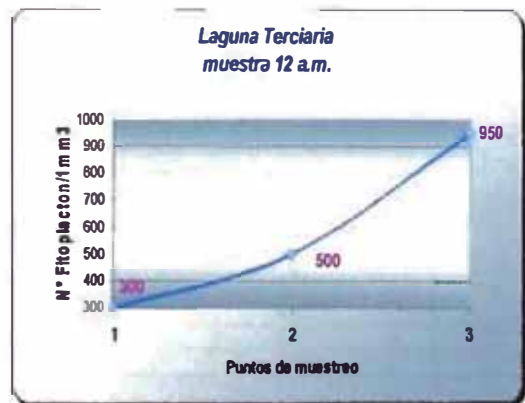
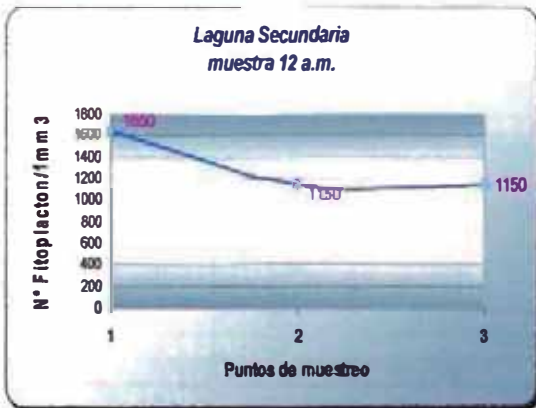
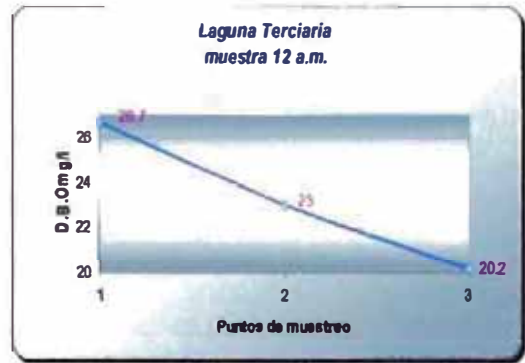
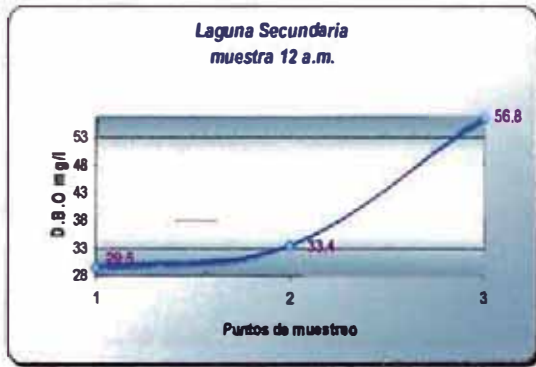
Este fue realizado en el mes de julio del 2006.

Tabla 09:

Hora de muestreo: 12a.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplac/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplac/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml	ph
LS1-0	2.3	29.5	1650	15	96900	7.83
LS2-0	1	33.4	1150	20	41500	7.78
LS3-0	2	36.8	1150	16	52500	7.82
LT1-0	1.5	26.7	300	12	51200	7.30
LT2-0	1.5	23	500	21	71500	7.72
LT3-0	1.5	20.2	950	13	50400	7.80

Bloque de gráficos 09:







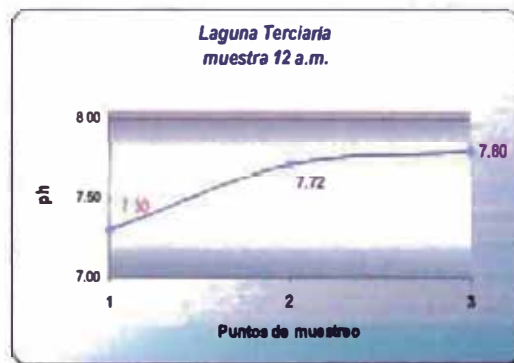
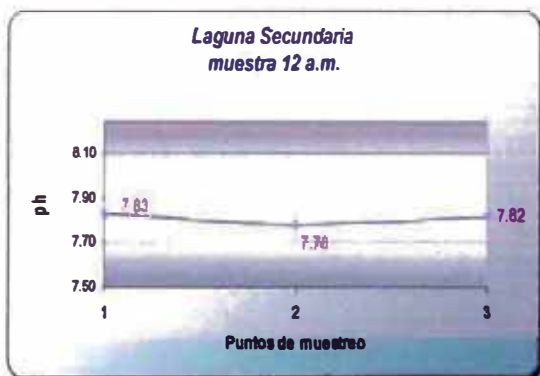
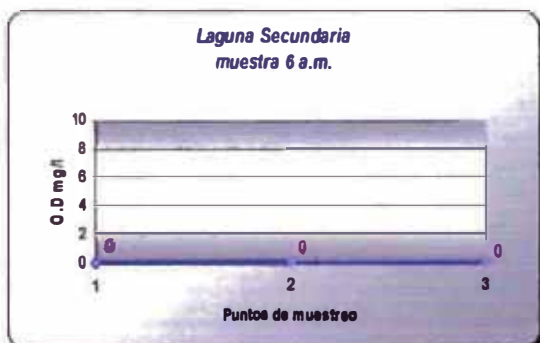


Tabla 10:

Hora de muestreo: 6 a.m.

Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Filtrantes/1mm <sup>2</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotoficas/1ml	pH
LS1-0	0	31.9	750	13	128400	7.67
LS2-0	0	31.6	1200	17	94800	7.62
LS3-0	0	39.8	300	13	68200	7.63
LT1-0	0	20.7	550	24	6300	7.30
LT2-0	0	23	344	14	8900	7.60
LT3-0	0	19.3	350	13	24600	7.67

Bloque de gráficos 10:



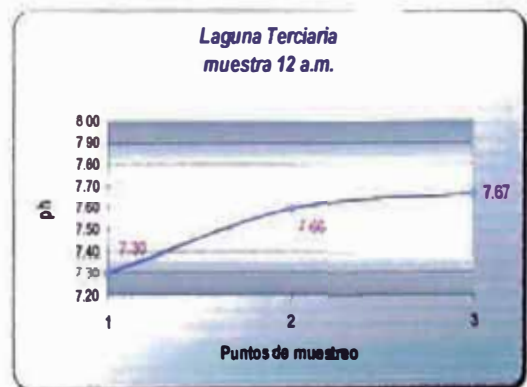
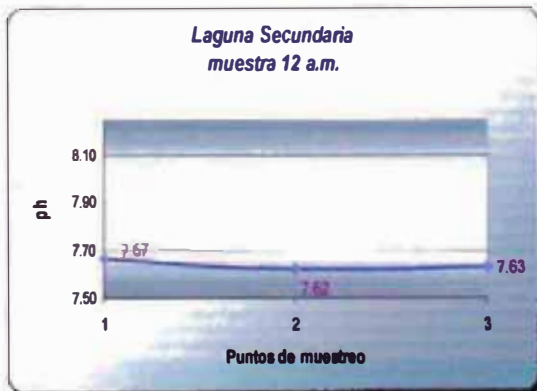
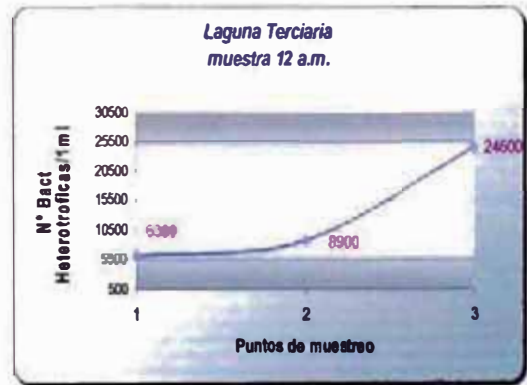
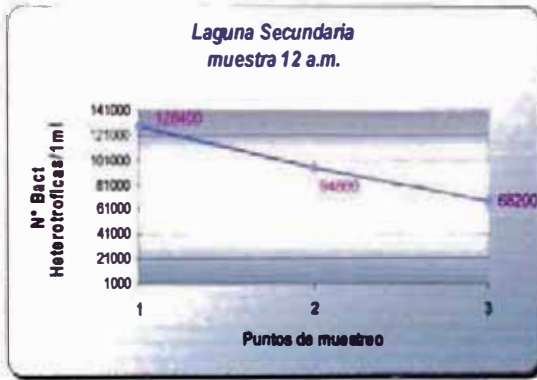
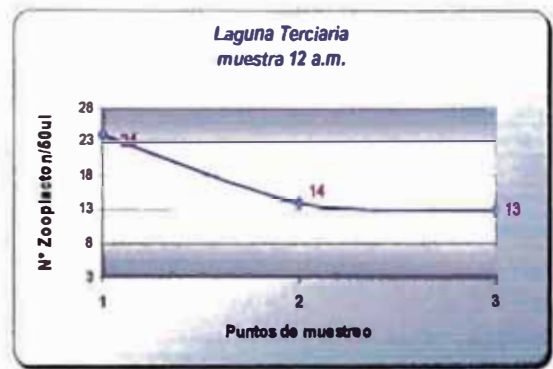
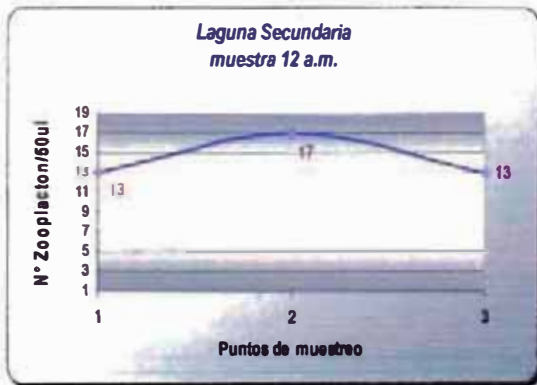
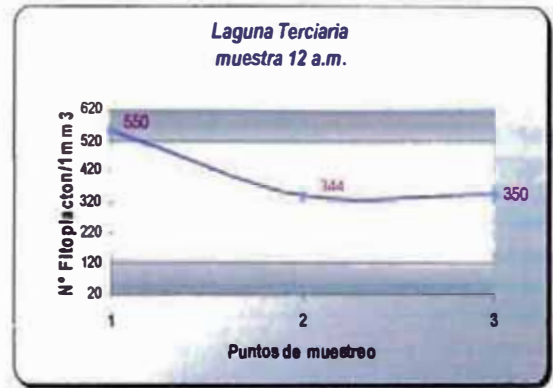
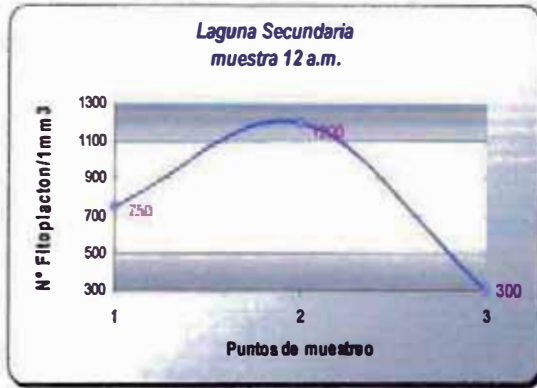
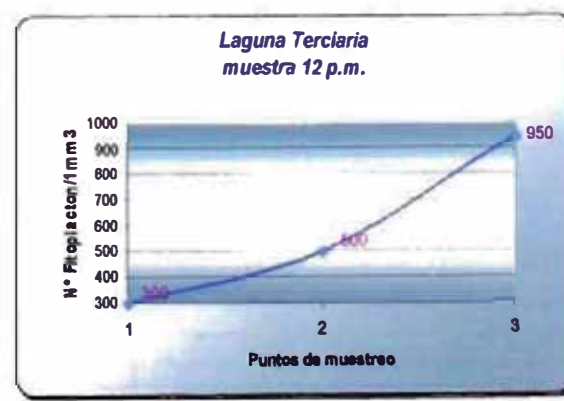
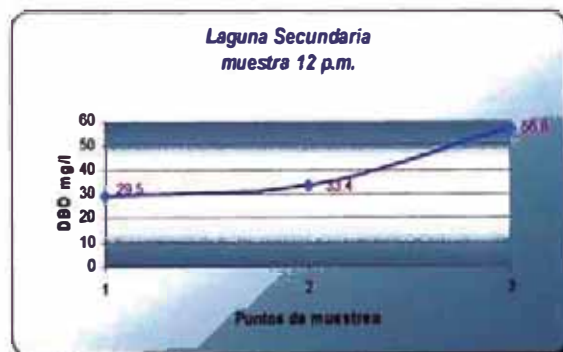
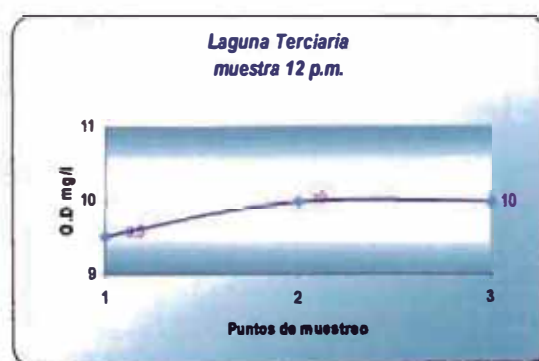
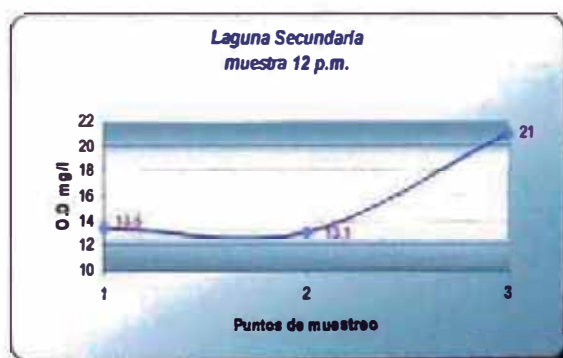




Tabla 11:

Hora de muestreo: 12 p.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotrofas/1ml	ph
LS1-0	13.5	32.9	750	0	30000	8.65
LS2-0	13.1	48.7	500	2	13800	8.85
LS3-0	21	26.8	900	5	50400	8.82
LT1-0	9.5	19.1	300	5	42000	8.30
LT2-0	10	14.7	600	8	36400	8.39
LT3-0	10	8.9	550	6	34400	8.37

Bloque de gráficos 11:



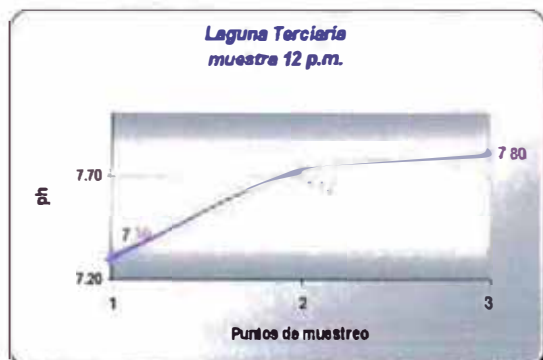
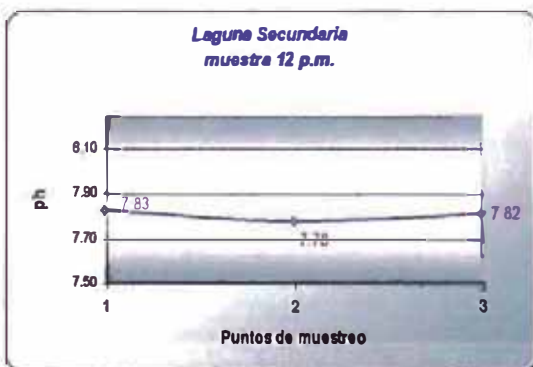
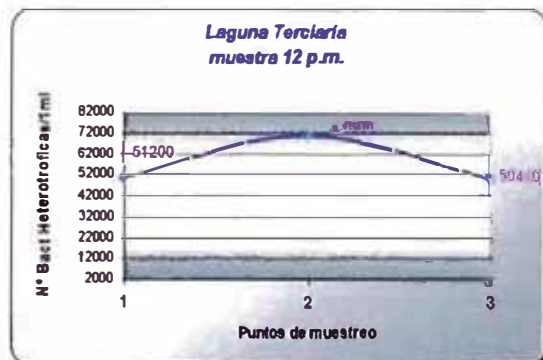
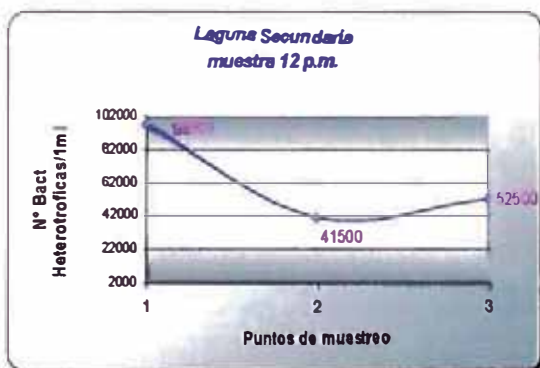
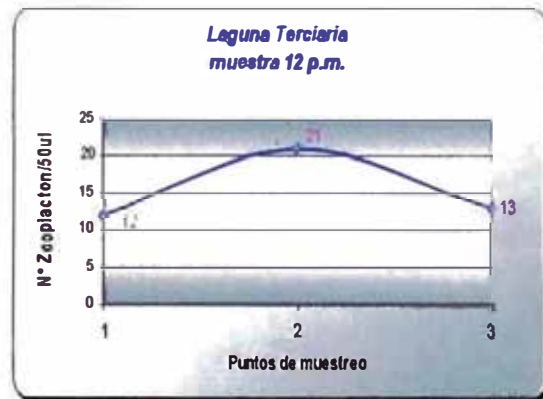
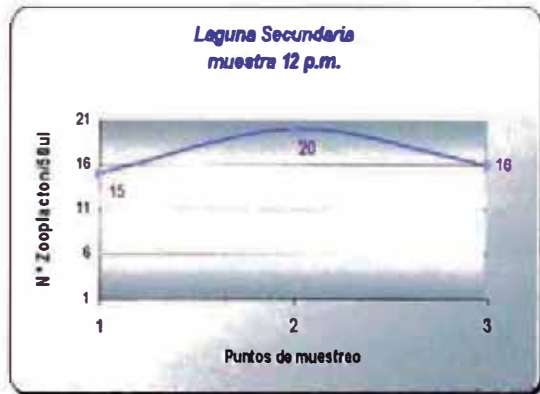
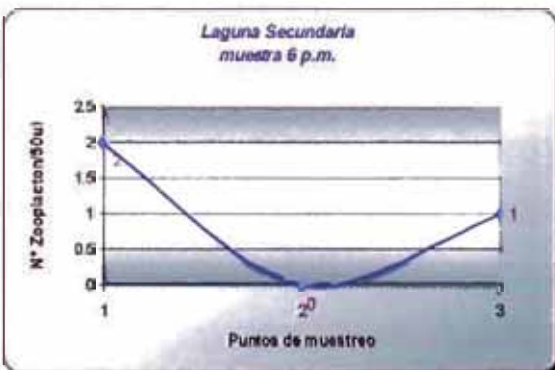
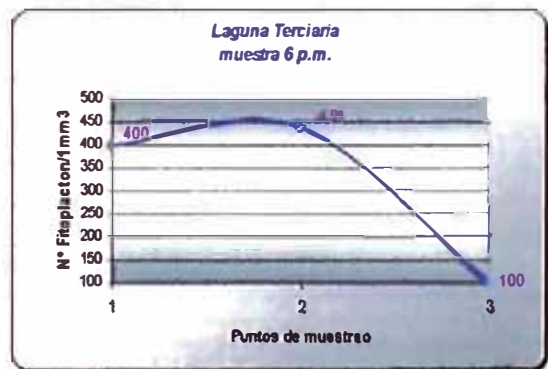
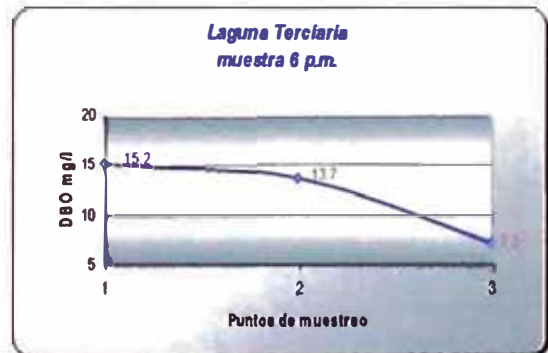
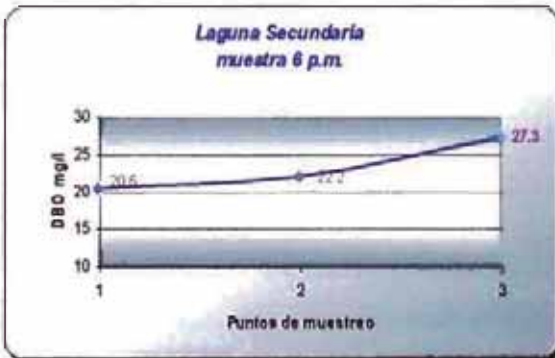
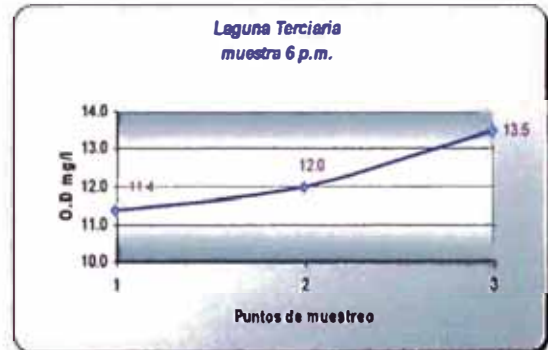
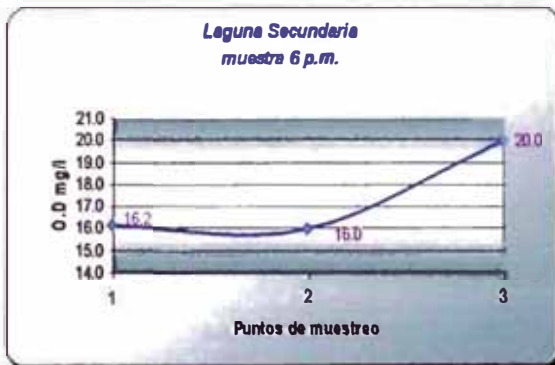


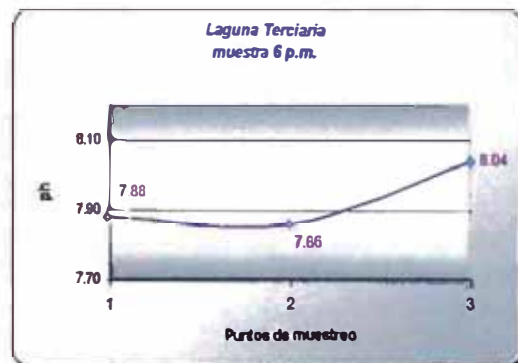
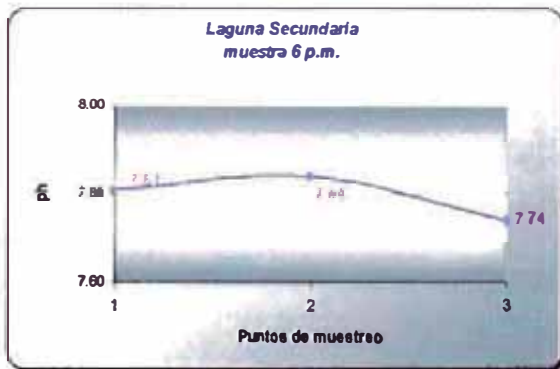
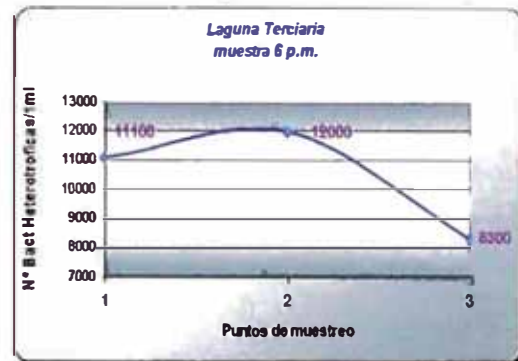
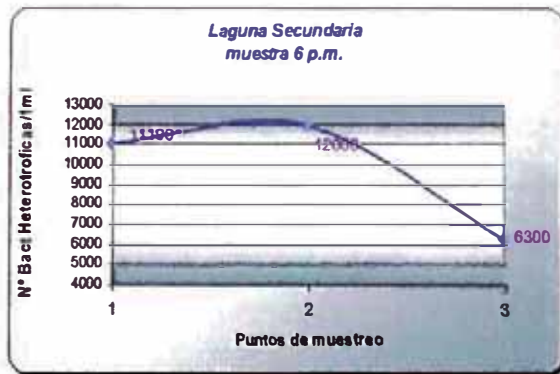
Tabla 12:

Hora de muestreo: 6 p.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoract/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotficas/1ml	pH
LS1-0	16.2	20.6	350	2	11100	7.81
LS2-0	16.0	22.2	600	0	12000	7.84
LS3-0	20.0	27.3	300	1	6300	7.74
LT1-0	11.4	15.2	400	1	11100	7.88
LT2-0	12.0	13.7	438	0	12000	7.86
LT3-0	13.5	7.2	100	2	8300	8.04



**Bloque de gráficos 12:**





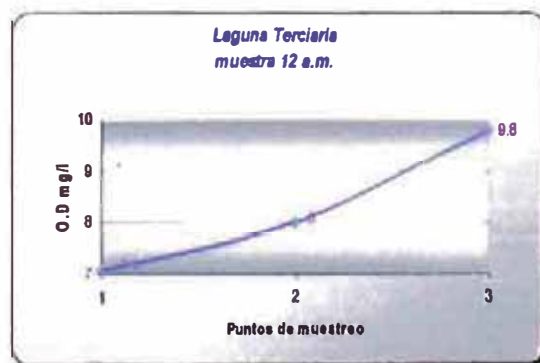
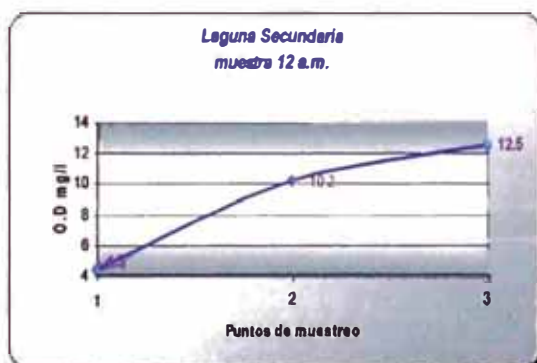
### Quinto monitoreo

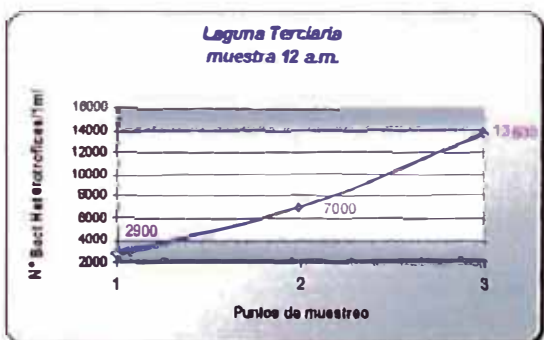
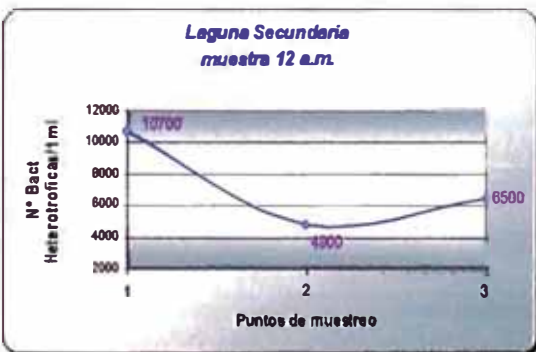
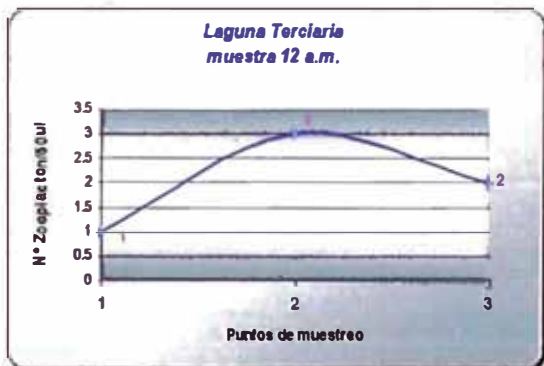
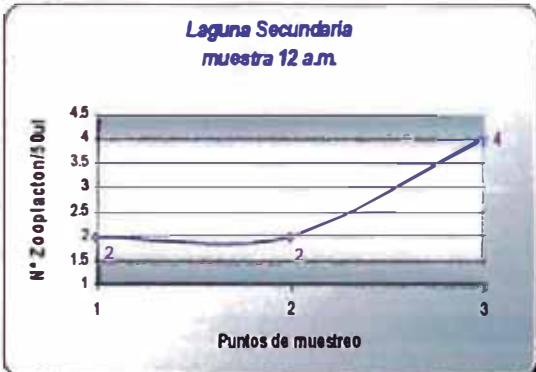
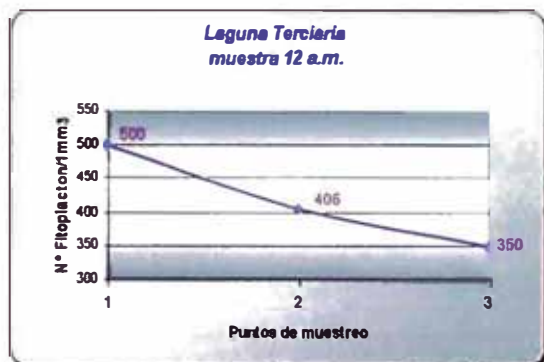
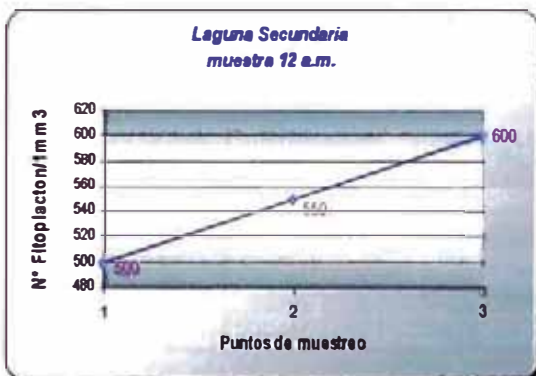
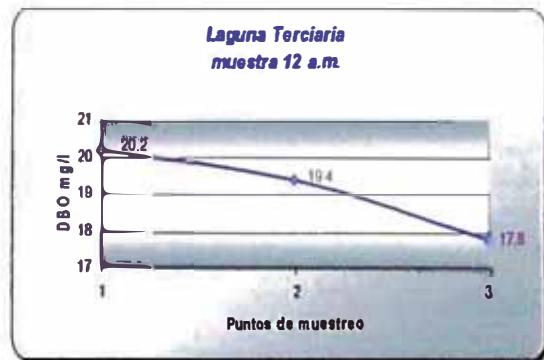
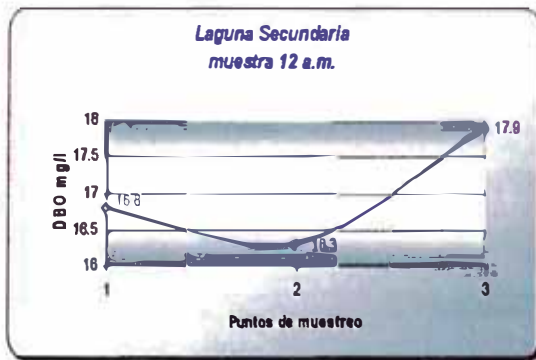
Este fue realizado en el mes de agosto del 2006.

Tabla 13:

Hora de muestreo: 12a.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotrofia/1ml	ph
LS1-0	4.5	16.8	500	2	10700	7.61
LS2-0	10.2	16.3	550	2	4900	7.98
LS3-0	12.5	17.9	600	4	6500	8.00
LT1-0	7.1	20.2	500	1	2900	7.95
LT2-0	8	19.4	406	3	7000	7.99
LT3-0	9.8	17.8	350	2	13600	8.03

Bloque de gráficos 13:







No se pudo obtener resultados por motivos Imprevistos.

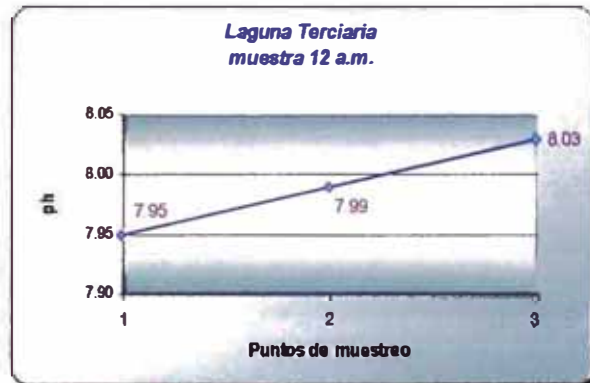
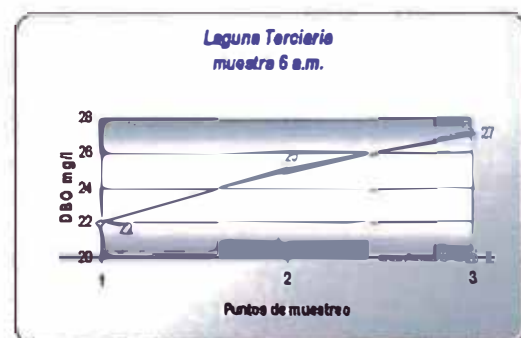
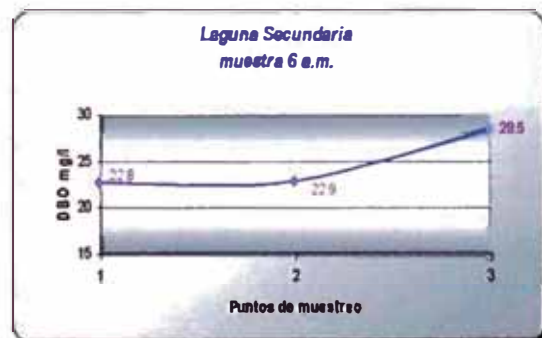
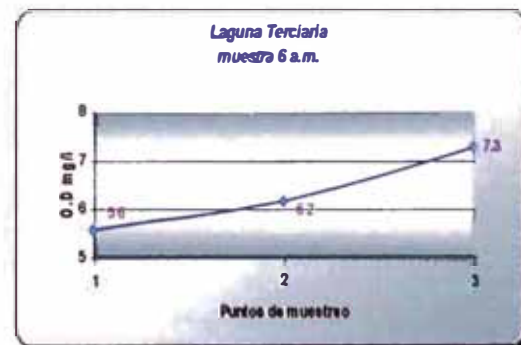


Tabla 14:

**Hora de muestreo: 6 a.m.**

Puntos	Q.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/SOU	N° de Bact Heterotrofas/1ml	ph
LS1-0	4.7	22.8	800	11	1500	7.76
LS2-0	6.5	22.9	550	8	5600	7.78
LS3-0	2.6	28.5	650	5	6800	7.65
LT1-0	5.6	22	550	5	13500	7.93
LT2-0	6.2	25	63	4	4600	7.89
LT3-0	7.3	27	1000	5	900	7.87

Bloque de gráficos 14:





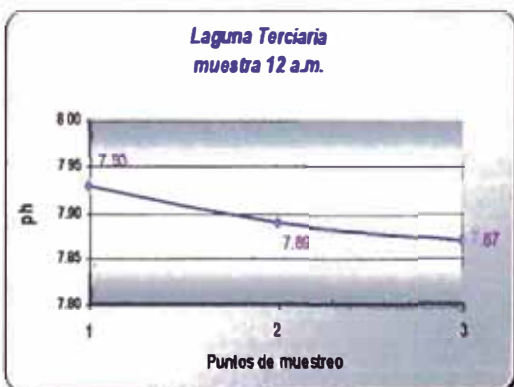
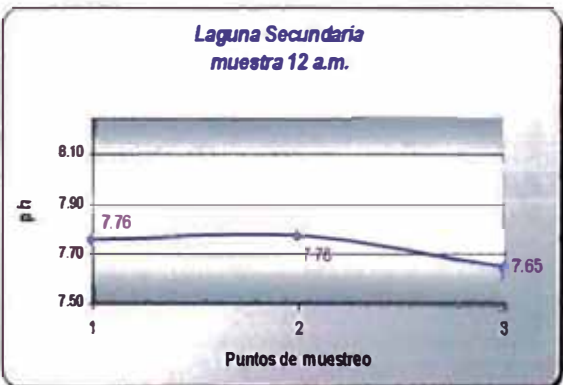
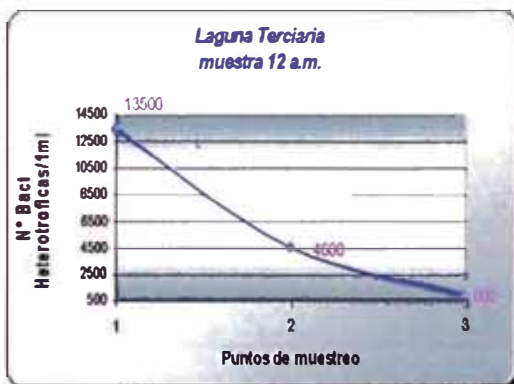
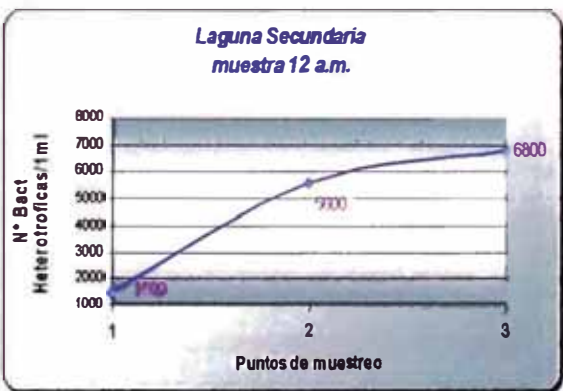
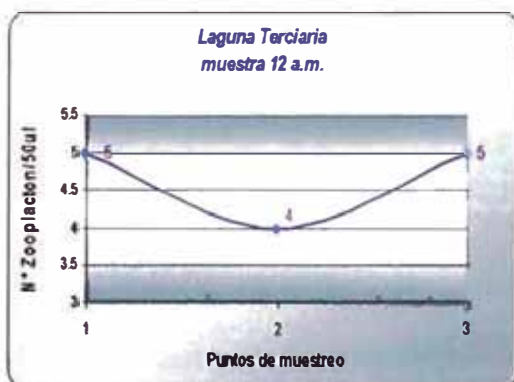
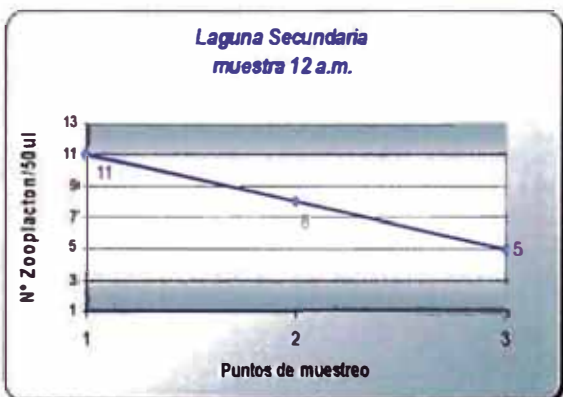
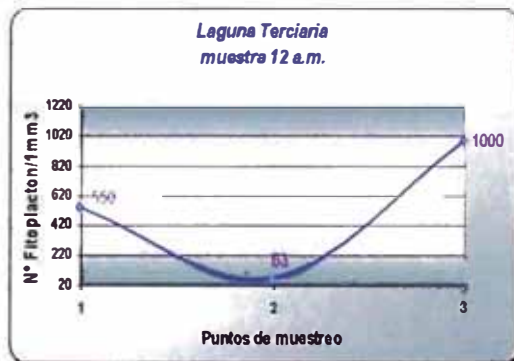
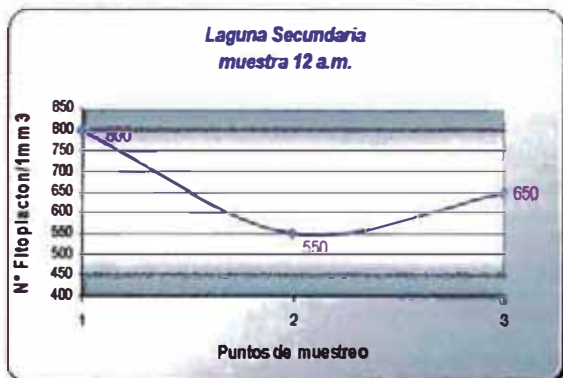
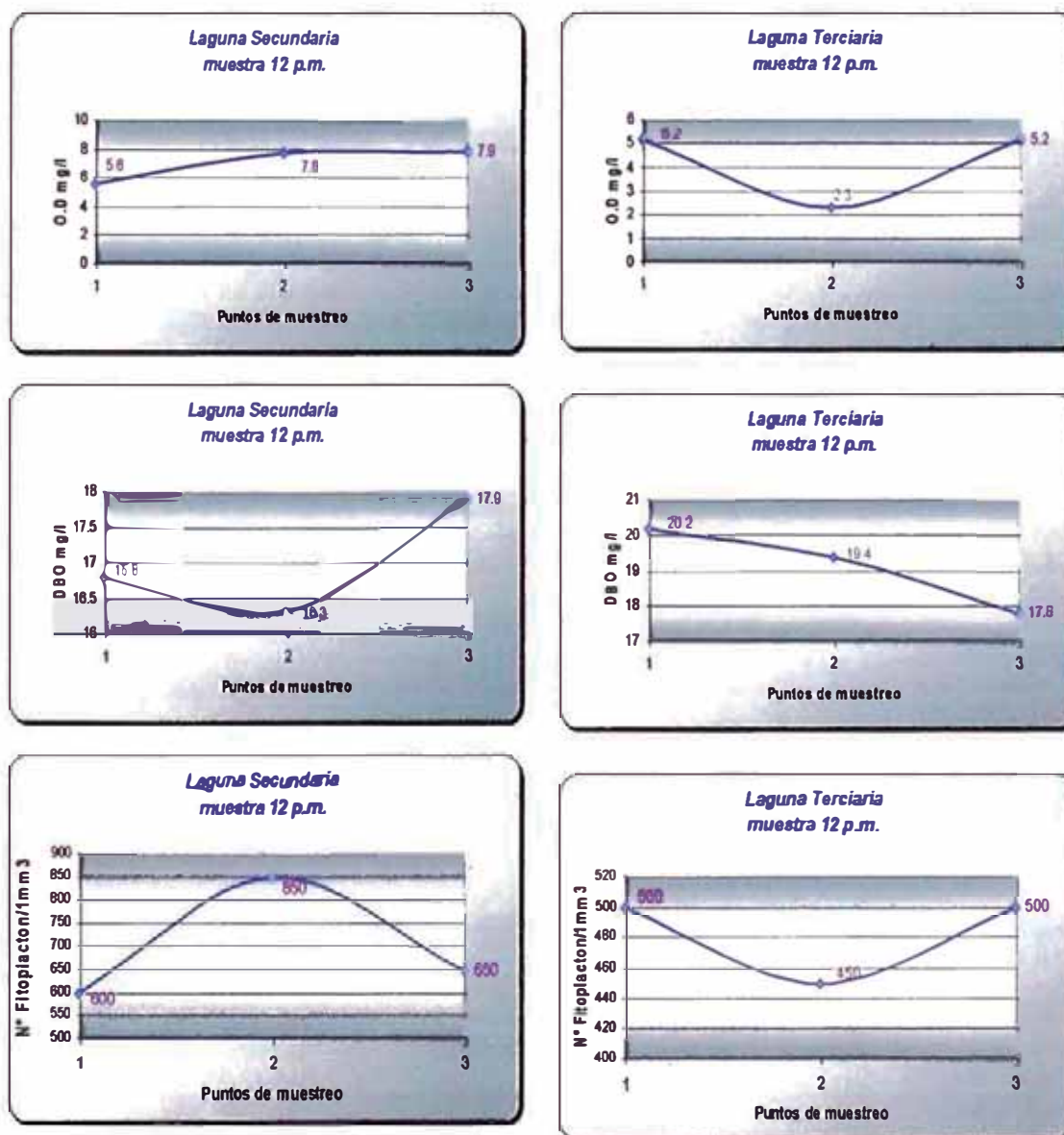




Tabla 15:

Hora de muestreo: 12 p.m.						
Puntos	O.D.(mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml	ph
LS1-0	5.6	16.8	600	2	10700	7.61
LS2-0	7.8	16.3	850	2	4900	7.98
LS3-0	7.9	17.9	650	4	6500	8.00
LT1-0	5.2	20.2	500	1	2900	7.95
LT2-0	2.3	19.4	450	3	7000	7.99
LT3-0	5.2	17.8	500	2	13600	8.03

Bloque de gráficos 15:



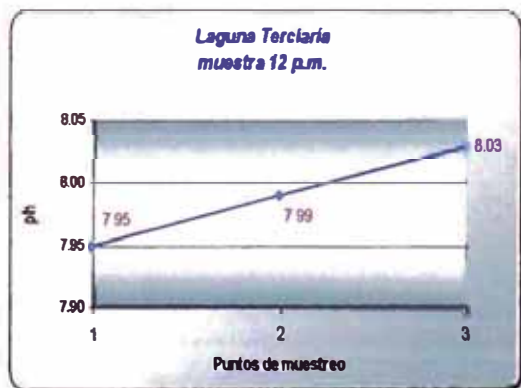
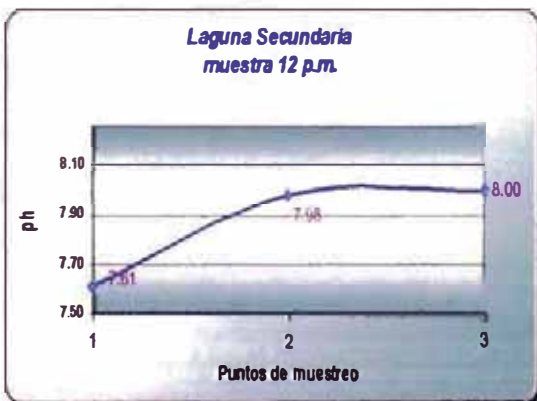
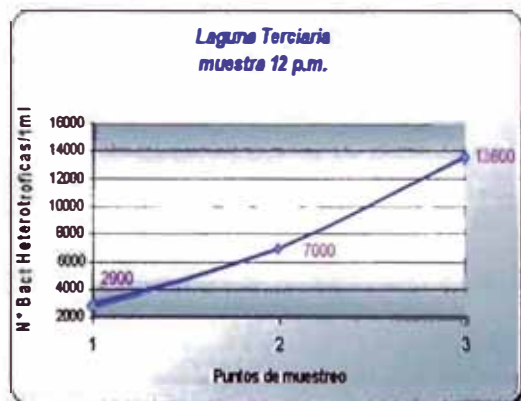
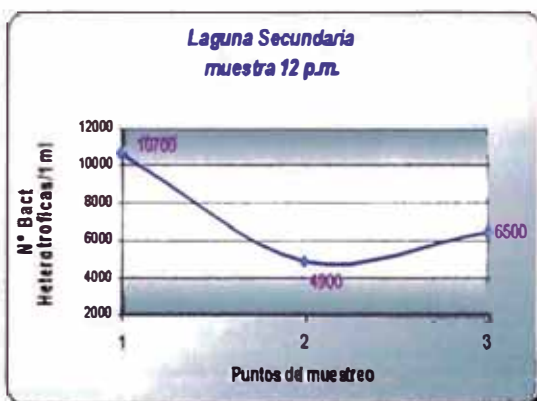
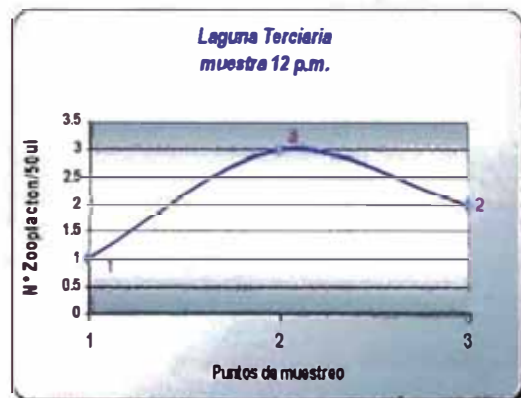
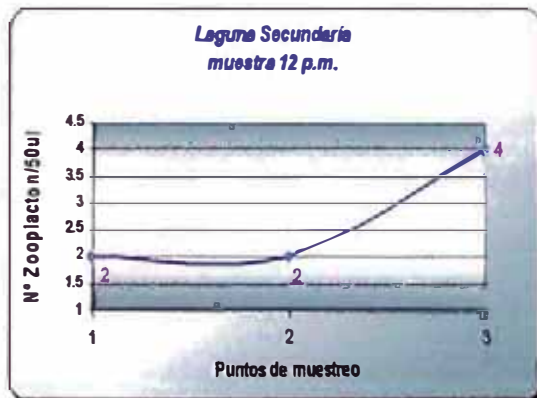
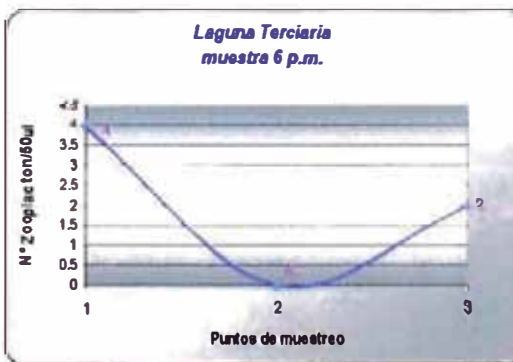
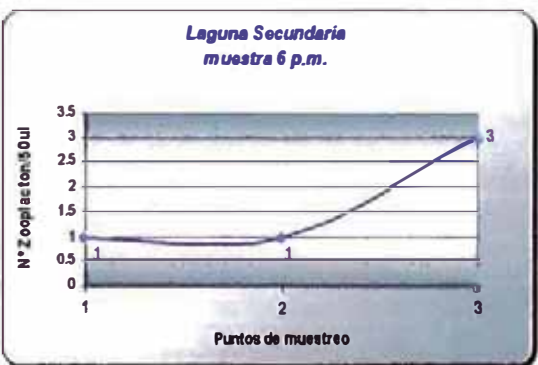
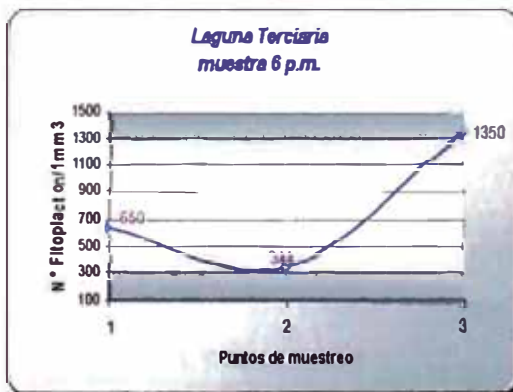
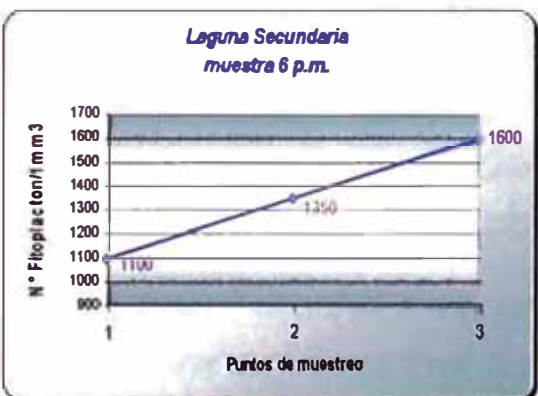
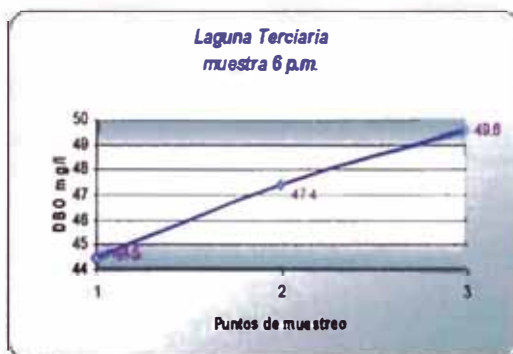
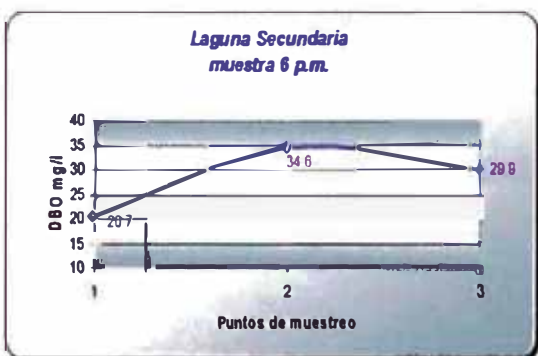
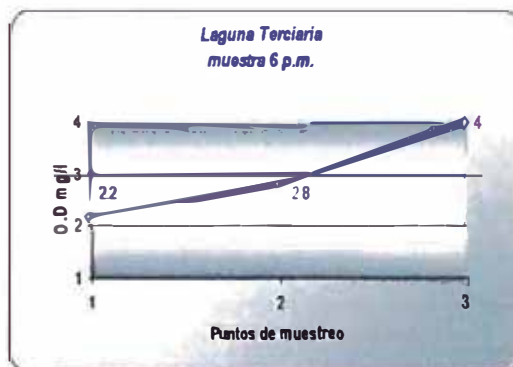
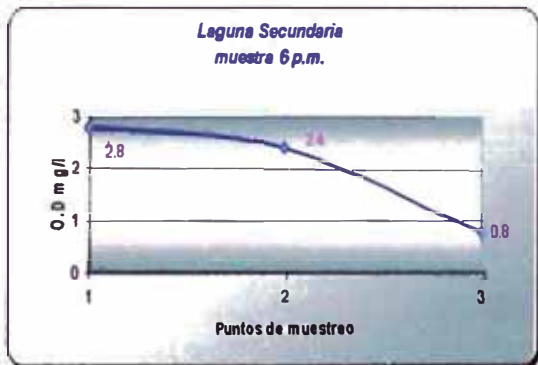


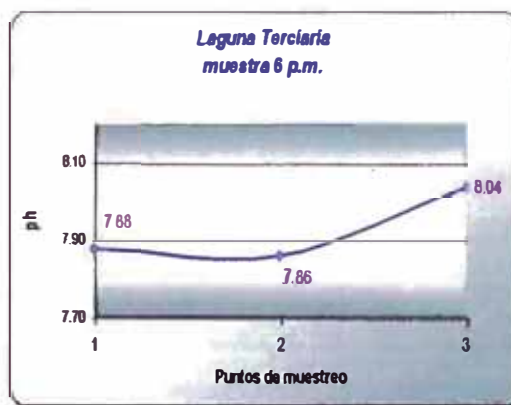
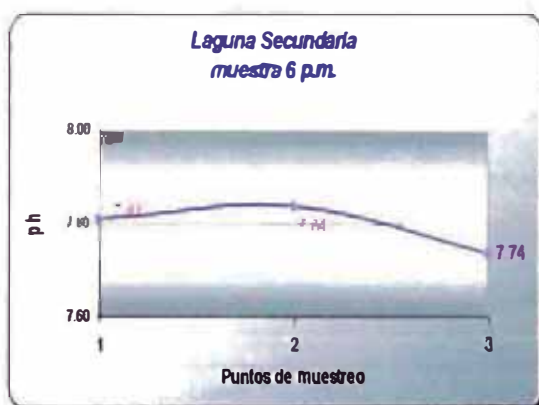
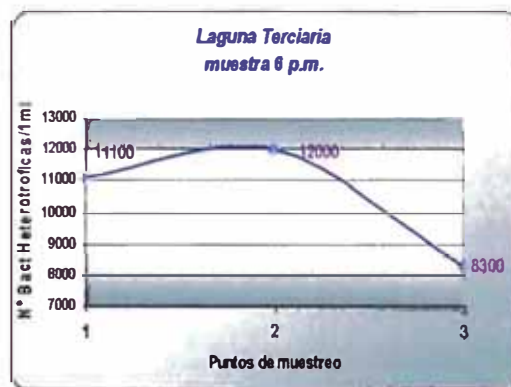
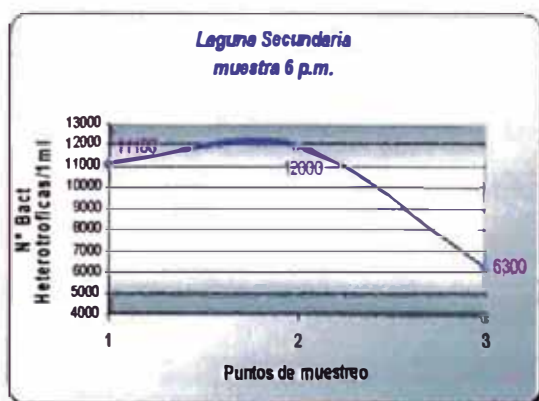
Tabla 16:

Hora de muestreo: 6 p.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplac/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplac/50ul	N° de Bact Heterotoficas/ml	ph
LS1-0	2.8	20.7	1100	1	11100	7.81
LS2-0	2.4	34.6	1360	1	12000	7.84
LS3-0	0.8	29.9	1600	3	6300	7.74
LT1-0	2.2	44.5	660	4	11100	7.88
LT2-0	2.8	47.4	344	0	12000	7.86
LT3-0	4	49.6	1360	2	8300	8.04



**Bloque de gráficos 16:**





### Sexto monitoreo

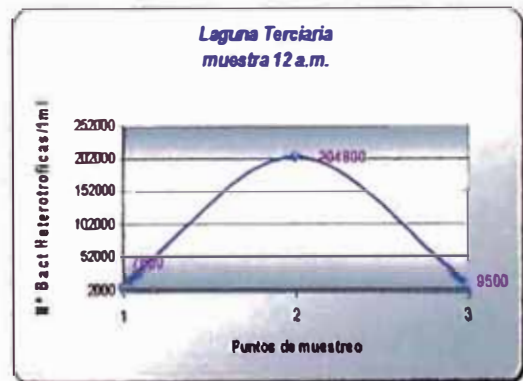
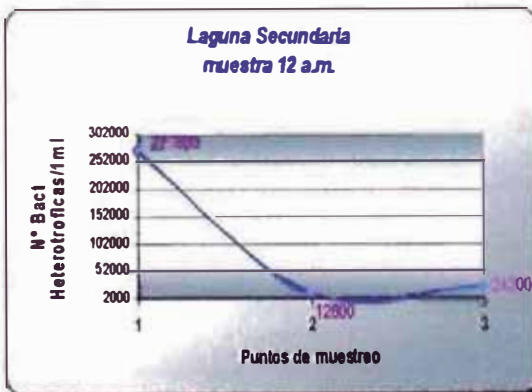
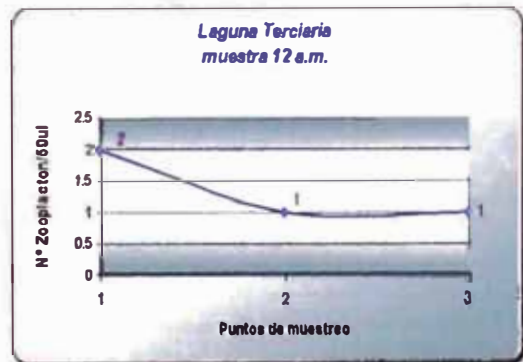
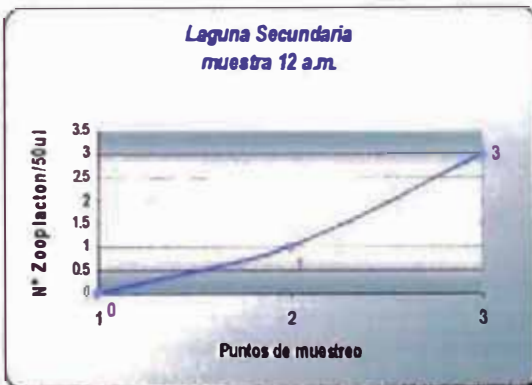
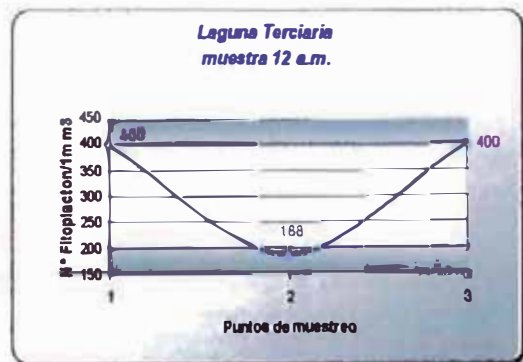
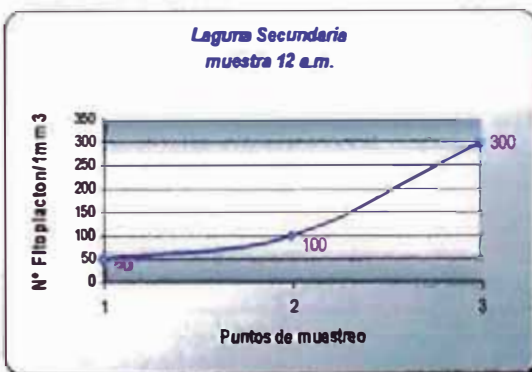
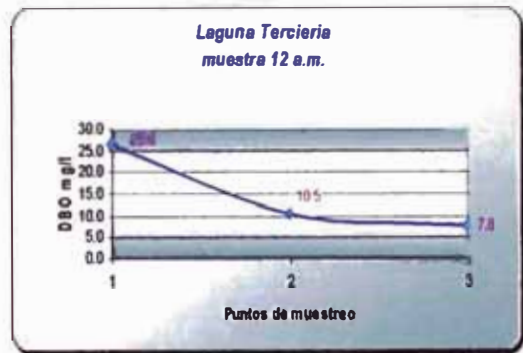
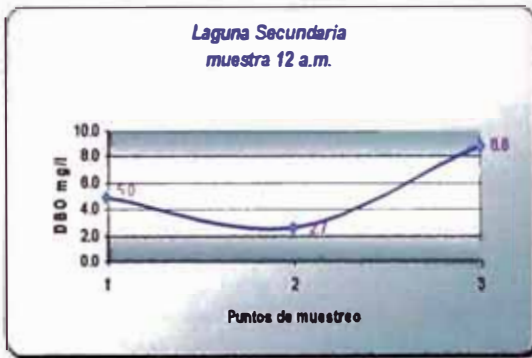
Este monitoreo se realizo en el mes de setiembre del 2006, cabe aclarar que no se pudo realizar el monitoreo del O.D debido a problemas inesperados.

Tabla 17:

Hora de muestreo: 12a.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mmG	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotoficas/1ml	pH
LS1-0		5.0	50	0	273600	8.05
LS2-0		2.7	100	1	12600	8.28
LS3-0		8.8	300	3	24200	8.01
LT1-0		26.6	400	2	7800	7.85
LT2-0		10.5	188	1	204800	7.89
LT3-0		7.8	400	1	9500	7.70



**Bloque de gráficos 17:**



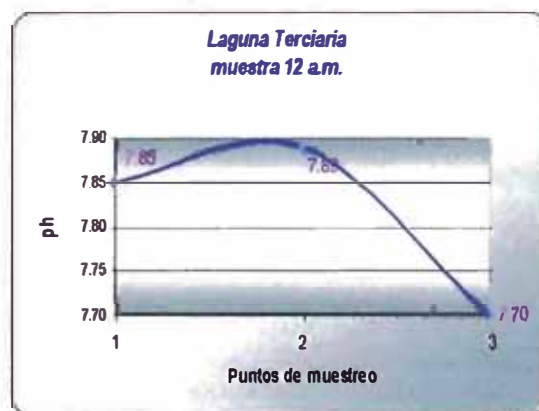
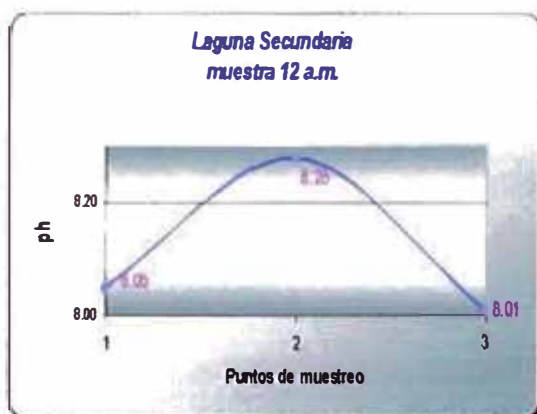
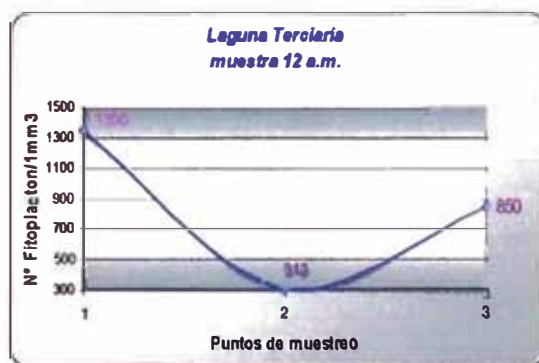
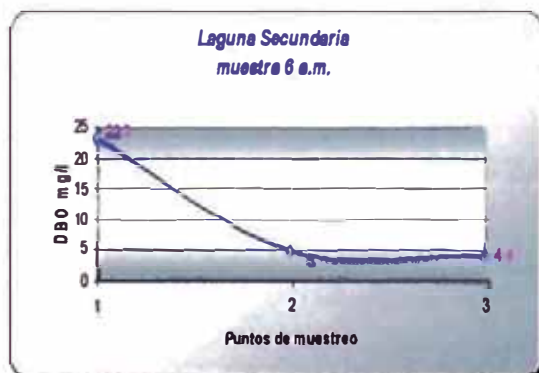


Tabla 18:

**Hora de muestreo: 6 a.m.**

Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50μl	N° de Bact Heterotrofas/1ml	pH
LS1-0		23.3	850	3	27600	7.70
LS2-0		5	1150	3	12400	7.75
LS3-0		4.4	900	4	31200	7.84
LT1-0		26.5	1350	3	29600	7.73
LT2-0		8.5	313	3	12000	7.70
LT3-0		20.8	850	2	12000	7.78

Bloque de gráficos 18:



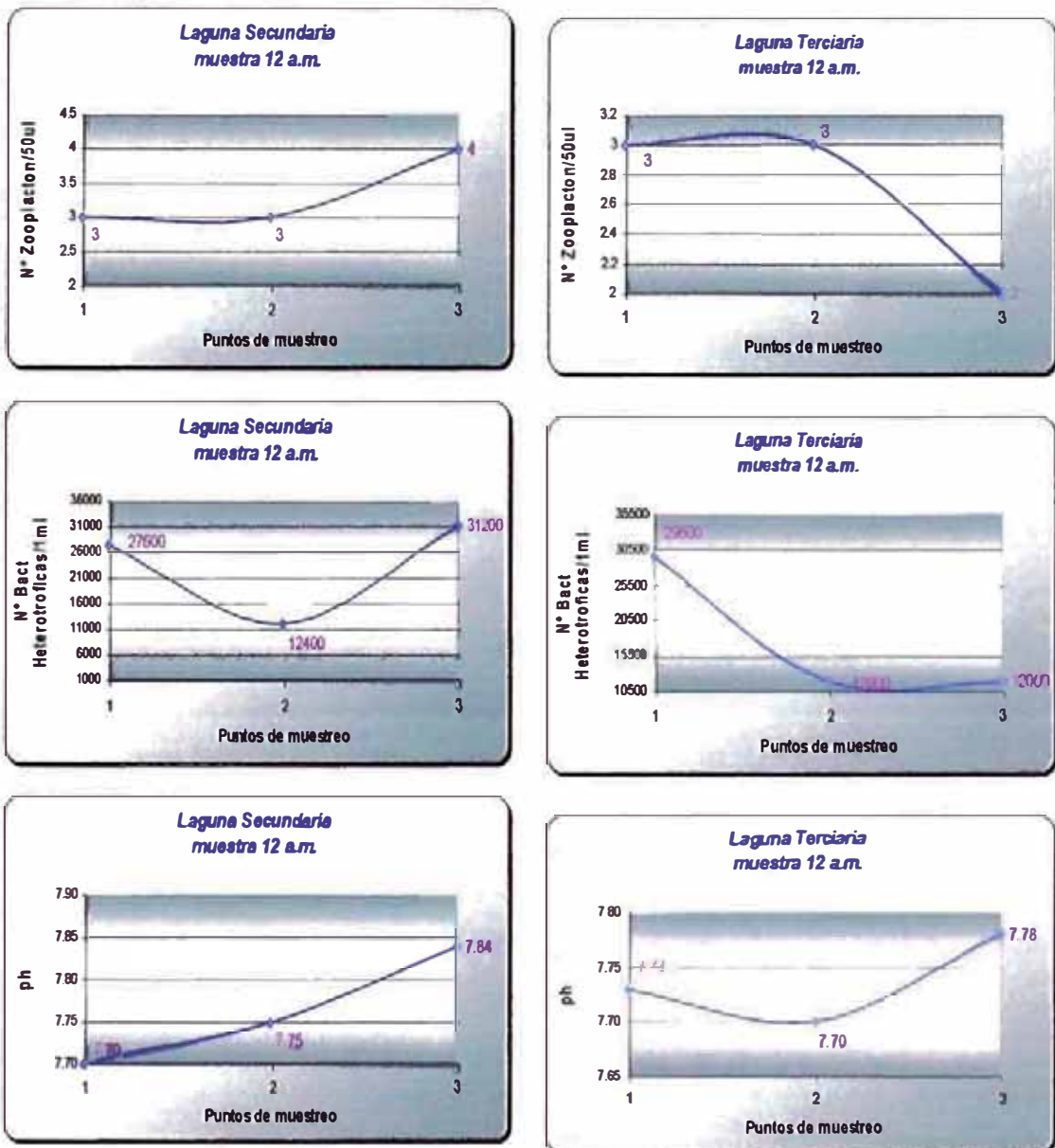


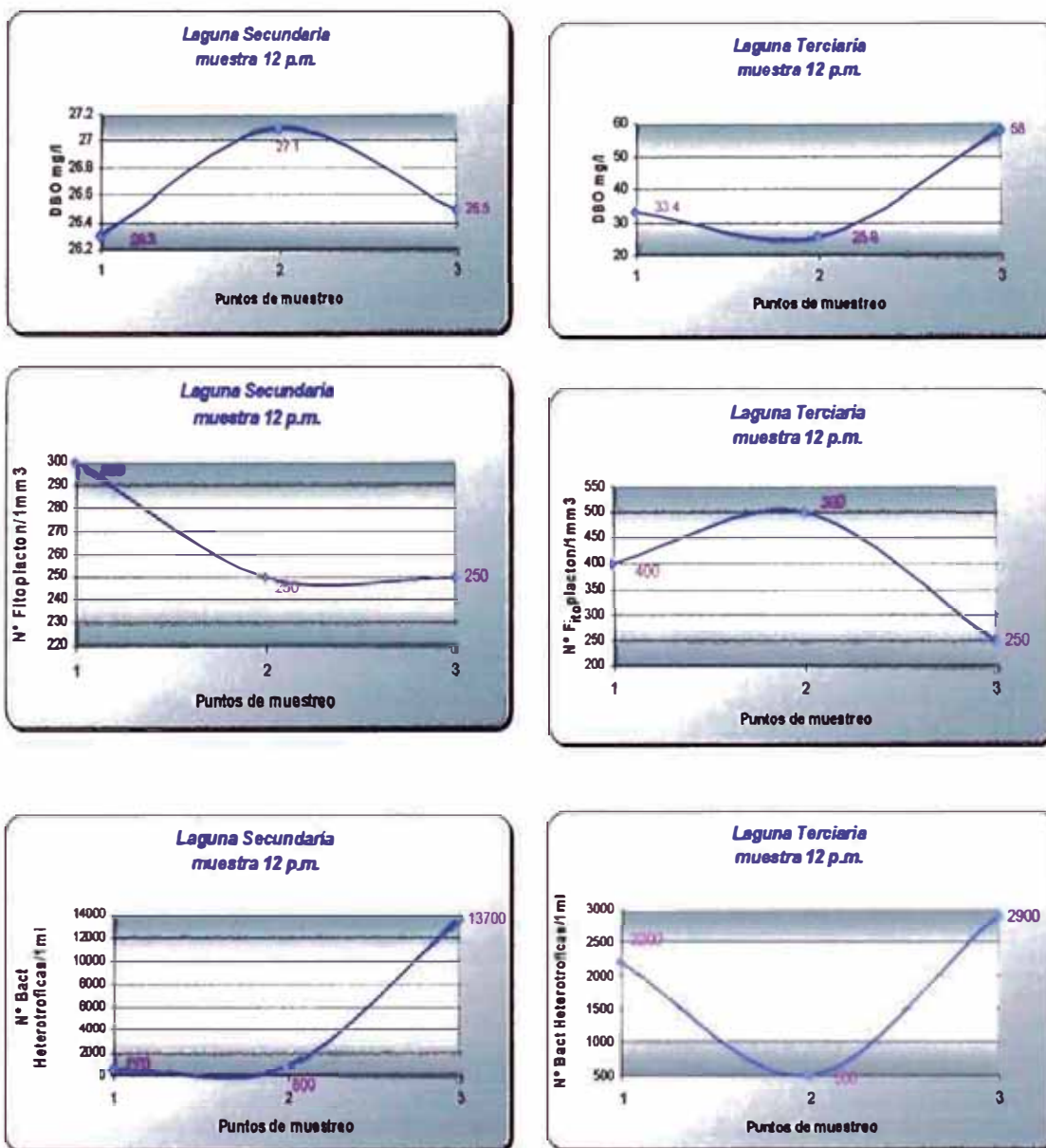
Tabla 19:

Hora de muestreo: 12 p.m.						
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotroficas/1ml	ph
LS1-0		26.3	300	10	600	
LS2-0		27.1	250	5	800	
LS3-0		26.5	250		13700	
LT1-0		33.4	400		2200	
LT2-0		25.9	500		500	
LT3-0		58	250		2900	





**Bloque de gráficos 19:**

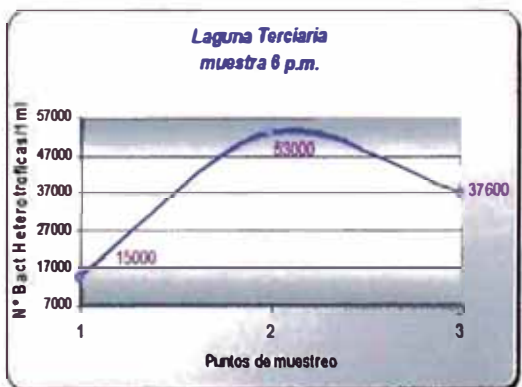
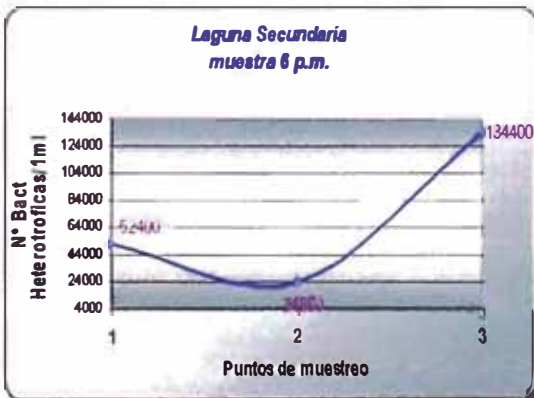
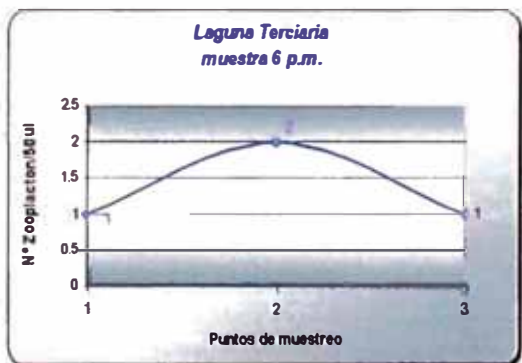
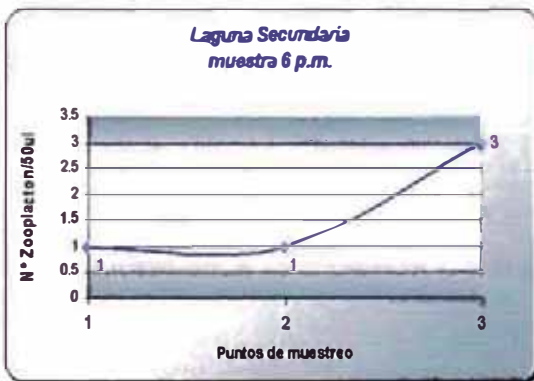
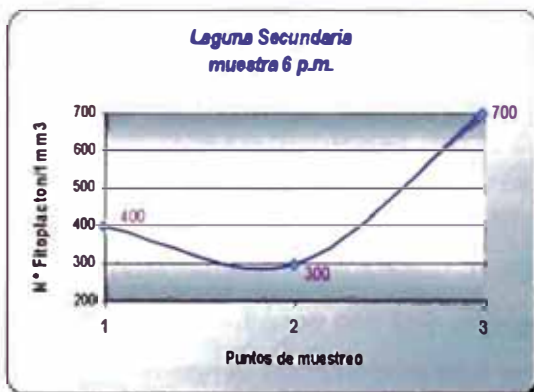
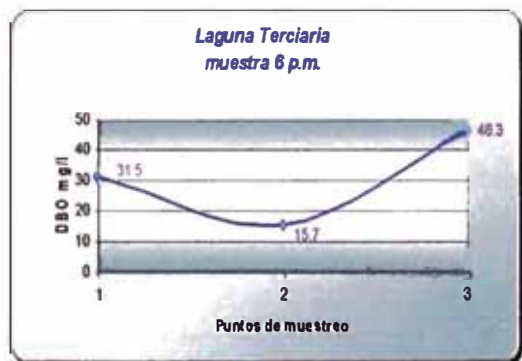
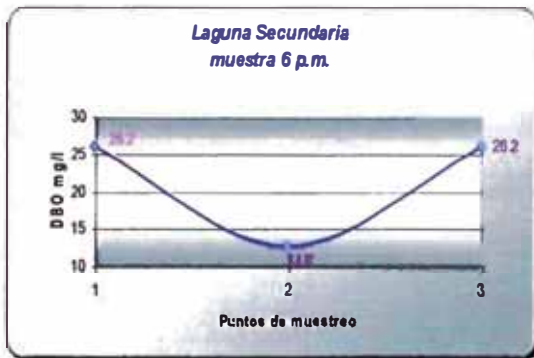


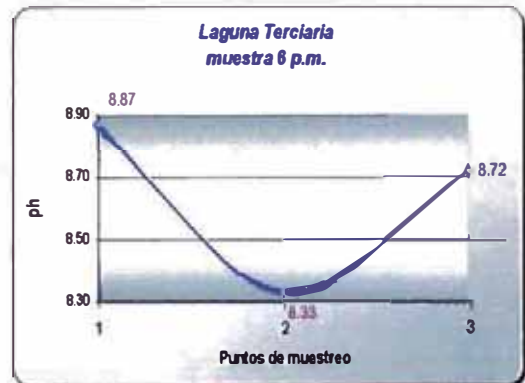
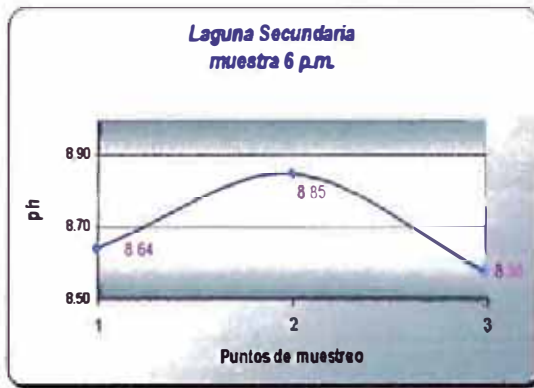
**Tabla 20:**

Hora de muestreo: 6 p.m.							
Puntos	O.D (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N° Fitoplact/1mm <sup>3</sup>	N° Zooplact/50ul	N° de Bact Heterotrofica/1ml	ph	
LS1-0		26.2	400	1	52400	8.64	
LS2-0		12.8	300	1	24800	8.85	
LS3-0		26.2	700	3	134400	8.58	
LT1-0		31.5	900	1	15000	8.87	
LT2-0		15.7	625	2	53000	8.33	
LT3-0		46.3	1150	1	37600	8.72	



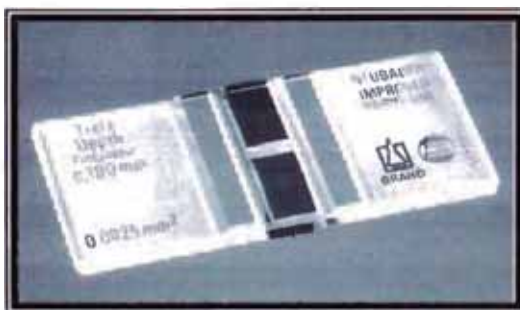
**Bloque de gráficos 20:**



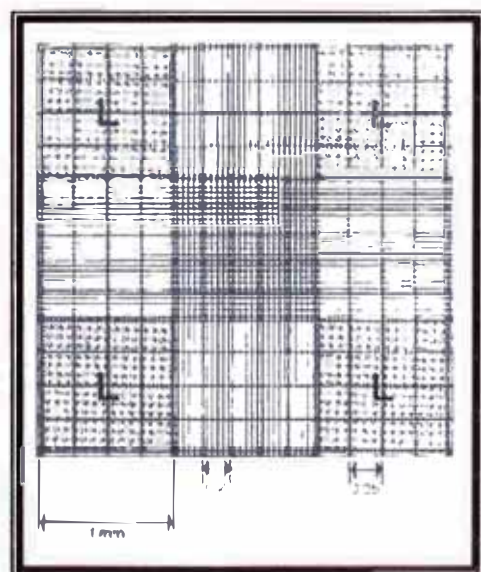


### 3.5.2.- VARIACIÓN POBLACIONAL DE ALGAS SEGÚN LA PROFUNDIDAD Y PUNTOS SEGÚN SE AVANZA EN EL SISTEMA DE LAGUNAS.

Para su realización se emplea la cámara de conteo Neubauer. Esta cámara de conteo adaptada al microscopio de campo claro o al de contraste de fases. Se trata de un portaobjetos con una depresión en el centro, en el fondo de la cual se ha marcado con la ayuda de un diamante una cuadrícula como la que se ve en la imagen. Es un cuadrado de 3 x 3 mm, con una separación entre dos líneas consecutivas de 0.25 mm. Así pues el área sombreada y marcada con la letra "L" corresponde a 1 milímetro cuadrado. La depresión central del cubreobjetos está hundida 0.1mm respecto a la superficie, de forma que cuando se cubre con un cubreobjetos éste dista de la superficie marcada 0.1mm, y el volumen comprendido entre la superficie L y el cubreobjetos es de 0.1mm cúbico, es decir 0.1 microlitro.



*Cámara de conteo Neubauer que se utilizo para la cuantificación e identificación de algas.*





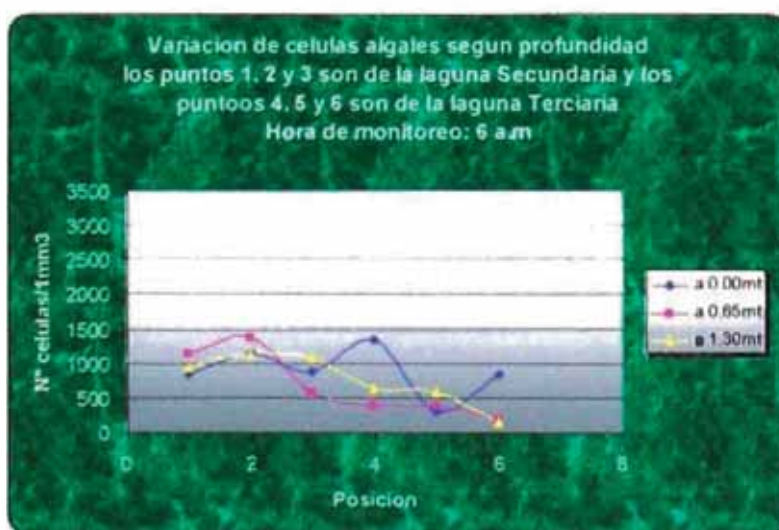
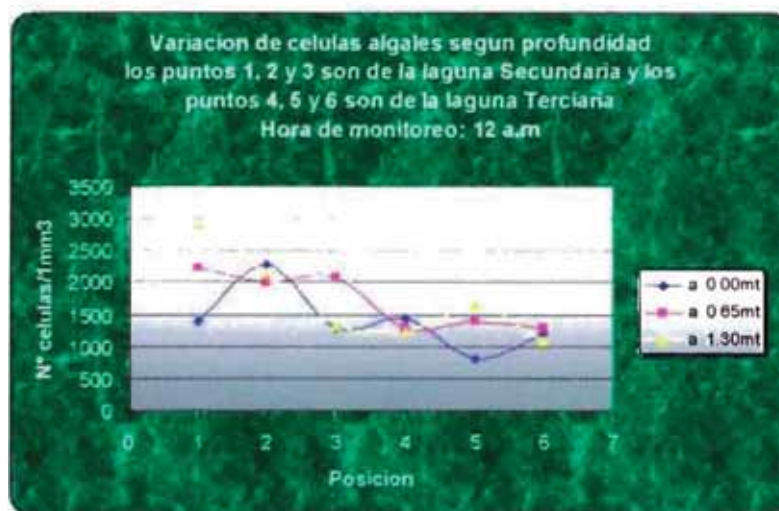
### Monitoreo 1

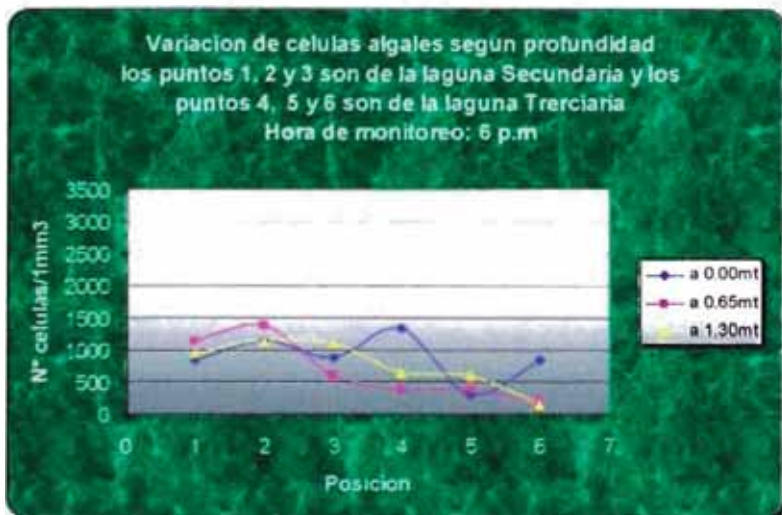
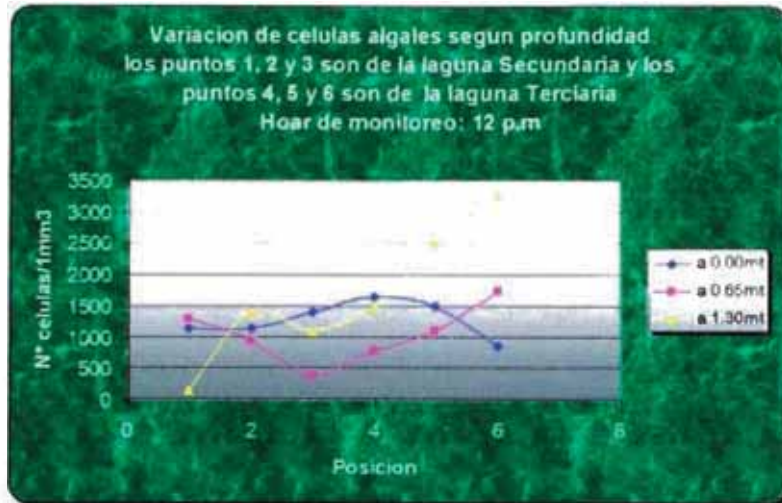
En esta etapa no se implementaba la técnica de conteo para la variación poblacional, este tiempo sirvió para el entrenamiento para realizar el reconocimiento y conteo mediante las celdas Rafter y Neubauer.

### Monitoreo 2

Realizado en marzo del 2006.

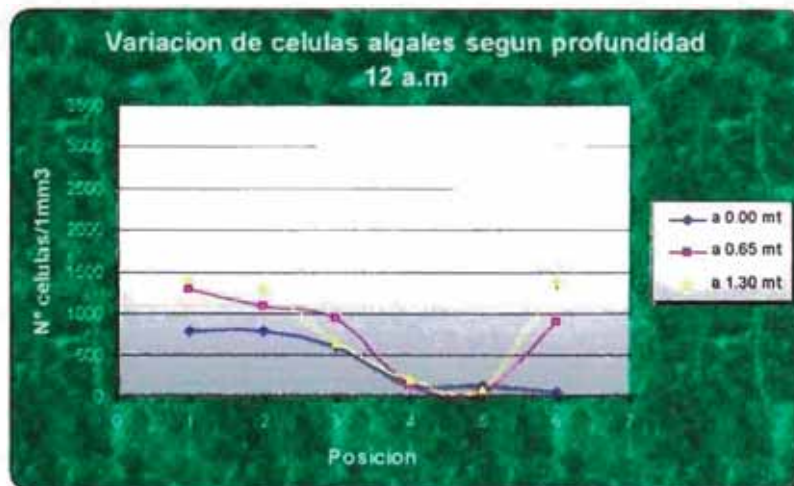
#### **Bloque de gráficos 21:**

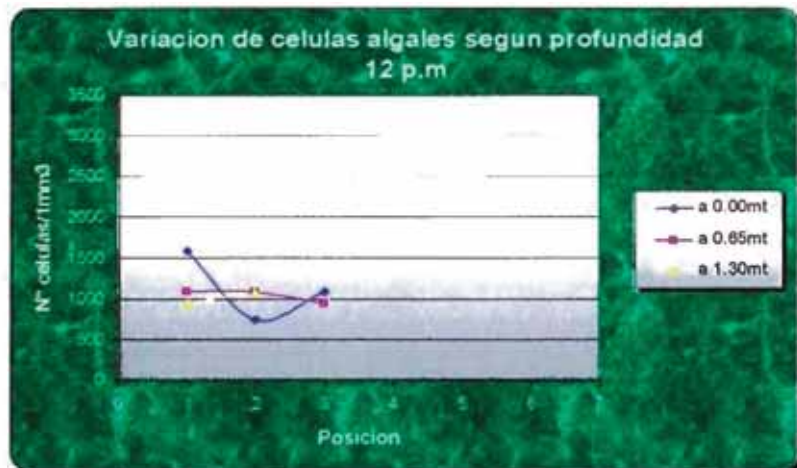
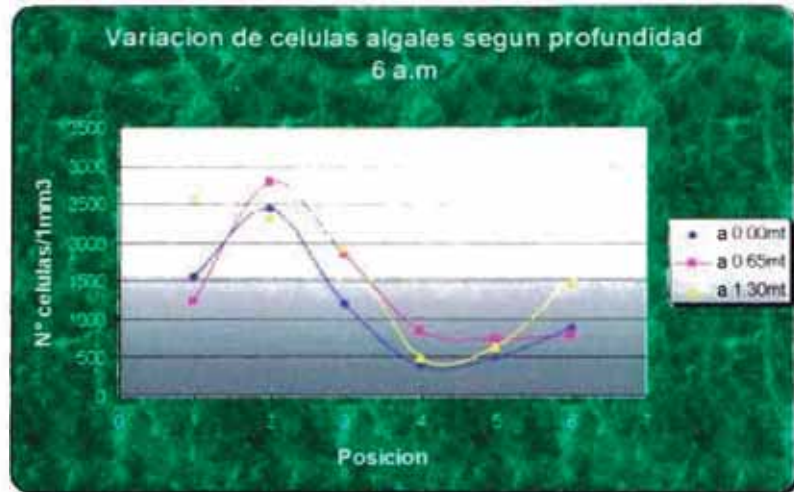




### Monitoreo 3

#### Bloque de gráficos 22:

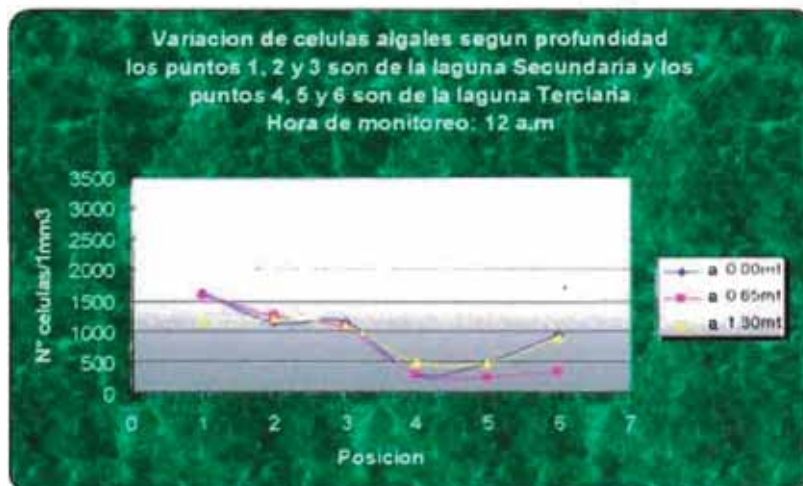


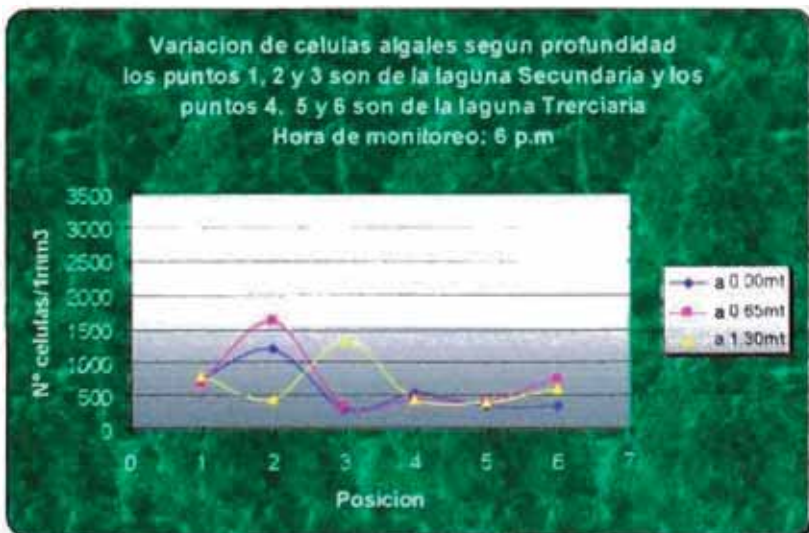
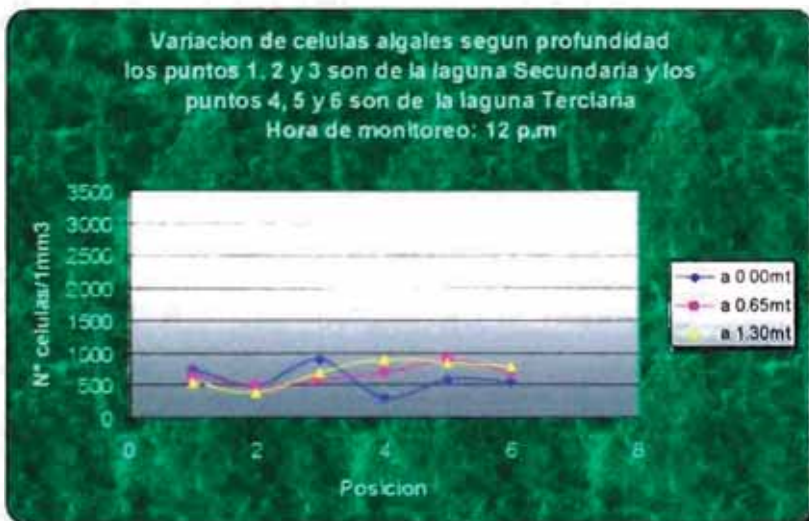
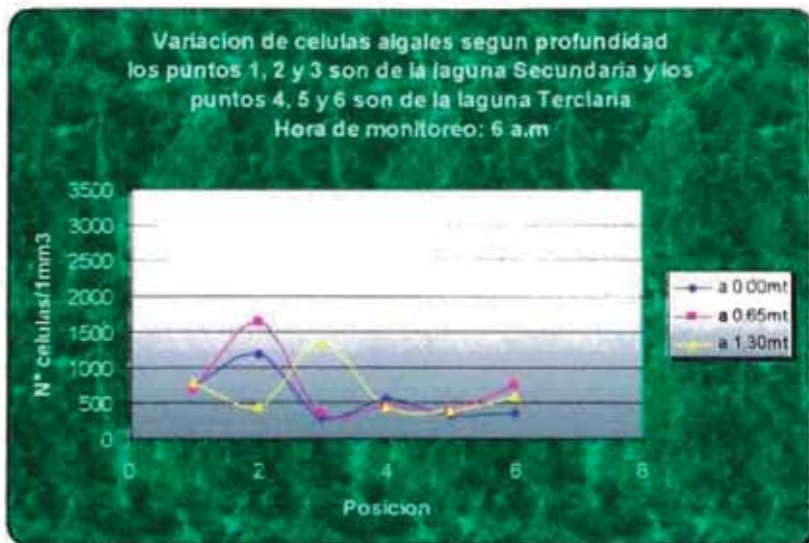


La parte de los puntos de la laguna terciaria no se pudo realizar por motivos imprevistos como también ocurrieron problemas parecidos para el de las 6 p.m.

#### Monitoreo 4

##### Bloque de gráficos 23:

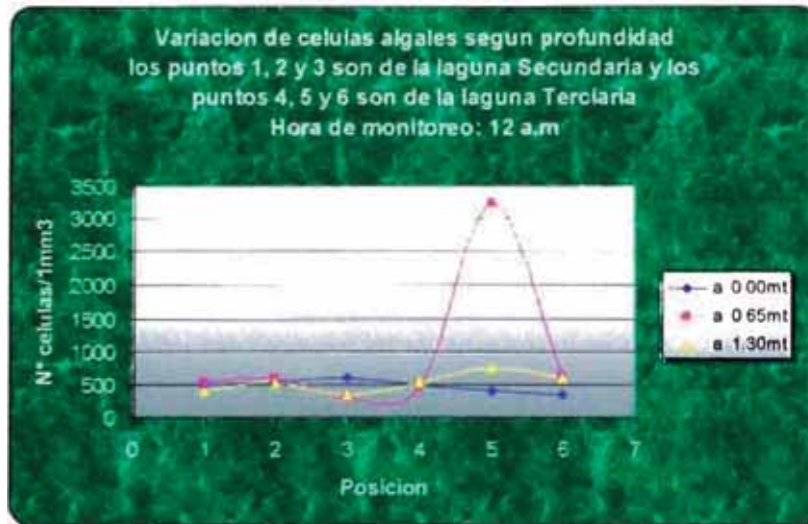




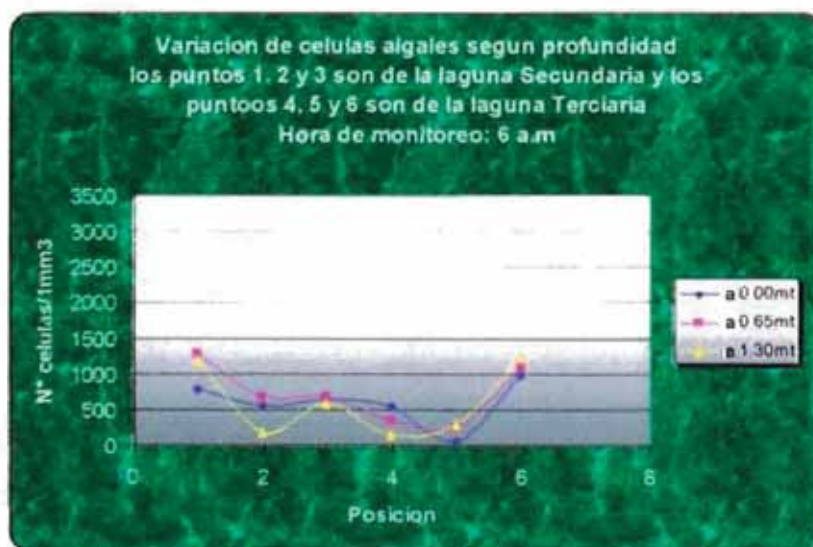


## Monitoreo 5

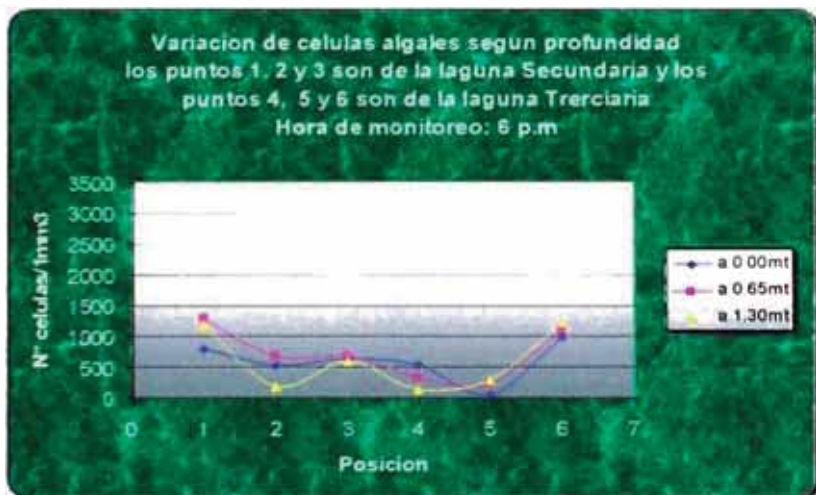
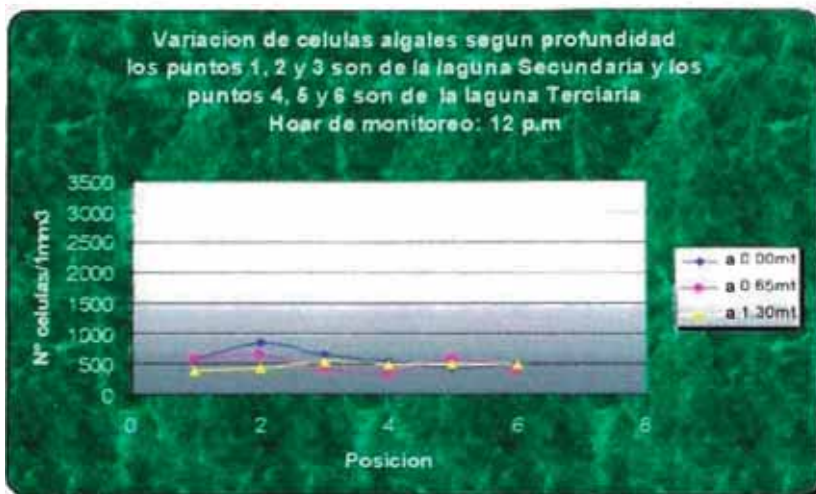
### Bloque de gráficos 24:



En esta grafica se puede apreciar que en el punto 5 de la muestra tomada a 0.65m el resultado sale alto en comparación al comportamiento normal, se coloca este dato en la grafica para que quede como archivo pero puede observarse por no cumplir con lo habitual

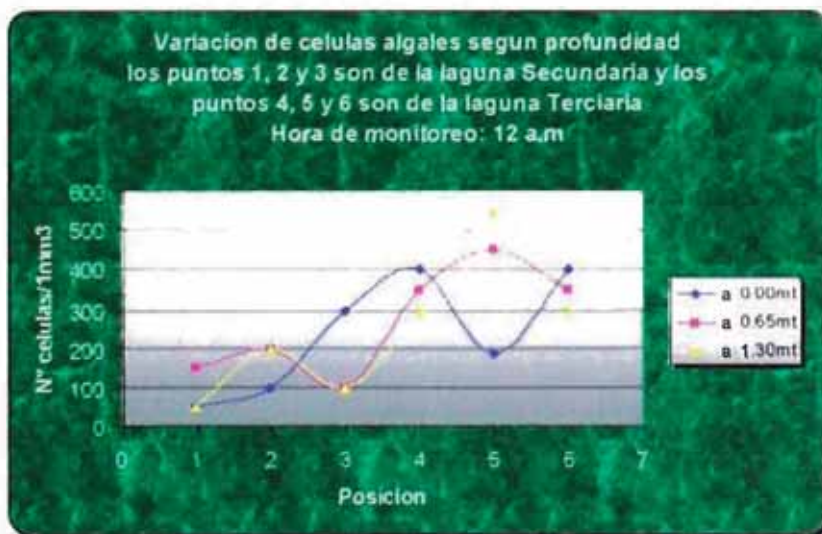


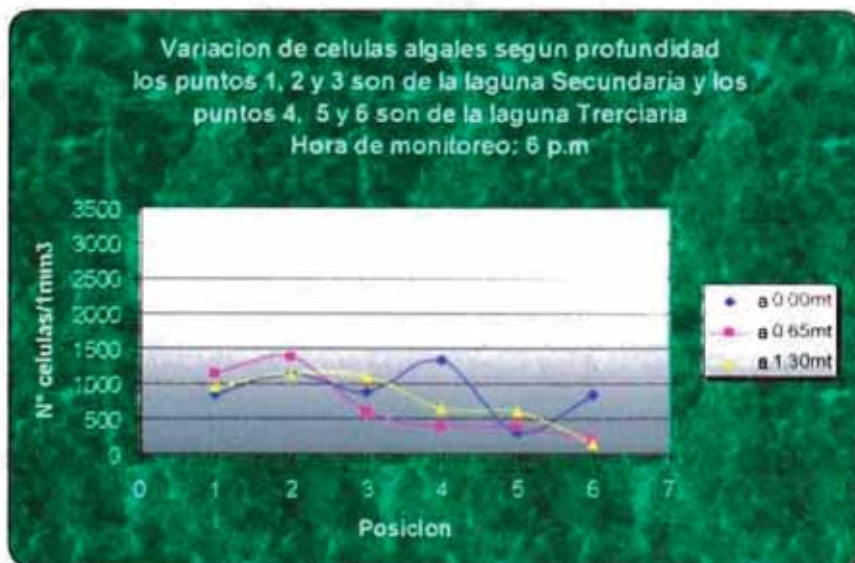
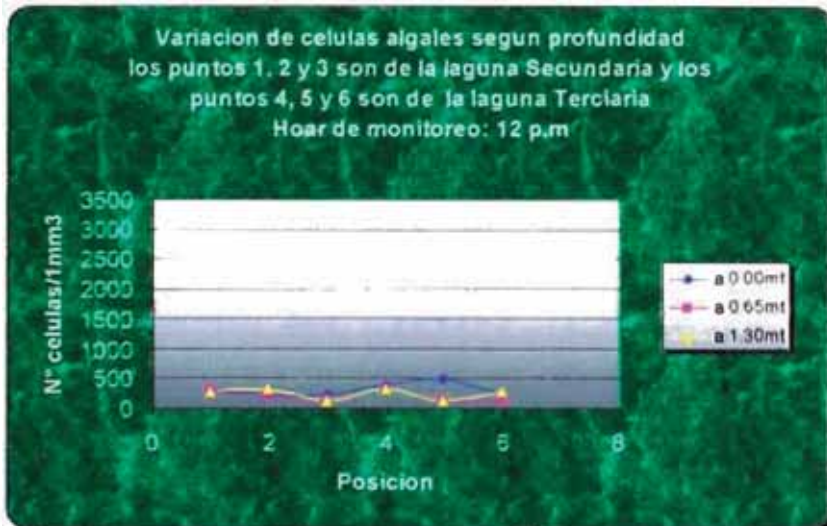
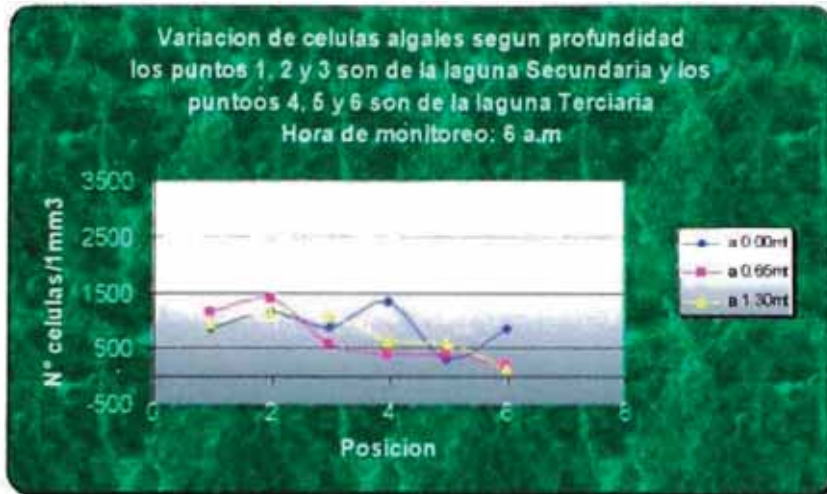




**Monitoreo 6**

**Bloque de gráficos 25:**







### 3.5.3.- CUADRO DE DATOS DE LOS PARAMETROS MEDIDOS POR CADA MONITOREO A LO LARGO DEL DÍA.

Cabe destacar que el punto 1 es la entrada, el punto 2 el medio de la laguna y el punto 3 la salida de las lagunas respectivas. Las muestras que no pudieron ser analizadas están de color gris además estos datos son de muestras extraídas de la superficie de las lagunas.

#### Laguna secundaria

DBO<sub>5</sub> (mg/l)

Tabla 21:

Parametro: D.B.O - Lag. Secundaria - punto 1				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	59.0	49.1	36.4	22.1
3	9.5	28.8	33.4	27.3
4	29.5	31.9	32.9	20.6
5	16.8	22.8	32.3	20.7
6	5.0	23.3	26.3	26.2

Tabla 22:

Parametro: D.B.O - Lag. Secundaria - punto 2				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	29	33.5	27	35.1
3	21.3	22.1	20.7	31.5
4	33.4	31.6	48.7	22.2
5	16.3	22.9	25.8	34.6
6	2.7	5	27.1	12.8

Tabla 23:

Parametro: D.B.O - Lag. Secundaria - punto 3				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	30.5	37.1	35.9	28.6
3	2.1	12.3	19	23.1
4	56.8	39.8	26.8	27.3
5	17.9	28.5	25.4	29.9
6	8.8	4.4	26.5	26.2



### Bacterias heterotróficas

**Tabla 24:**

<b>Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Secundaria - punto 1</b>				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	18000		2800	13700
3	4800	13440	26240	
4	96900	128400	30000	49400
5	10700	1500		11100
6	273600	27600	600	52400

**Tabla 25:**

<b>Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Secundaria - punto 2</b>				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	29800		22400	30800
3	51200	13680	20480	11280
4	13800		13800	
5	4900	7000		12000
6	12600	12400	800	24800

**Tabla 26:**

<b>Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Secundaria - punto 3</b>				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	14000		8100	25800
3	20960	16080	15280	10320
4	52200	68200	50400	34200
5	6500	6800		6300
6	24200	31200	13700	134400

### Algas

**Tabla 27:**

<b>Parametro: Algas/1mm3 - Lag. Secundaria - punto 1</b>				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	1400	850	1150	1000
3	800	1550	1600	
4	1650	750	750	350
5	500	800	600	1100
6	50	850	300	400



**Tabla 28:**

Parametro: Algas/1mm <sup>3</sup> - Lag. Secundaria - punto 2				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	2300	1150	1150	900
3	800	2450	750	
4	1150	1200	500	600
5	550	550	850	1350
6	100	1150	250	300

**Tabla 29:**

Parametro: Algas/1mm <sup>3</sup> - Lag. Secundaria - punto 3				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	1300	900	1400	1150
3	600	1200	1100	1400
4	1150	300	900	300
5	600	650	650	1600
6	300	900	250	700

### Laguna terciaria

DBO<sub>5</sub> (mg/l)

**Tabla 30:**

Parametro: D.B.O - Lag. Terciaria - punto 1				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	27.9	25.3	33.5	21.0
3	5.0	30.8	44.3	41.0
4	26.7	20.7	19.1	15.2
5	20.2	22.0	20.7	44.5
6	26.6	26.5	33.4	31.5

**Tabla 31:**

Parametro: D.B.O - Lag. Terciaria - punto 2				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	22.4	26.0		37.9
3	27.7	20.1	18.5	13.5
4	23.0	23.0	14.7	13.7
5	19.4	25.0	35.2	47.4
6	10.5	8.5	25.9	15.7



**Tabla 32:**

Parametro: D.B.O - Lag. Terciaria - punto 3				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	22.3	18.7	35.9	21.2
3	23.0	9.5	8.6	39.3
4	20.2	19.3	8.9	7.2
5	17.8	27.0	28.8	49.6
6	7.8	20.8	58.0	46.3

### Bacterias heterotróficas

**Tabla 33:**

Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Terciaria - punto 1				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	13600		7600	24100
3	20400	24080		34560
4	51200	6300	42000	18400
5	2900	13500		11100
6	7800	29600	2200	15000

**Tabla 33:**

Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Terciaria - punto 2				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	16600			18500
3	21200	28560	22880	17520
4	71500	8900	36400	16700
5	7000	4600		12000
6	204800	12000	500	53000

**Tabla 34:**

Parametro: Bacterias Het / 1ml - Lag. Terciaria - punto 3				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	11500		11000	16800
3	20000	33600	36880	30160
4	50400	26400	34400	10600
5	13600	900		8300
6	9500	12000	2900	37600



## Algas

**Tabla 35:**

Parametro: Algas/1mm3 - Lag. Terciaria - punto 1				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	1450	1350	1650	750
3	150	400		1100
4	300	550	300	400
5	500	550	500	650
6	400	1350	400	900

**Tabla 36:**

Parametro: Algas/1mm3 - Lag. Terciaria - punto 2				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	813	313	1500	625
3	125	500		500
4	500	344	600	438
5	406	63	450	344
6	188	313	500	625

**Tabla 37:**

Parametro: Algas/1mm3 - Lag. Terciaria - punto 3				
Monitoreo	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
1				
2	1200	850	850	2650
3	50	900		700
4	950	350	550	100
5	350	1000	500	1350
6	400	850	250	1150

### ***Cálculos de recuento de bacterias heterotróficas y Coliformes Fecales del quinto monitoreo***

Según los resultados se podría decir que no existe alguna tendencia de la dinámica de población, pero en otro análisis comparativo se encontrará alguna tendencia.



Tabla 38:

ALAS 12pm		
0	rcto total /(100ml)	CF / (100ml)
LS1	3.00E+06	3.21E+05
LS2	1.38E+06	2.30E+05
LS3	5.04E+06	3.92E+05
LT1	4.20E+06	2.30E+04
LT2	3.64E+06	2.20E+04
LT3	3.44E+06	1.70E+04

Bloque de gráficos 26:

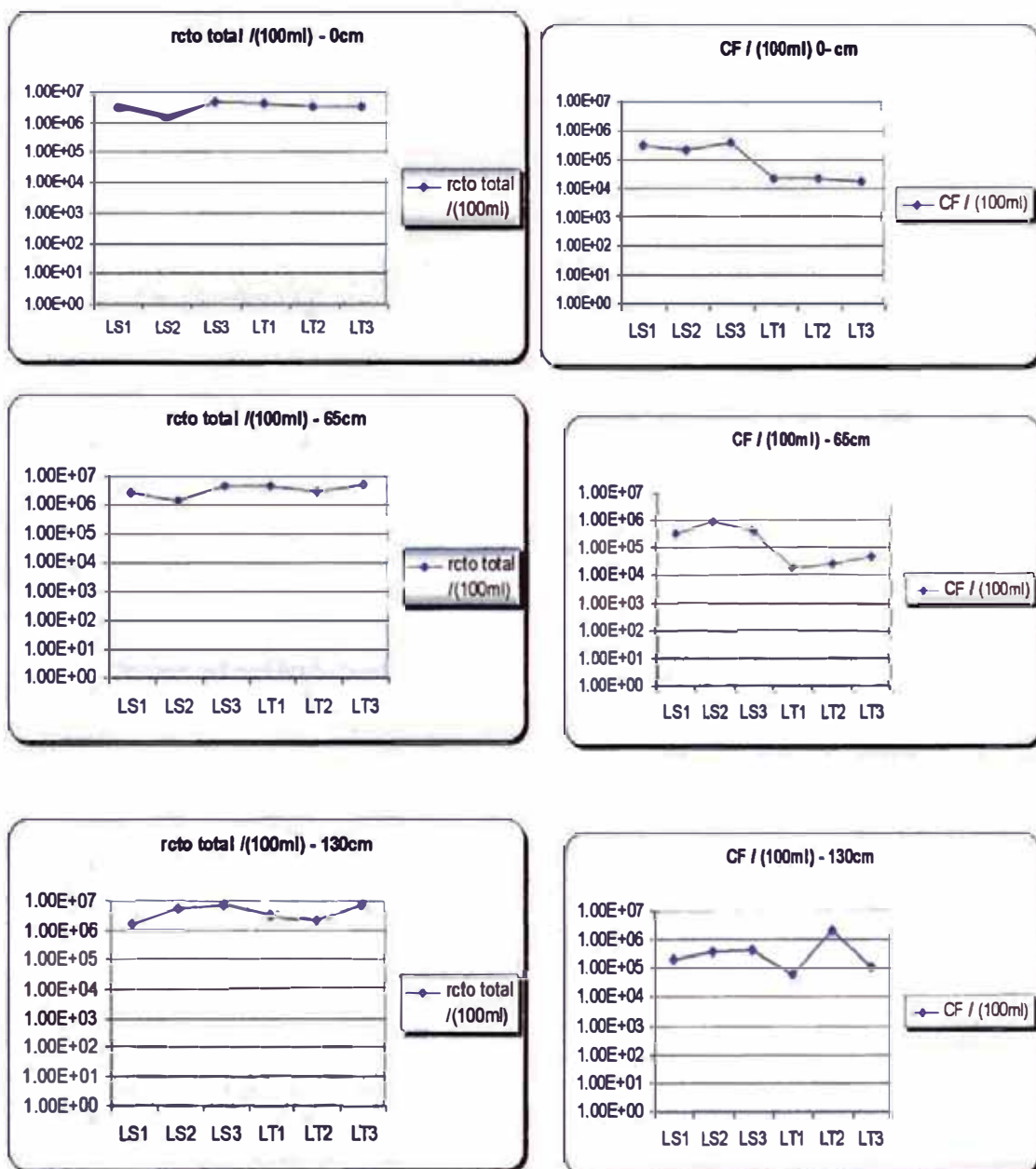






Tabla 39:

A LAS 6pm		
0	rccto total /(100ml)	CF / (100ml)
LS1	4.20E+06	2.30E+04
LS2	3.64E+06	2.20E+04
LS3	3.44E+06	1.70E+04
LT1	4.94E+06	1.84E+05
LT2	3.10E+06	9.40E+04
LT3	3.42E+06	9.00E+04

Bloque de gráficos 27:

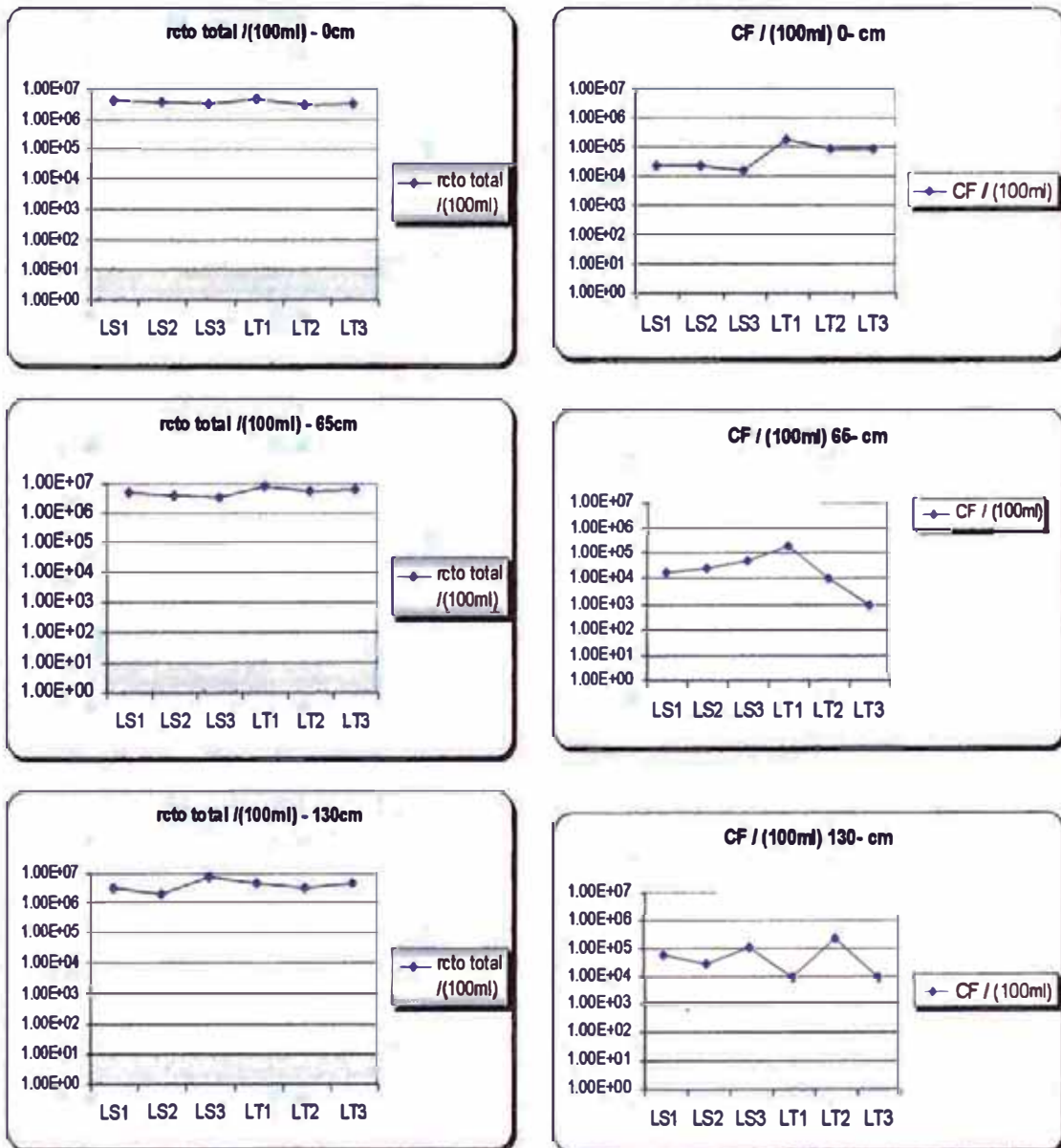




Tabla 40:

A Las 12 am		
0	recto total /(100ml)	CF /(100ml)
LS1	1.84E+06	4.00E+03
LS2	1.67E+06	1.00E+04
LS3	1.06E+06	3.58E+05
LT1	9.69E+06	2.51E+05
LT2	4.15E+06	2.52E+05
LT3	5.25E+06	3.58E+05

Bloque de gráficos 28:

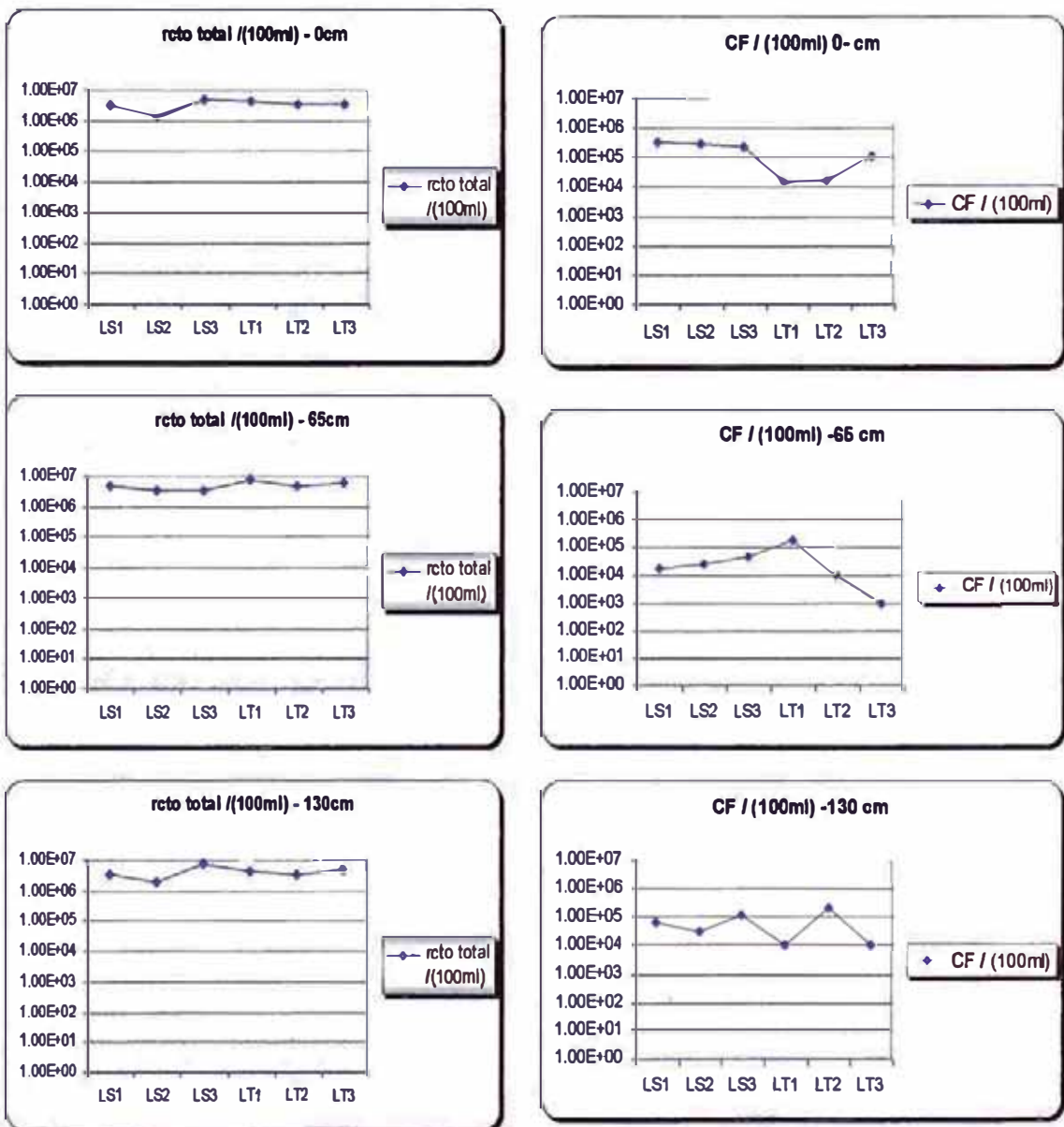
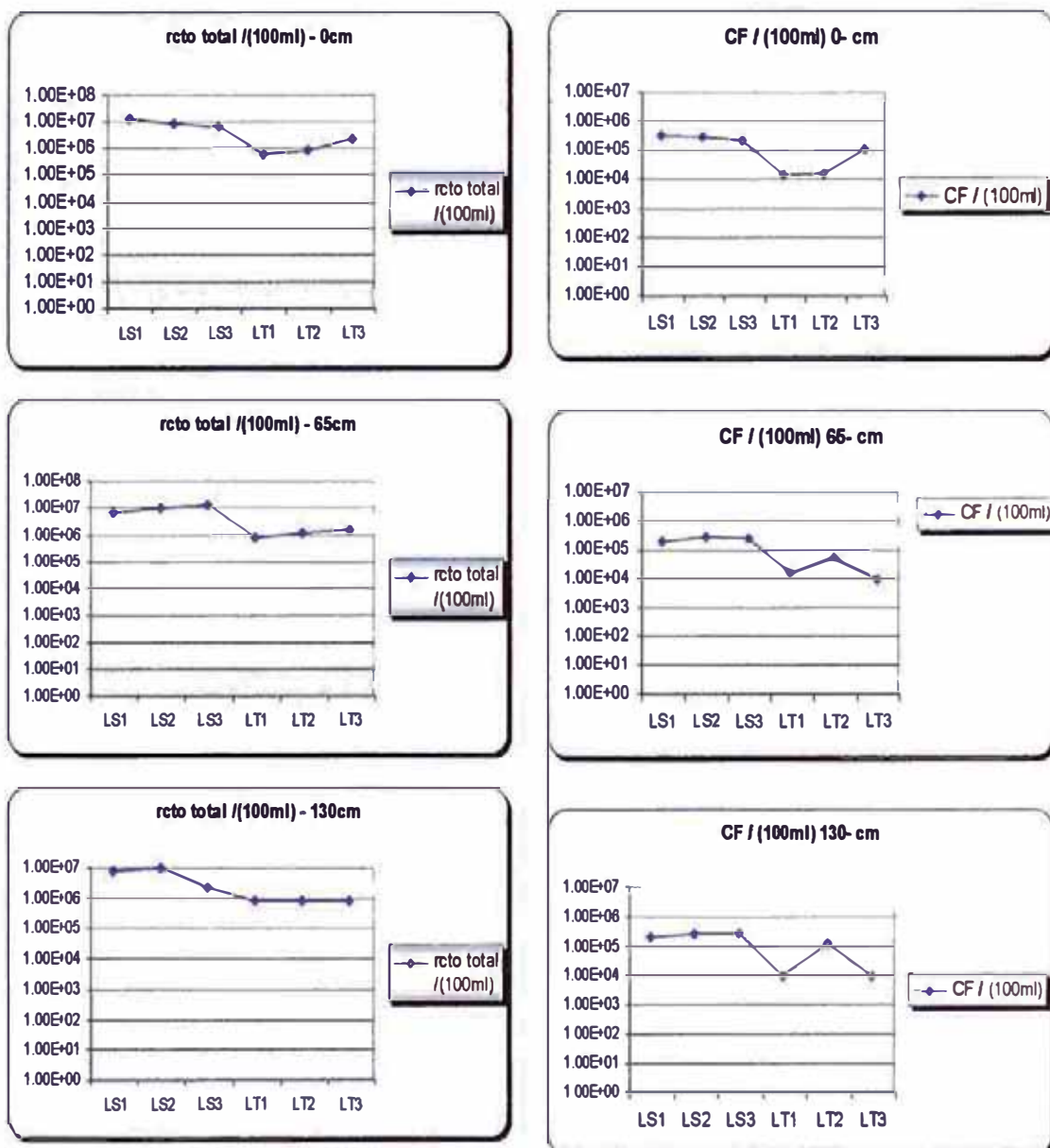




Tabla 41:

A Las 6 am		
0	rccto total /(100ml)	CF / (100ml)
LS1	1.28E+07	3.48E+05
LS2	9.48E+06	3.00E+05
LS3	6.82E+06	2.50E+05
LT1	6.30E+05	1.50E+04
LT2	8.90E+05	1.80E+04
LT3	2.46E+06	1.17E+05

Bloque de gráficos 29:





### 3.5.4.- COMPORTAMIENTO DEL OXIGENO DISUELTO POR HORAS, DIA Y MES (mg/l)

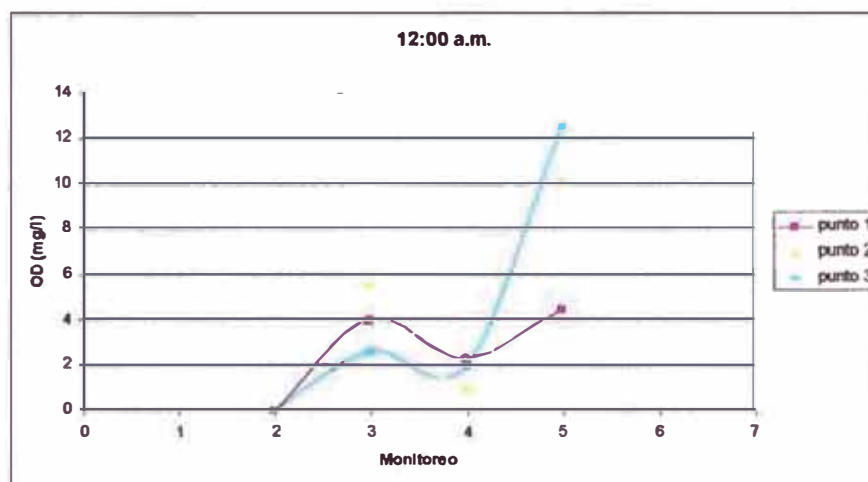
#### Laguna secundaria

Los puntos 1, 2 y 3 son de la parte inicial medio y salida de las lagunas (ver cuadro nº 2: *puntos para la extracción de muestras en las lagunas de estabilización*).

El comportamiento del oxígeno disuelto sigue una tendencia por cada hora a lo largo de todos los monitoreos.

El de las 12:00 a.m. empieza desde cero para subir bajar y subir, como a esas horas no existe radiación solar no podríamos pensar que los resultados estén influenciados por la eliminación de oxígeno por las algas si no por la temperatura del momento de muestra en el agua

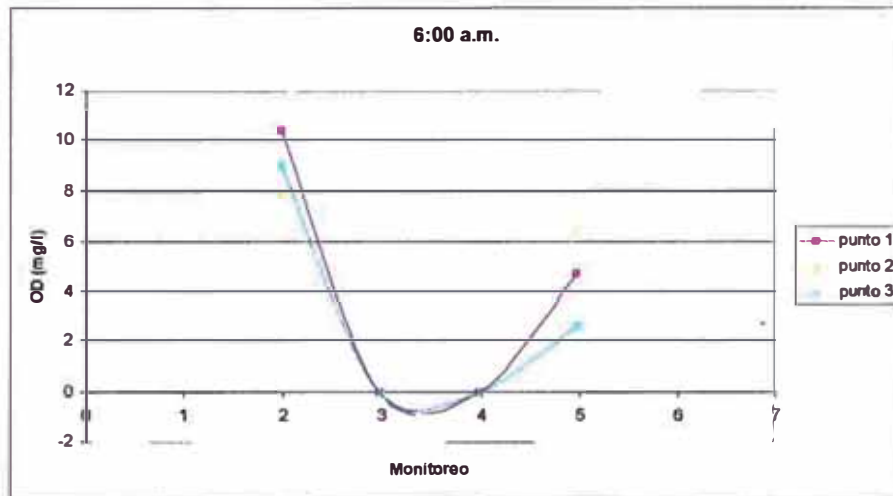
Gráfico 30:



Por el contrario a la hora anterior para las 6:00 a.m. empieza con un valor promedio de 9 mg/l para descender hasta ser cero y después subir a un valor promedio de 4mg/l aproximadamente

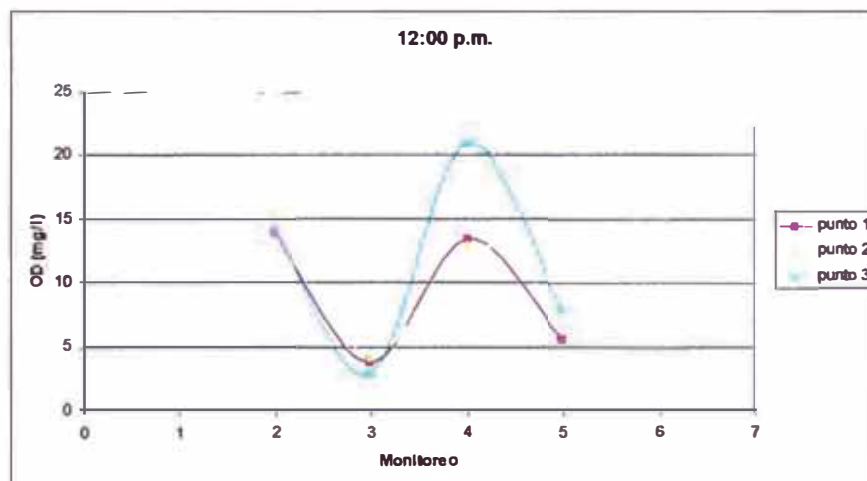


**Gráfico 31:**



Para las 12:00 p.m. los resultados tienen una tendencia oscilante diferente a las anteriores para los tres puntos de muestreo que en este caso es de la laguna secundaria.

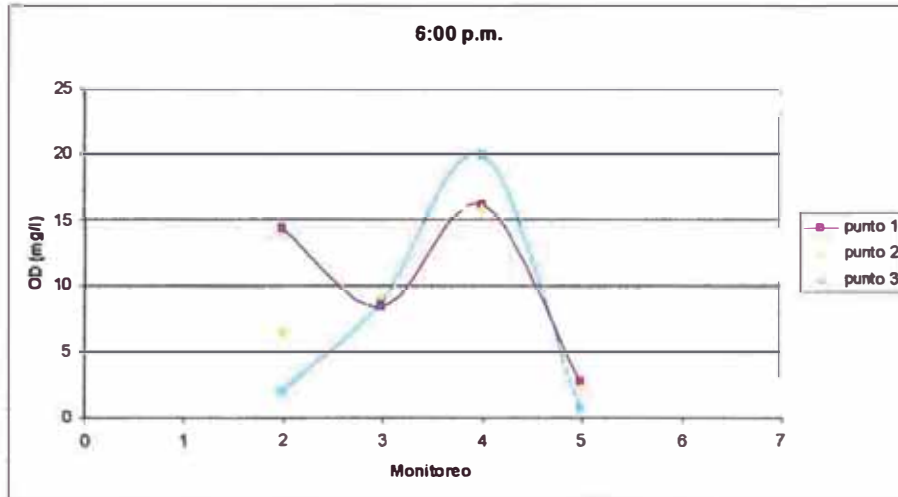
**Gráfico 32:**



Paras las 6:00 p.m. solo el punto uno siguió la misma tendencia que el de las 12:00 p.m., los otros puntos empiezan con valores bajos para después tener un comportamiento parecido al anterior grafico.



**Gráfico 33:**

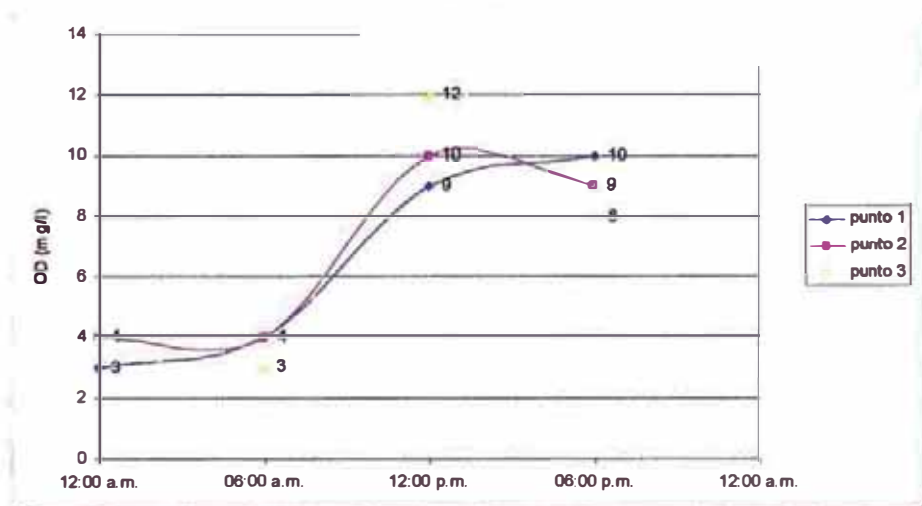


Notamos también la tendencia de valores con los promedios obtenidos por cada hora a lo largo de los monitoreos, en el grafico siguiente presentaremos el modelo como tiene la tendencia en promedio durante las horas de monitoreo; donde se puede notar que tiene un modelo sinusoidal que es lo que es de suponer que durante las horas de la madrugada el O.D es mínimo y en las horas del día el máximo.

**Tabla 42:**

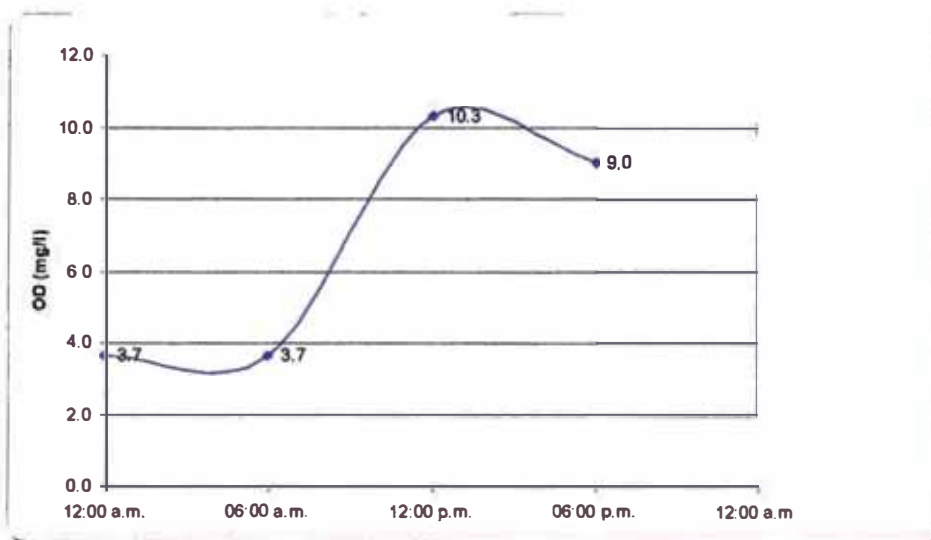
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	3	4	9	10
punto 2	4	4	10	9
punto 3	4	3	12	8

**Gráfico 34:**





**Gráfico 35:**

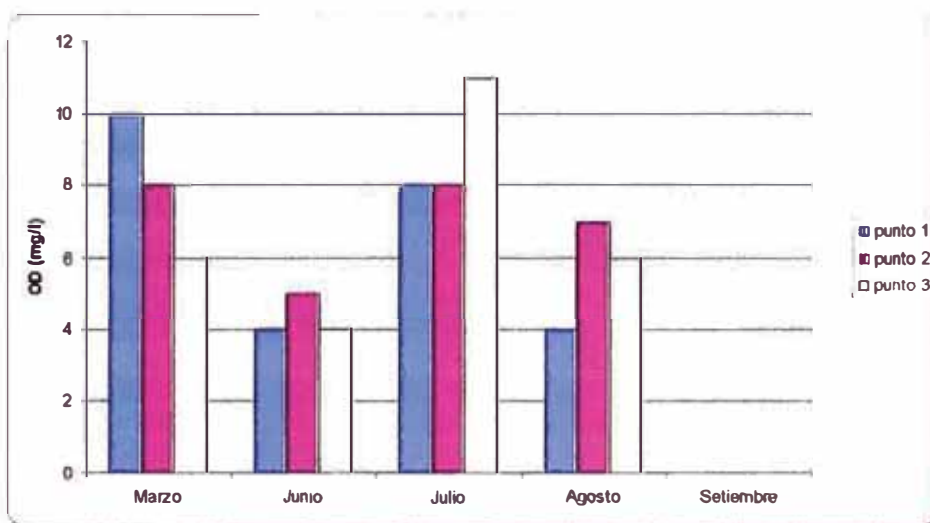


En el gráfico siguiente se muestra el comportamiento del oxígeno disuelto durante los meses y por puntos de monitoreo que también tienen un modelo oscilatorio que promedio de todos los valores es como el gráfico subsiguiente; en el mes de setiembre no se pudo tener muestras para medir oxígeno disuelto.

**Tabla 43:**

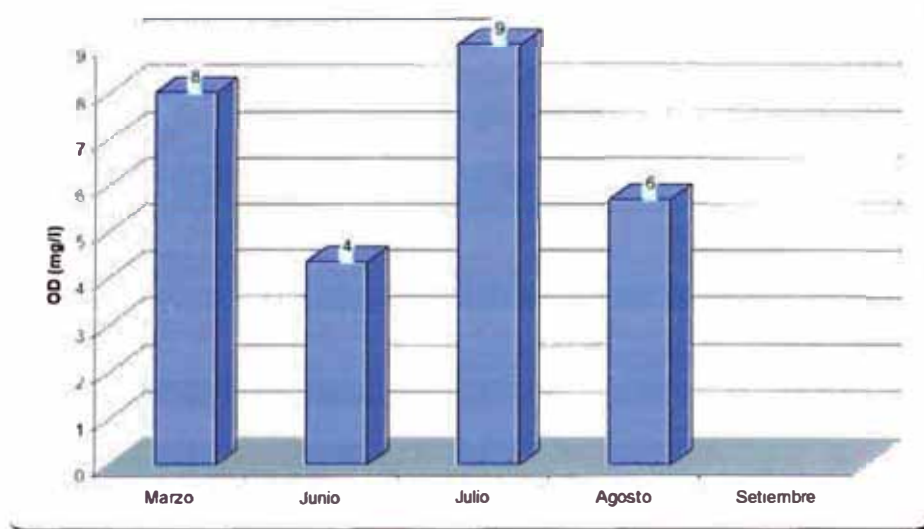
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	10	4	8	4	
punto 2	8	5	8	7	
punto 3	6	4	11	6	

**Gráfico 36:**





**Gráfico 37:**



### Laguna terciaria

El comportamiento del oxígeno disuelto para la laguna terciaria tiene el mismo modelo que en la secundaria la cual la podemos definir como:

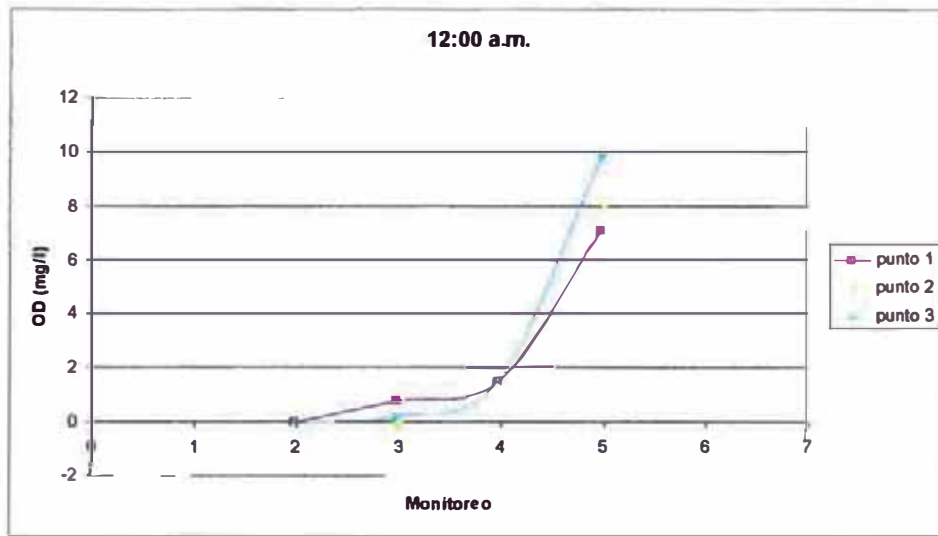
- Exponenciales (12:00 a.m.)
- Parabólicas cóncava hacia arriba (6:00 a.m.)
- Senoides (12:00 p.m.)
- Paraboloides cóncava hacia abajo (6:00 p.m.)
- Lo que significa que para cada hora se tiene un modelo específico.

Para las 12:00 a.m. el comportamiento del oxígeno disuelto para la laguna terciaria tiene una cierta diferencia que el de la laguna secundaria, la diferencia está en los valores del tercer monitoreo donde los resultados se mantienen bajos dando un apariencia de un modelo exponencial.



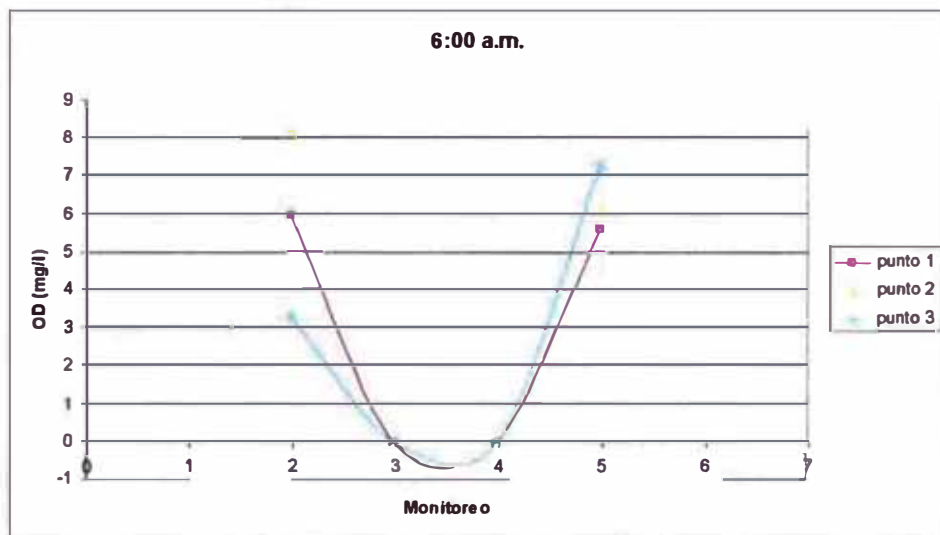


**Gráfico 38:**



En el monitoreo de las 6:00 a.m. la alguna terciaria en cuanto a oxígeno disuelto tiene un mismo modelo que se puede decir que es una parábola.

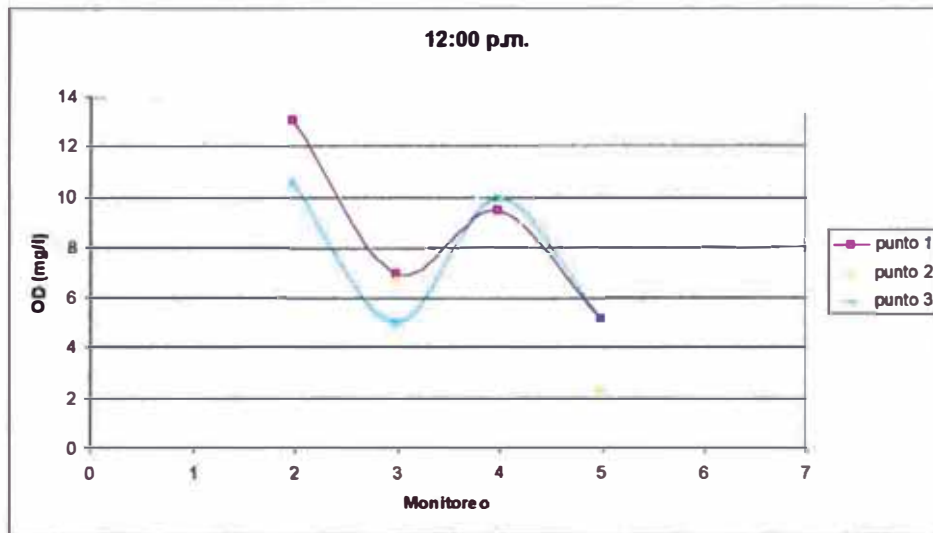
**Gráfico 39:**



Para las 12:00 a.m. el modelo también tiene la misma tendencia que el de la laguna secundaria.

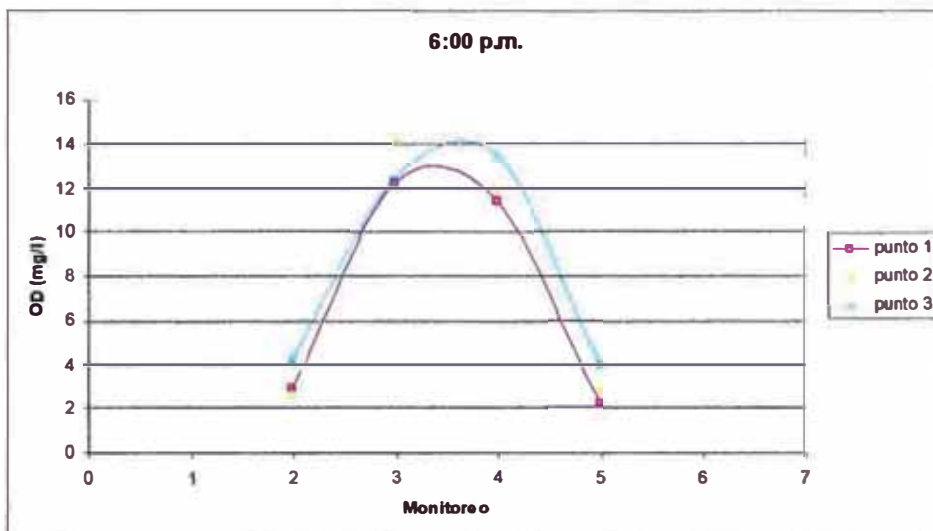


**Gráfico 40:**



Paras las 6:00 p.m. el modelo de parábola invertida es muy clara a diferencia de la laguna terciaria donde los puntos 1 y 2 inician con valores un poco mayores como de 15mg/l.

**Gráfico 41:**



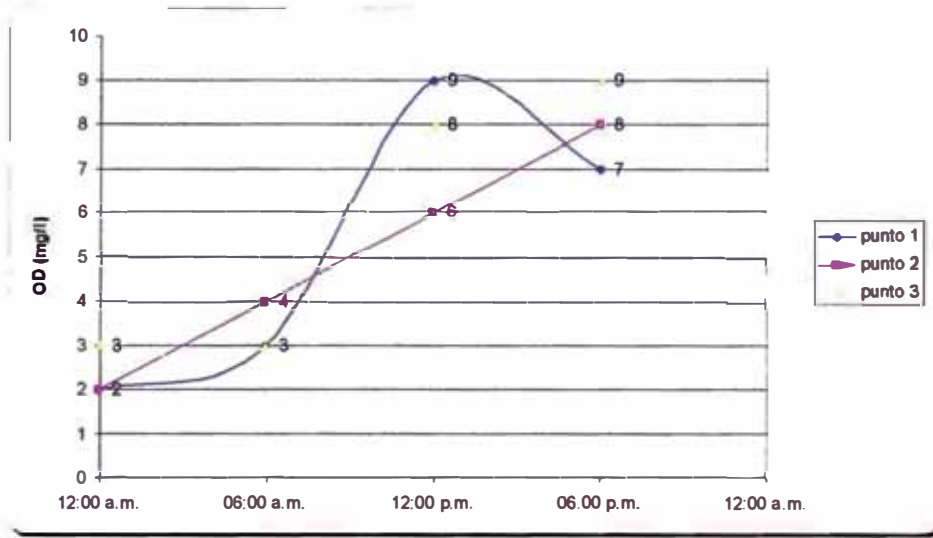
La tendencia de valores con los promedios obtenidos por cada hora de la laguna terciaria a lo largo de los monitoreos se presenta en el grafico siguiente que también tiene un modelo sinusoidal que es lo que es de suponer que durante las horas de la madrugada el O.D es mínimo y en las horas del día el máximo; aunque para el punto dos se tiene un comportamiento estrictamente lineal.



**Tabla 44:**

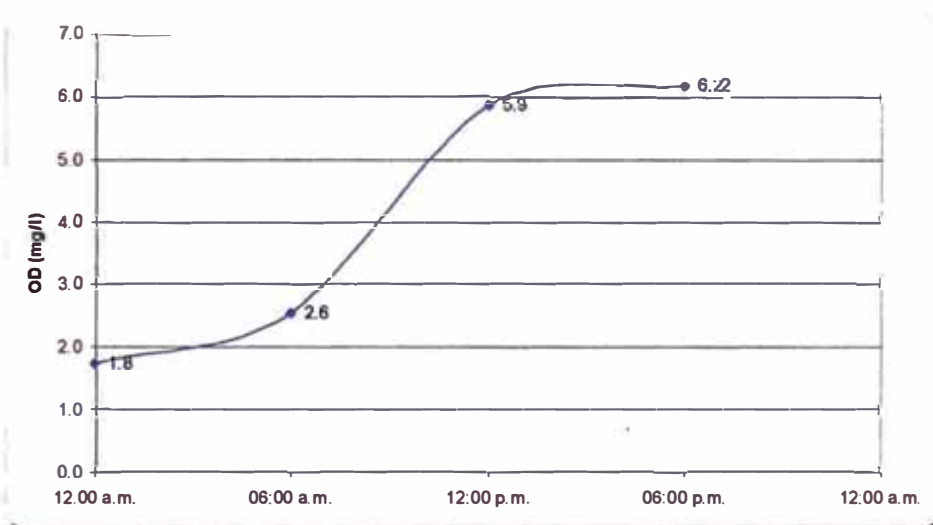
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	2	3	9	7
punto 2	2	4	6	8
punto 3	3	3	8	9

**Gráfico 42:**



Aquí mostramos el comportamiento antes mencionado como promedio de los valores:

**Gráfico 43:**



Como en la laguna secundaria para la terciaria mostramos el grafico siguiente donde también se muestra el comportamiento del oxígeno disuelto durante los



meses y por puntos de monitoreo establecidos anteriormente que también tienen un modelo oscilatorio que promedio de todos los valores es como el gráfico subsiguiente:

Tabla 45:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	6	5	6	5	
punto 2	4	5	6	5	
punto 3	5	4	6	7	

Gráfico 44:

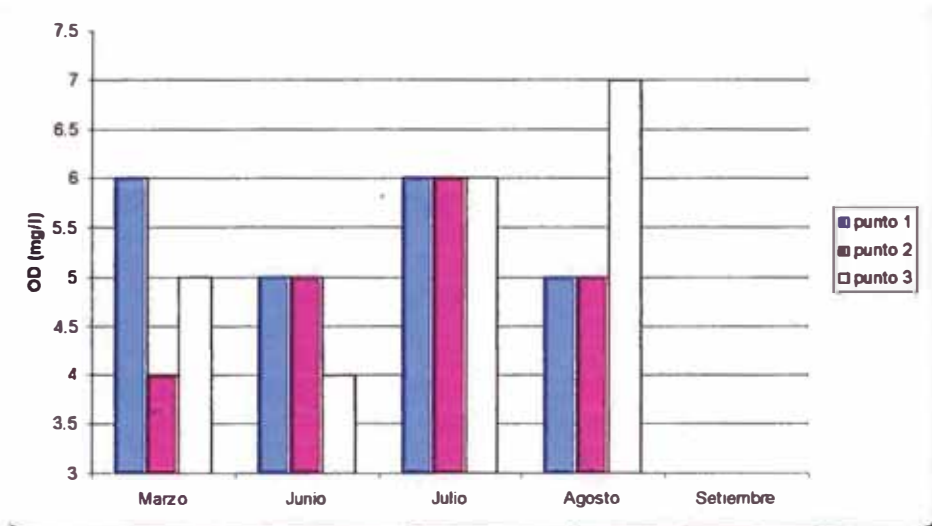


Gráfico 45:





### 3.5.5.- COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO - D.B.O<sub>5</sub> (mg/l) POR HORA, DIA Y MES

#### Laguna secundaria

La tendencia por horas de la DBO<sub>5</sub> no están regular como la del oxígeno disuelto, pues esta decae en el orden siguiente: 6:00 a.m. 12:00 a.m. 12:00 p.m. y 6:00 p.m. y no se puede determinar un comportamiento usual.

Gráfico 46:

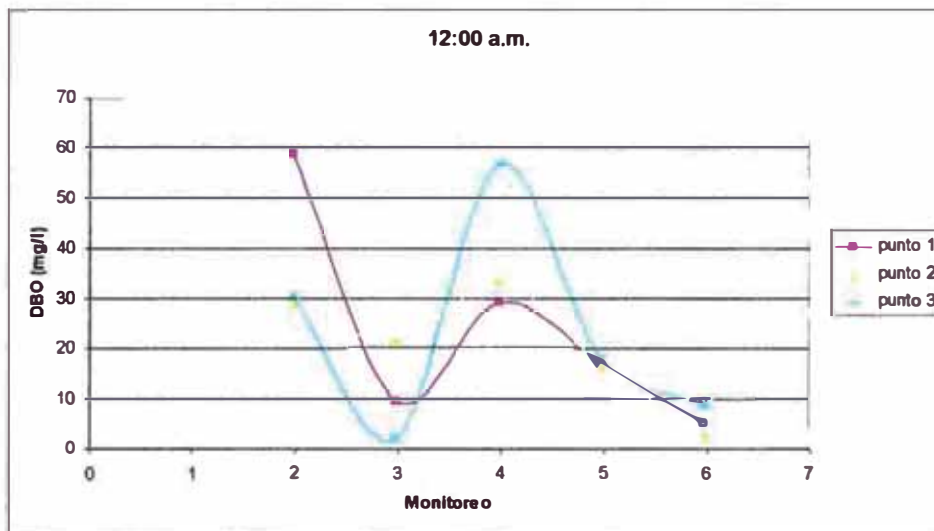
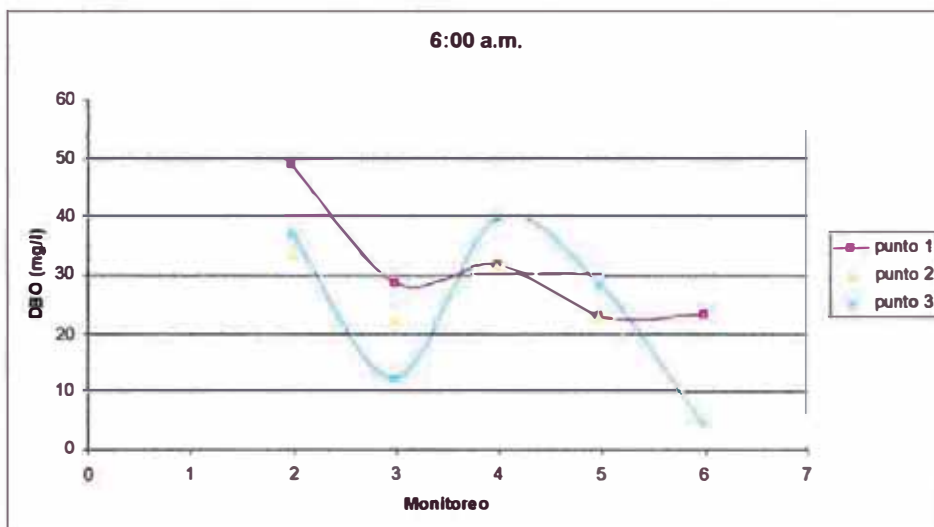
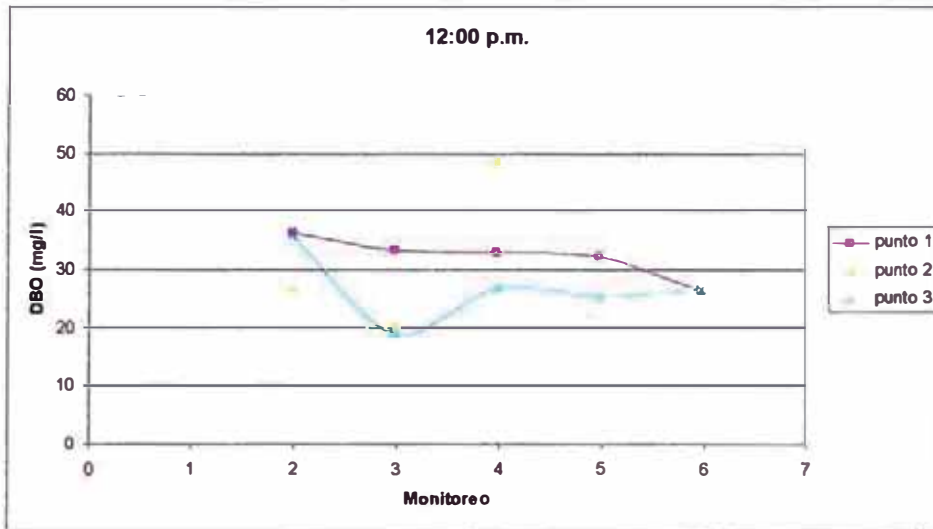


Gráfico 47:

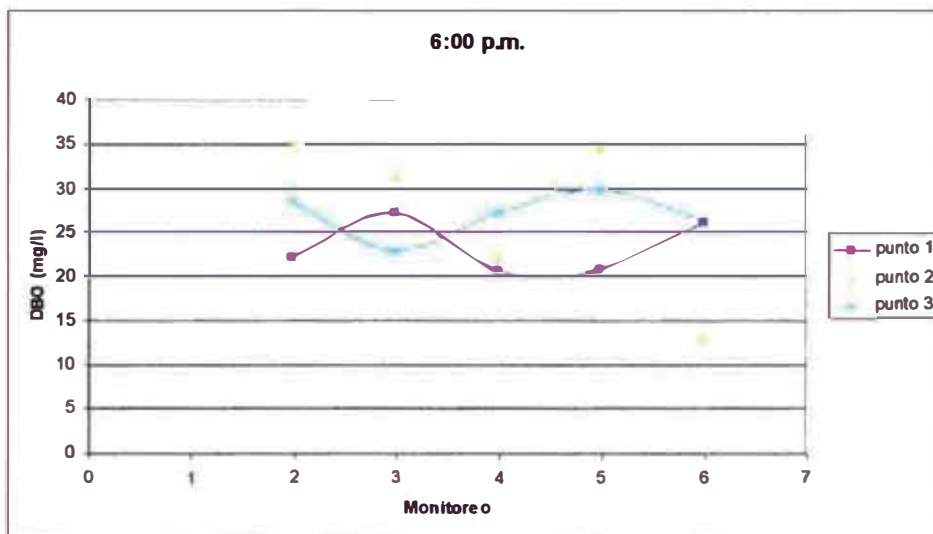




**Gráfico 48:**



**Gráfico 49:**



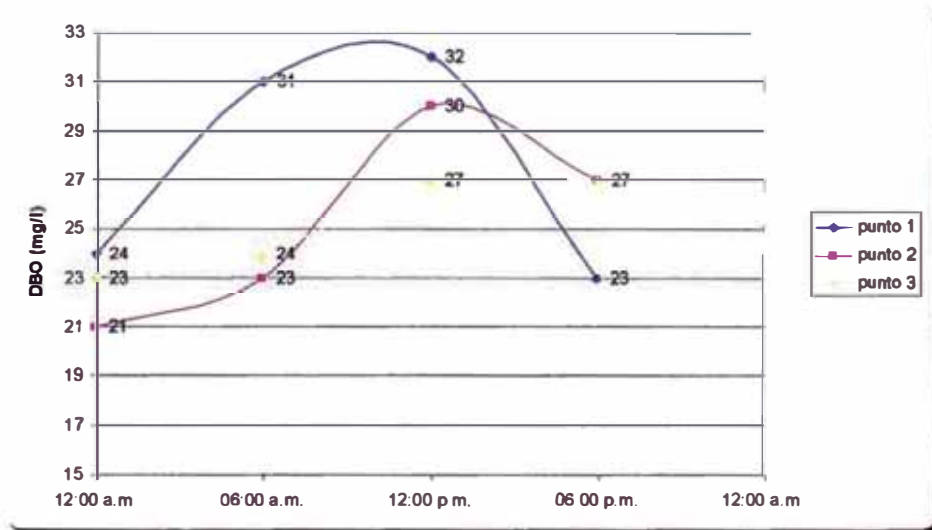
Analizando los promedios de estos valores de DBO<sub>5</sub> por horas tiene un comportamiento sinusoidal pero lo interesante es que el punto uno posee una inflexión mas notoria que va descendiendo conforme se pasa del punto dos al punto tres lo cual indica una gradiente en la degradación de materia orgánica conforme se pasa de la entrada a la salida de la laguna secundaria.



**Tabla 46:**

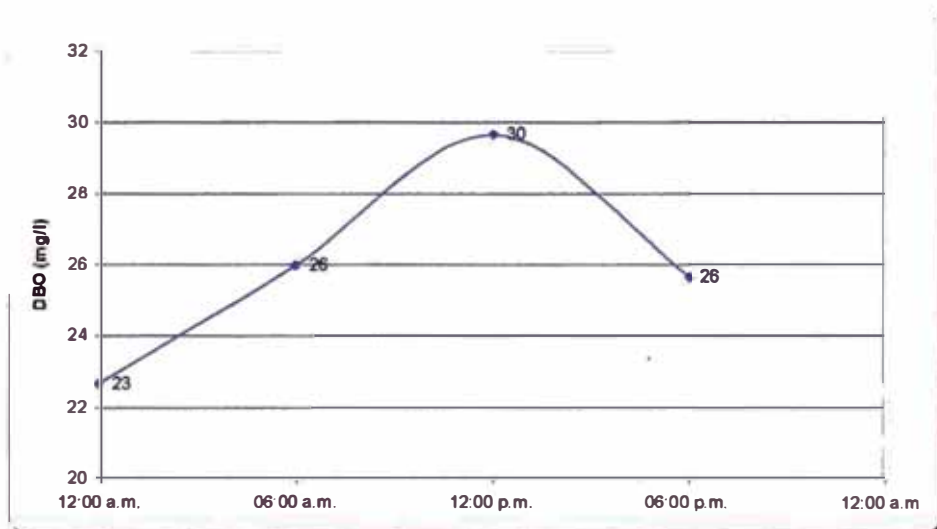
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	24	31	32	23
punto 2	21	23	30	27
punto 3	23	24	27	27

**Gráfico 50:**



El promedio de los valores antes mencionados nos dará el modelo de cómo la  $DBO_5$  se encuentra en las lagunas durante las horas del día, el cual es un modelo sinusoidal.

**Gráfico 51:**





Se presenta en los cuadros siguientes el comportamiento mensual de la DBO<sub>5</sub>, que obteniendo los valores promedio por mes de cada punto tiene un comportamiento muy parecido a la del oxígeno disuelto

Tabla 47:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	42	25	29	23	20
punto 2	31	24	34	25	12
punto 3	33	14	38	25	16

Gráfico 52:

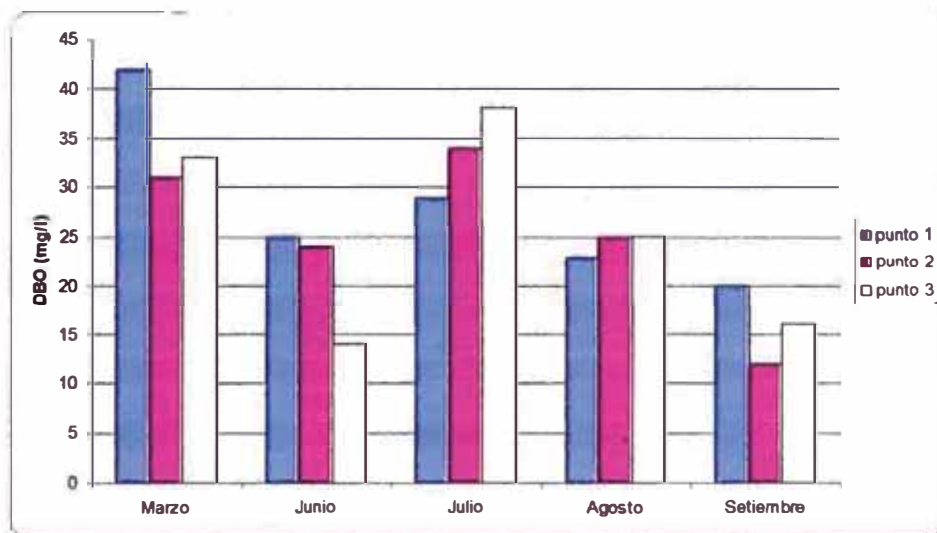
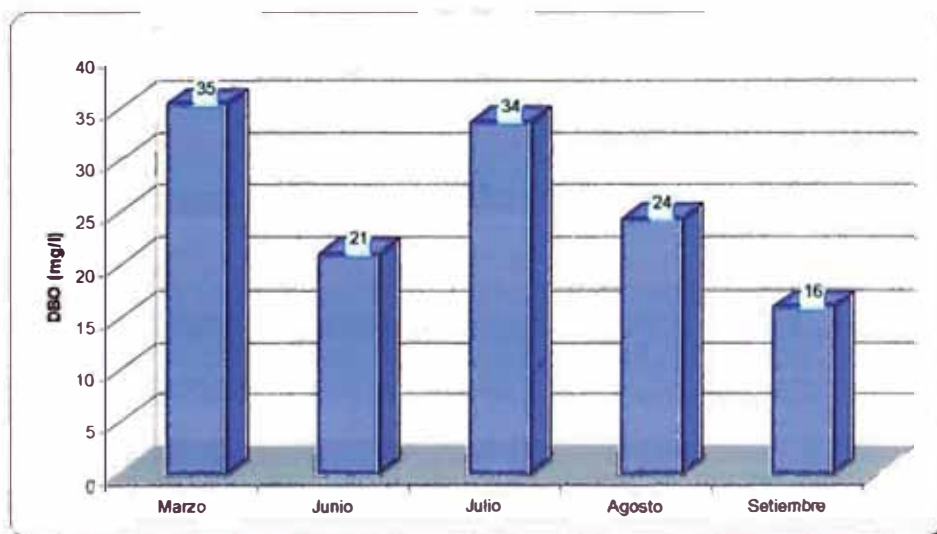


Gráfico 53:







### Laguna terciaria

El comportamiento horario para la laguna terciaria ya no guarda un orden como fue el caso de la laguna secundaria donde al menos tenía un modelo que poco a poco según pasaban las horas ya se perdía; solo a las 12:00 a.m. y 6:00 p.m. los puntos 2 y 3 tienen un mismo modelo.

Gráfico 54:

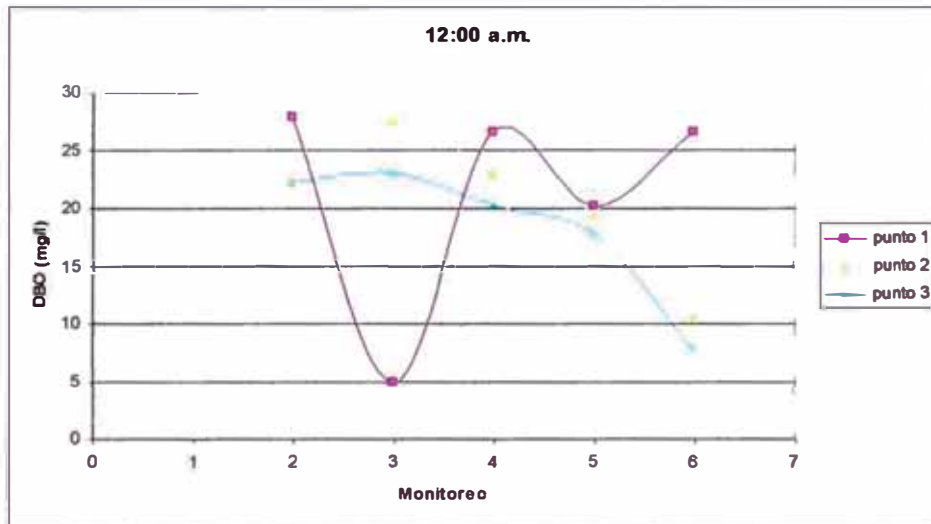


Gráfico 55:

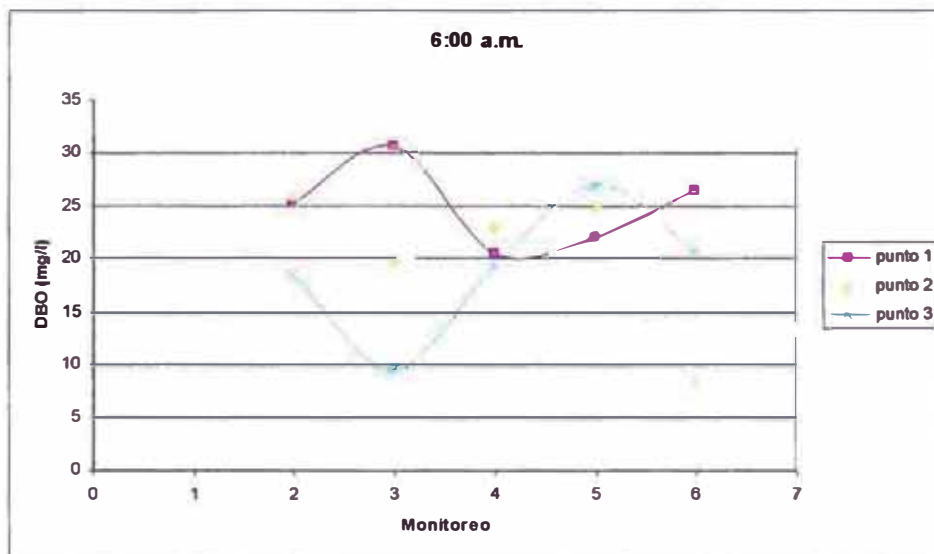




Gráfico 56:

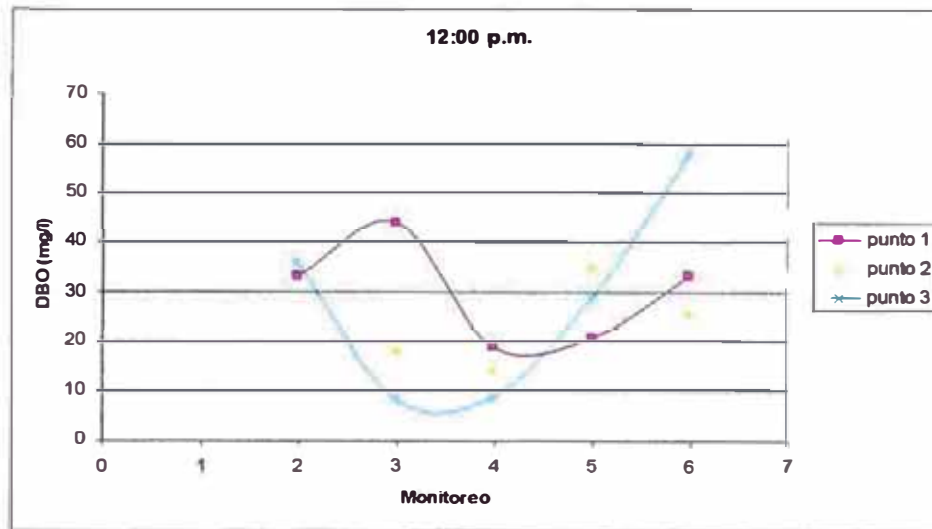
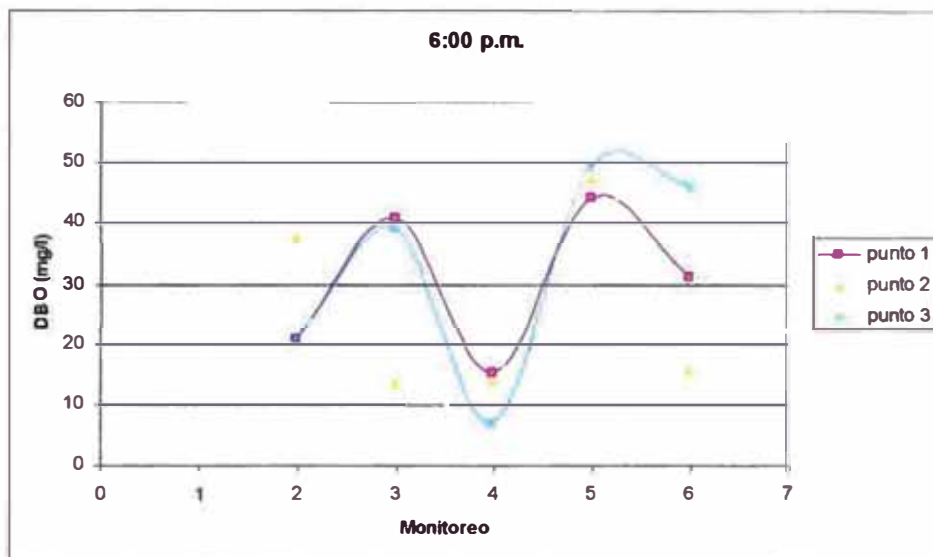


Gráfico 57:



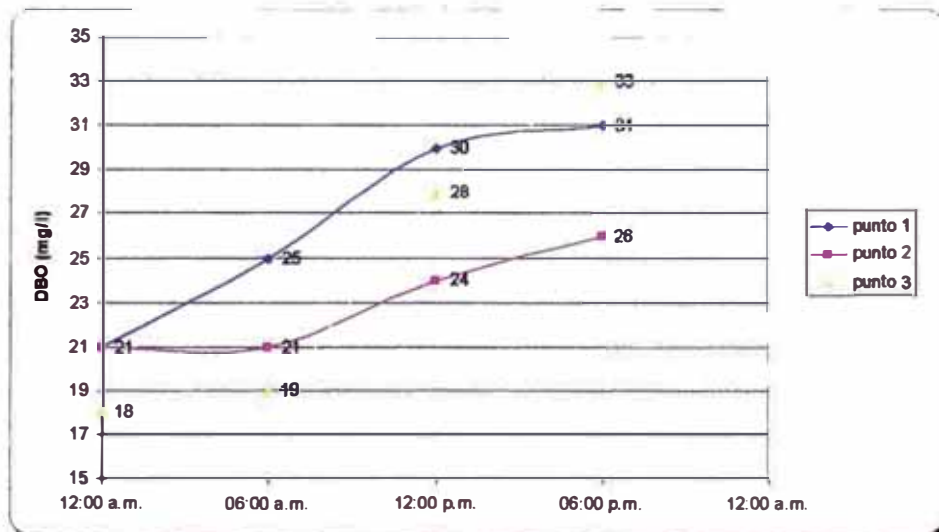
El comportamiento a lo largo del día es muy diferente la de la laguna secundaria, para esta laguna se nota un incremento en los valores conforme avanzan las horas hasta un máximo que es a las 6:00 p.m.

Tabla 48:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	21	25	30	31
punto 2	21	21	24	26
punto 3	18	19	28	33

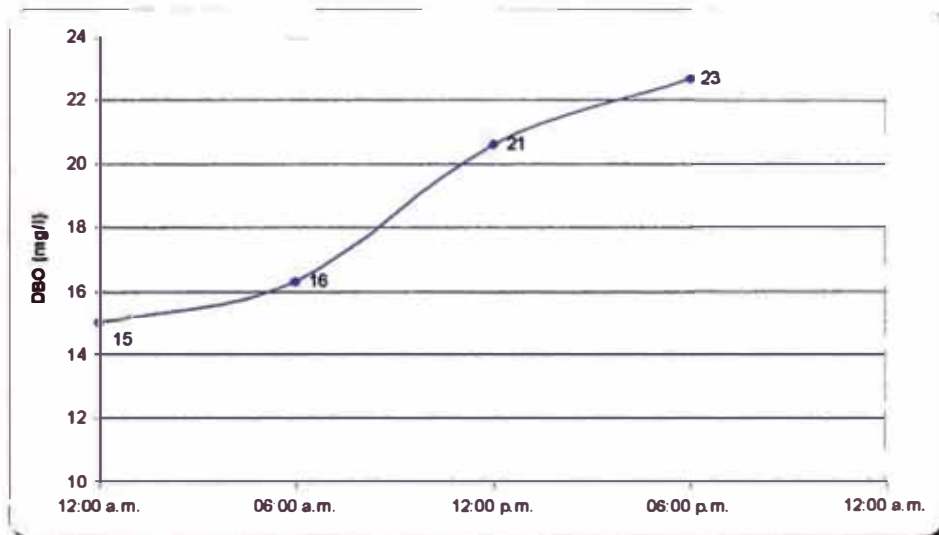


**Gráfico 58:**



El promedio de valores también arroja un modelo sinusoidal donde el valor más alto es a las 6:00 p.m. y el mínimo a las 12:00 a.m.

**Gráfico 59:**



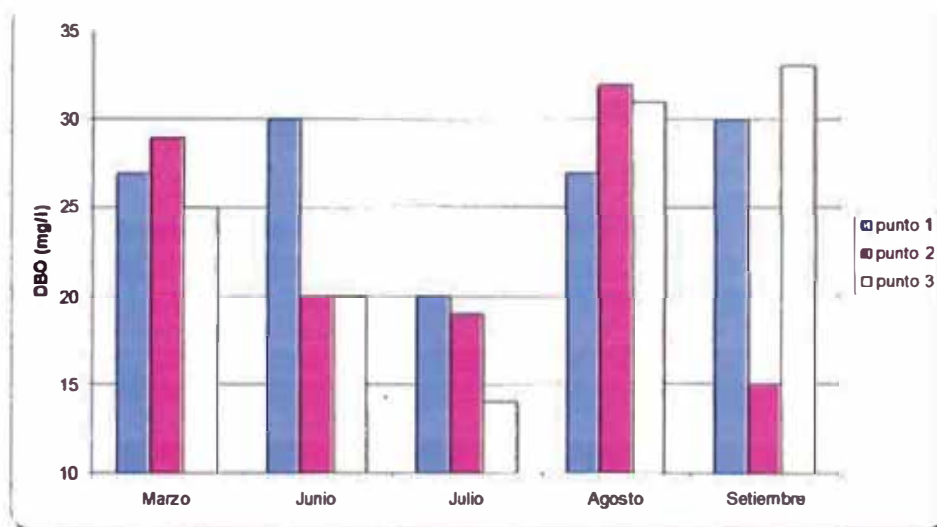
En los dos siguientes cuadros mostramos el comportamiento de la  $DBO_5$  mensualmente donde se ve los valores por punto y el otro que es el promedio de los puntos.



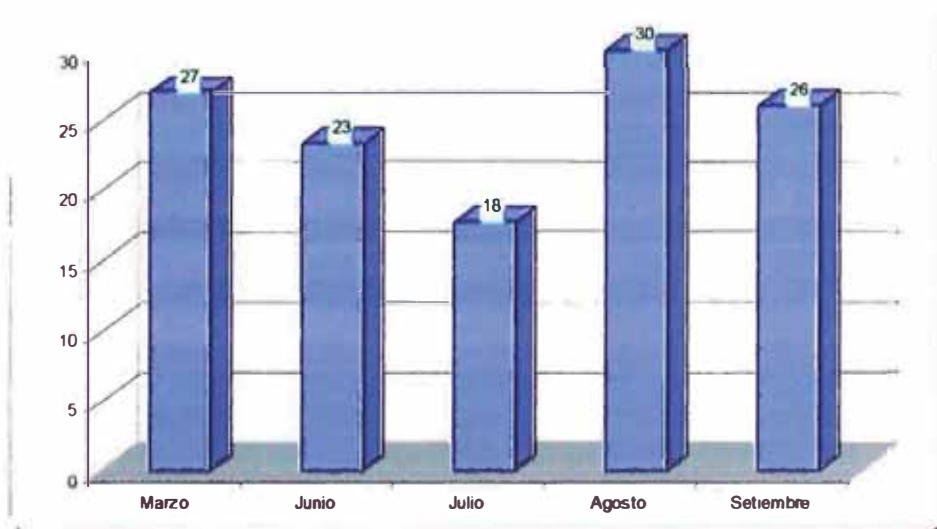
**Tabla 49:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	27	30	20	27	30
punto 2	29	20	19	32	15
punto 3	25	20	14	31	33

**Gráfico 60:**



**Gráfico 61:**





### 3.5.6.- COMPORTAMIENTO DEL NUMERO DE BACTERIAS HETEROTROFICAS (N°/1ml) POR HORAS, DIA, MES Y PROFUNDIDADES (0.0mt, 0.65mt y 1.30mt)

#### Laguna secundaria

Se presentara el comportamiento del crecimiento de bacterias heterotróficas cultivadas en placas petri con Agar método estándar.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0mt)

El comportamiento horario no guarda una relación matemática constante como en los otros parámetros, a continuación mostramos los gráficos:

Gráfico 62:

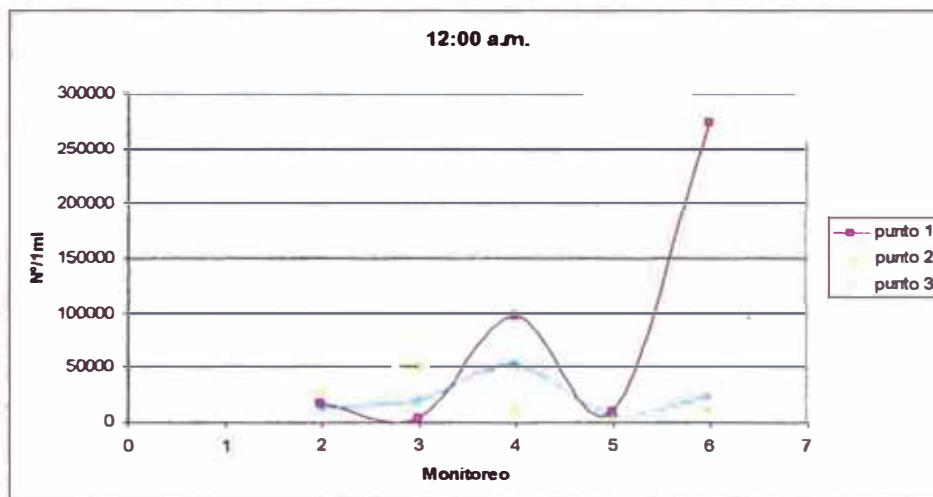


Gráfico 63:

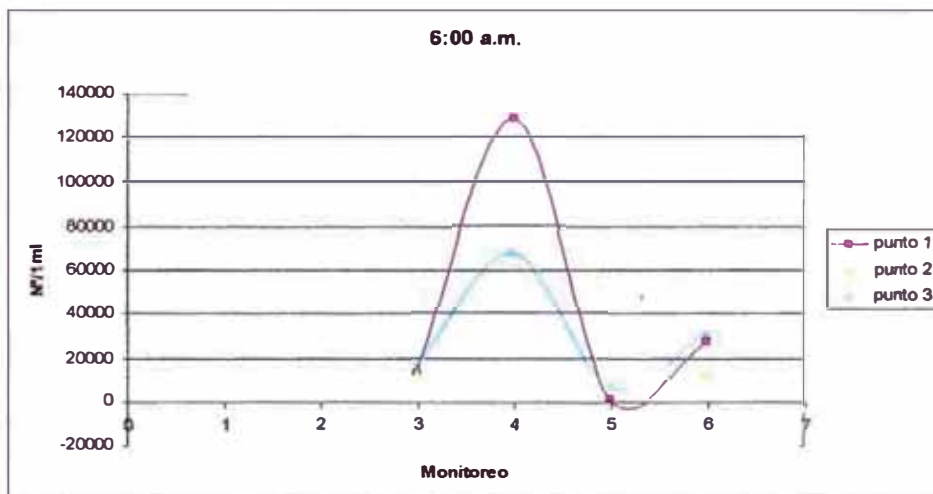




Gráfico 64:

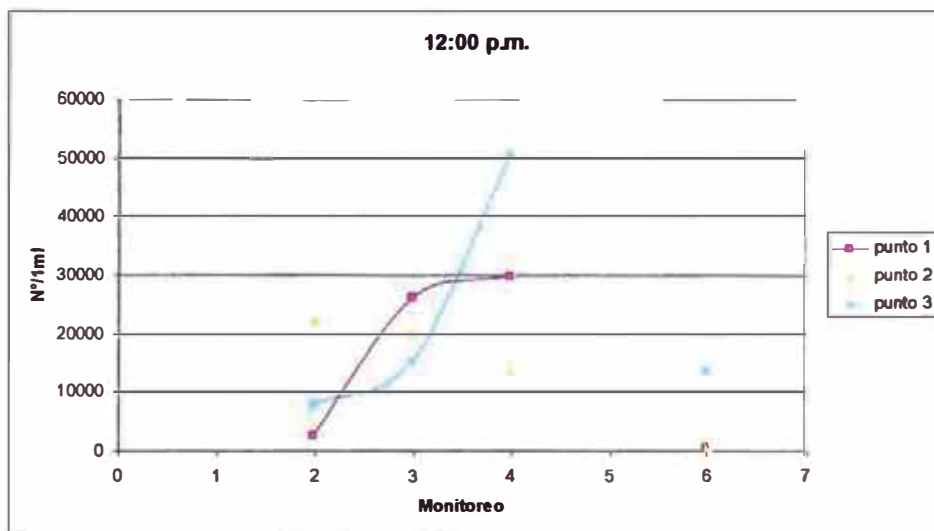
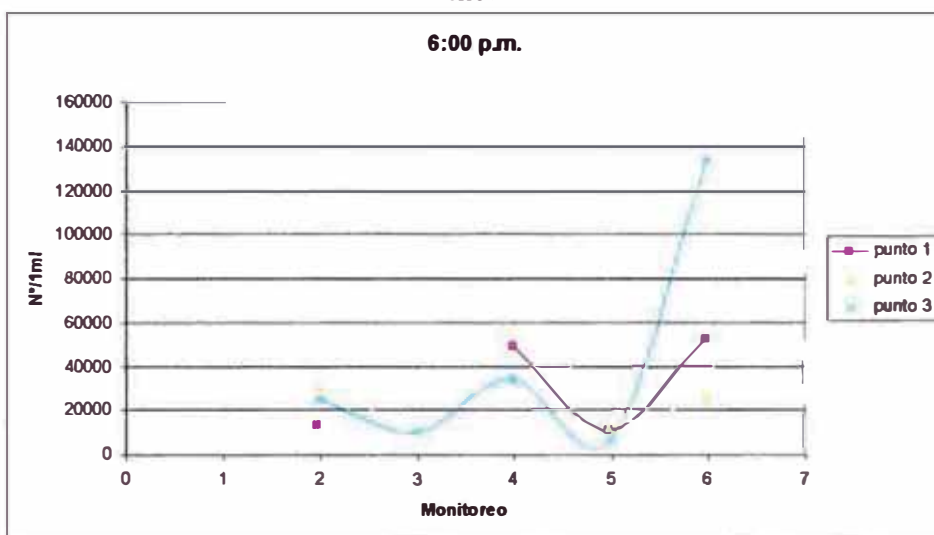


Gráfico 65:



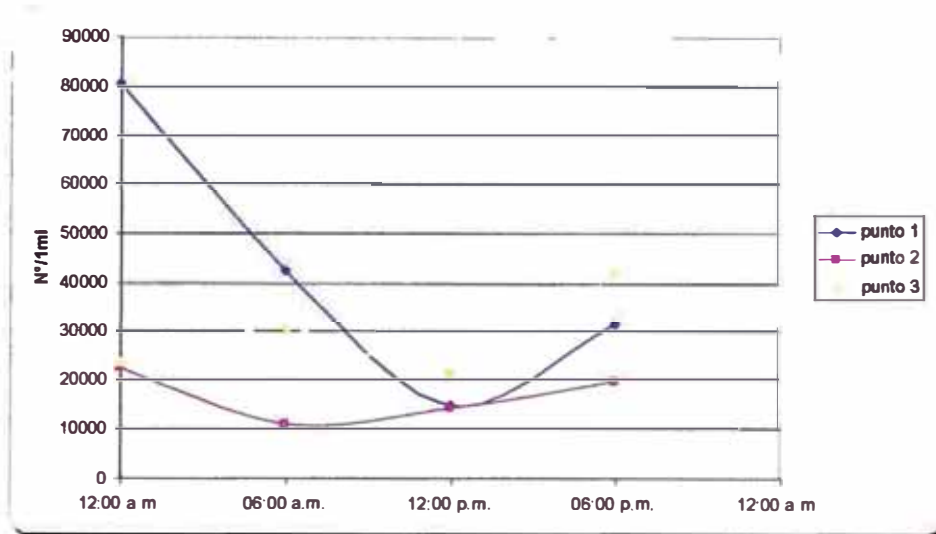
Cuando se grafica el comportamiento por horas indica que en las noches existe mayor cantidad que en el día; en el grafico subsiguiente se muestra el promedio de los valores horarios el cual tiene un modelo sinusoidal.

Tabla 50:

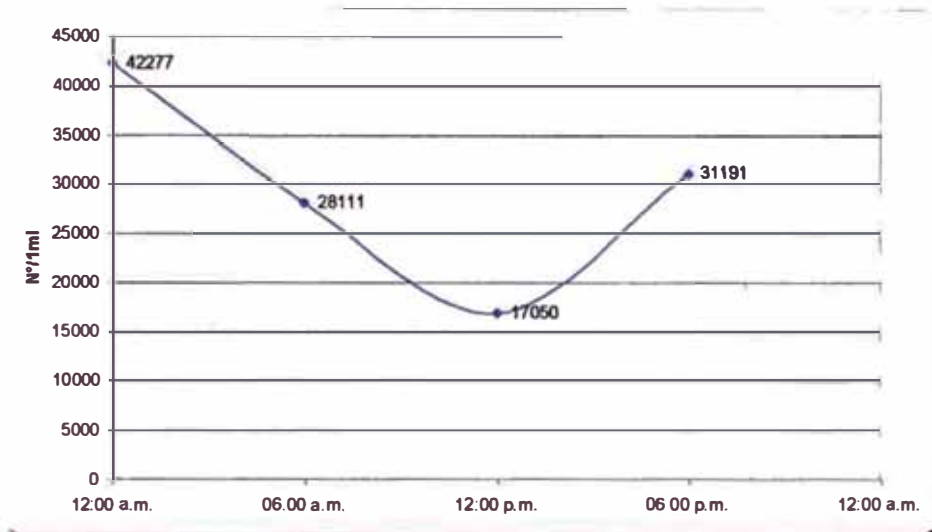
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	80800	42735	14910	31650
punto 2	22460	11027	14370	19720
punto 3	23572	30570	21870	42204



**Gráfico 66:**



**Gráfico 67:**



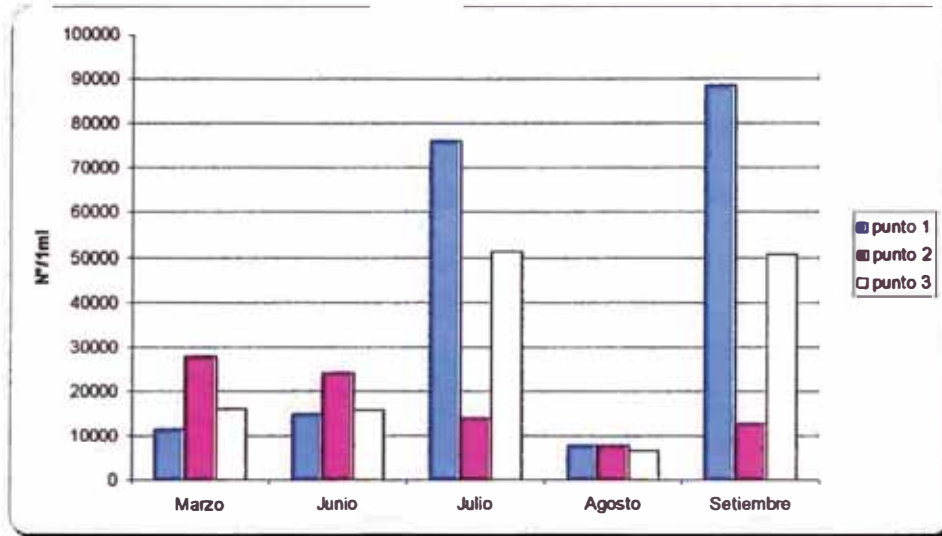
Con respecto al comportamiento mensual tenemos al gráfico siguiente que no guarda relación con algún parámetro analizado anteriormente, siguiente mente se muestra la gráfica de los promedios

**Tabla 51:**

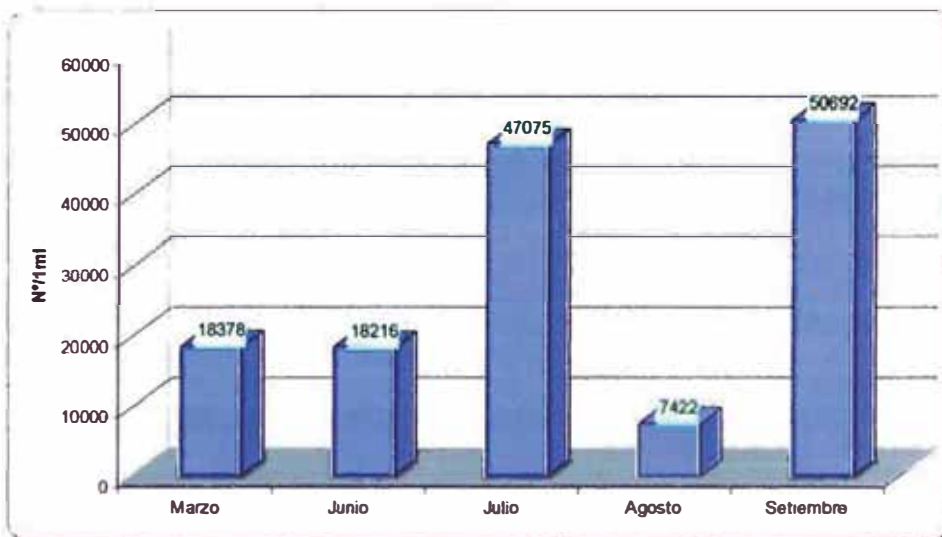
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	11500	14827	76175	7767	88550
punto 2	27667	24160	13800	7967	12650
punto 3	15967	15660	51250	6533	50875



**Gráfico 68:**



**Gráfico 69:**



### Muestra tomada a 0.65m. de profundidad

El comportamiento a 0.65 m de profundidad para las 12:00 a.m. si presenta un modelo que es oscilatorio como se muestra en la grafica; como usualmente hemos visto en algunas graficas para cada hora se tienen modelos diferentes, debido a problemas diversos en el laboratorio no se pudo tener los datos de todos los monitoreos para las horas 6:00a.m. y 12:00 p.m.

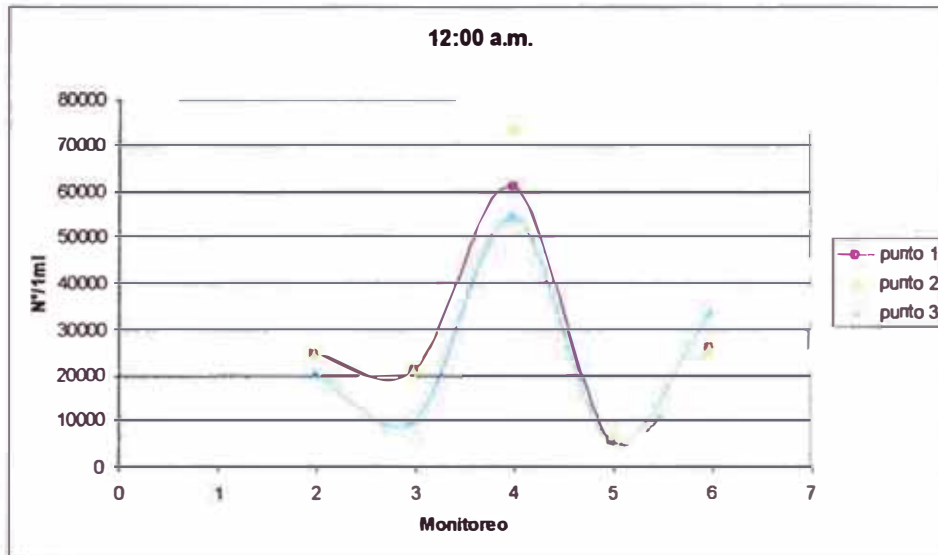
Podemos notar el gran parecido en cuanto a comportamiento de las horas 12:00 a.m. y 6:00 p.m. y mas aun si se tuvieran los datos completos de todas las horas





se pudiese notar un parecido en todas las horas lo que indica una dinámica poblacional constante para las cuatro horas de análisis a diferencia de la muestra tomada en la superficie que tiene un comportamiento muy variable.

**Gráfico 70:**



**Gráfico 71:**

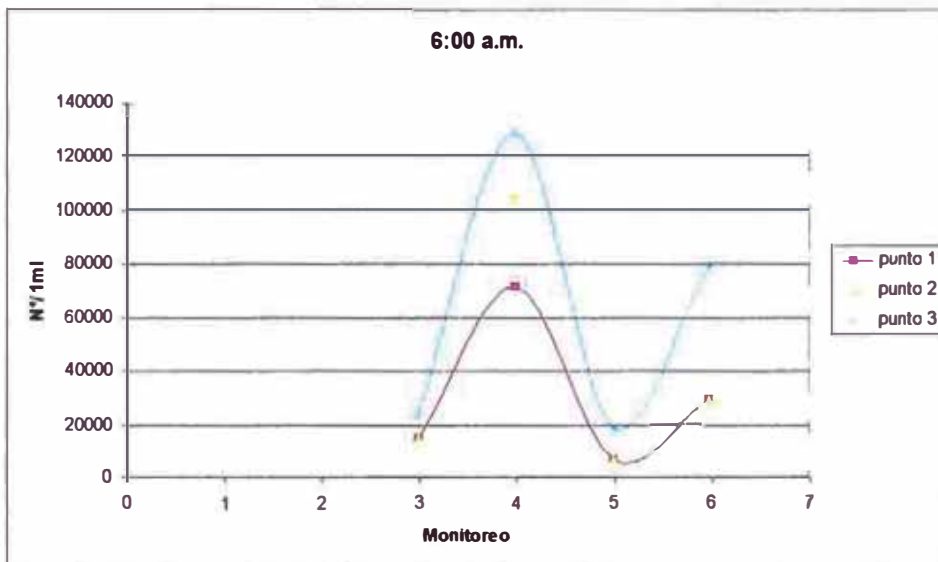




Gráfico 72:

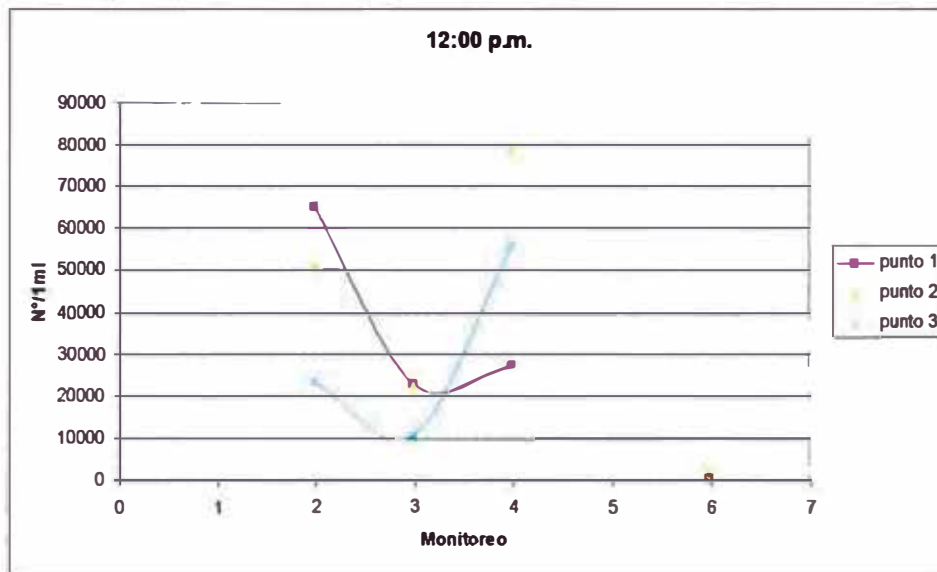
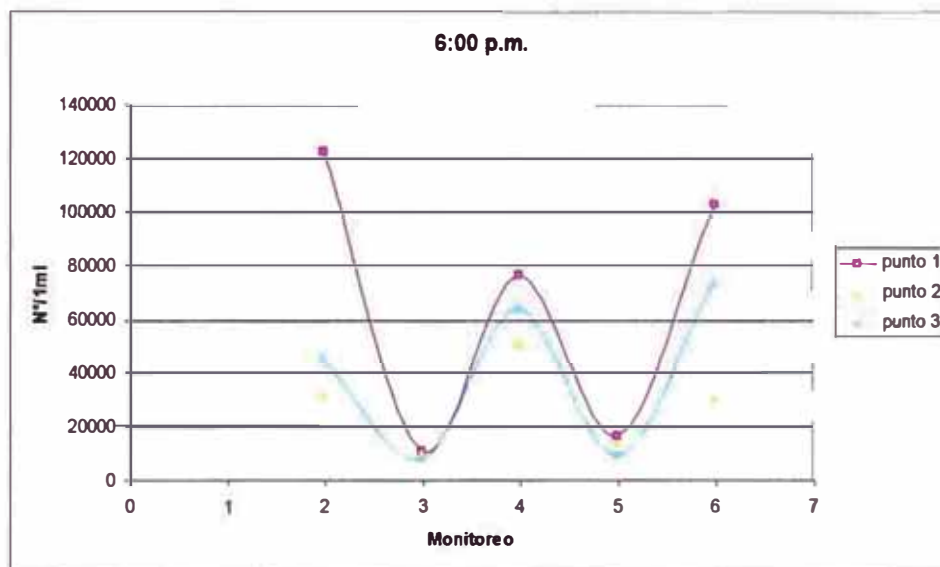


Gráfico 73:



El comportamiento durante el día no tiene un modelo exacto aunque el gráfico que muestra el promedio de los valores tenga un modelo oscilatorio

Tabla 52:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	27824	30550	29070	66120
punto 2	30544	39150	39190	27428
punto 3	24800	62905	22795	39912



Gráfico 74:

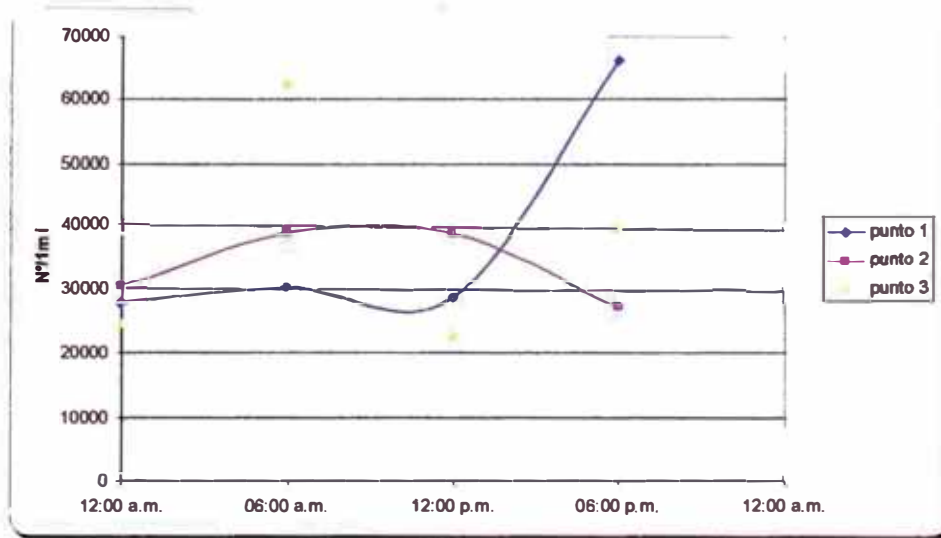
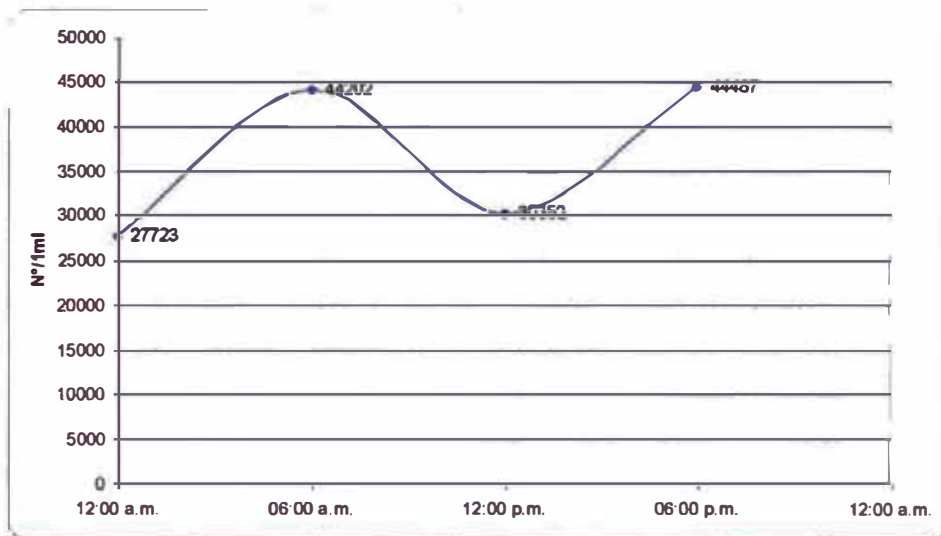


Gráfico 75:



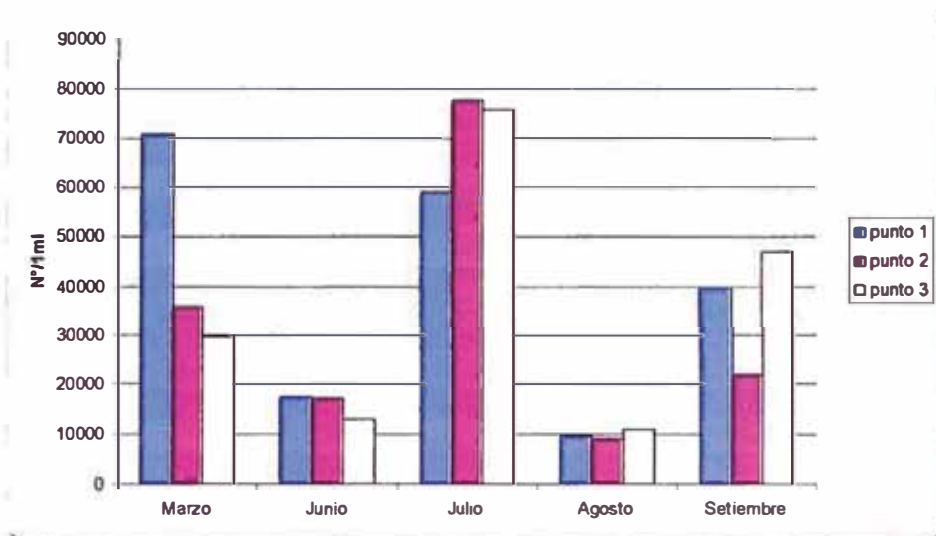
A continuación se muestra el comportamiento mensual de cada punto y posteriormente el promedio de ellos

Tabla 53:

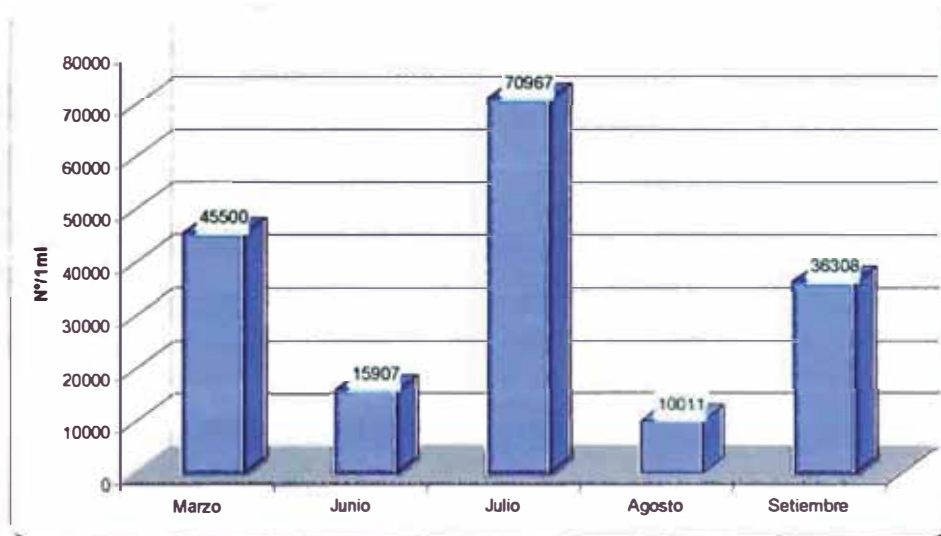
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	70900	17500	59350	9733	39725
punto 2	35867	17180	77750	9133	22125
punto 3	29733	13040	75800	11167	47075



**Gráfico 76:**



**Gráfico 77:**

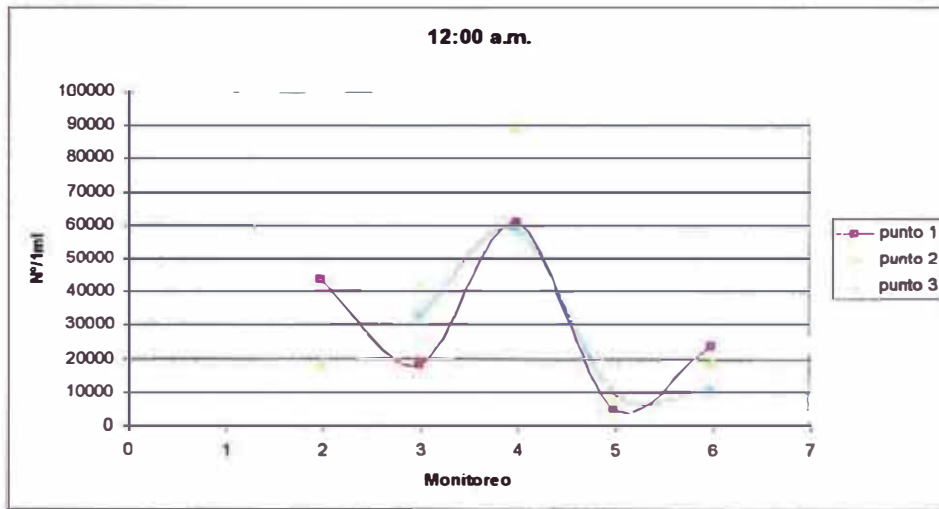


### Muestra tomada a 1.30mt de profundidad

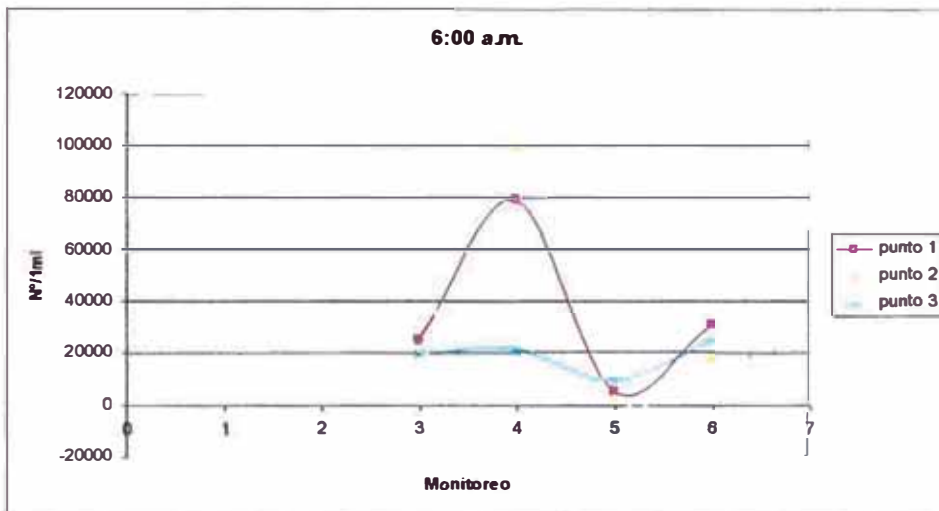
Para esta profundidad el comportamiento guarda relación con las graficas anteriores, casi tiene el mismo modelo para las cuatro horas de muestreo, aunque también algunas horas de análisis no tienen los datos completos, el único que no guarda relación es el punto 3 a las 6:00 a.m.



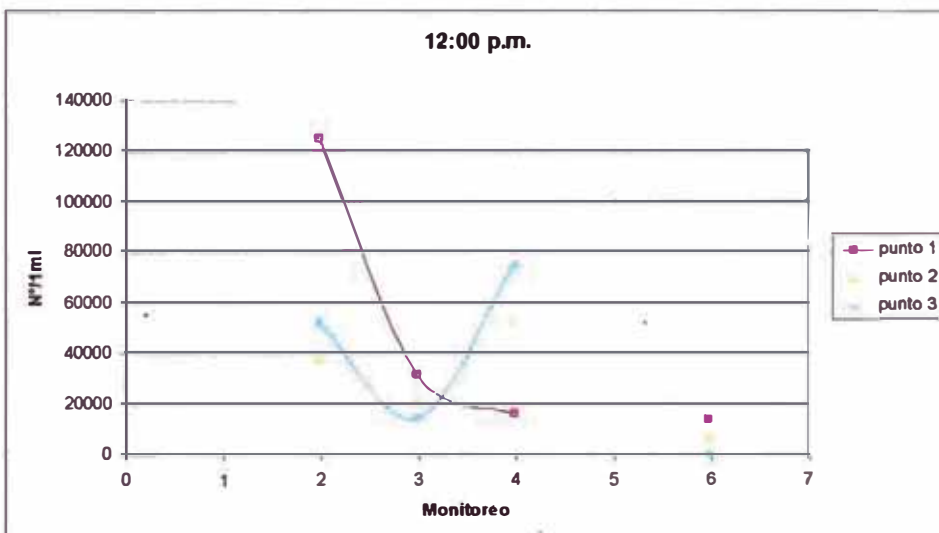
**Gráfico 78:**



**Gráfico 79:**

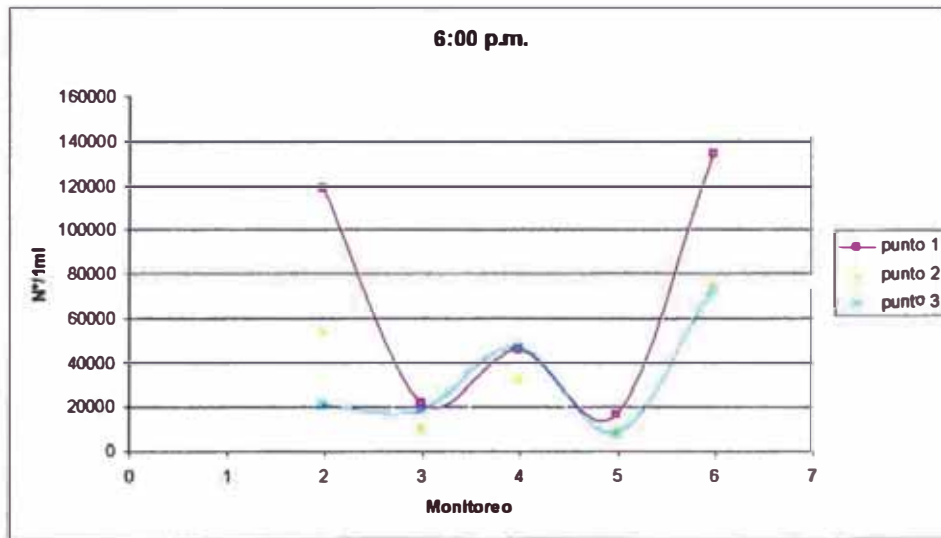


**Gráfico 80:**





**Gráfico 81:**



A continuación presentamos el comportamiento diario para 1.30mt de profundidad y en la grafica subsiguiente el promedio de valores a lo largo del día

**Tabla 54:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	30580	35365	46645	67800
punto 2	35460	35385	29855	37652
punto 3	28365	18925	35810	33812

**Gráfico 82:**

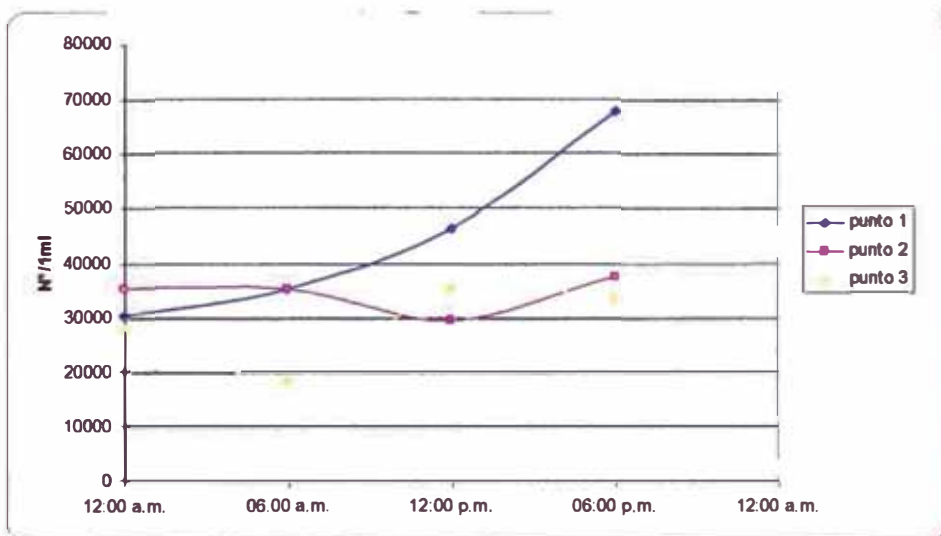
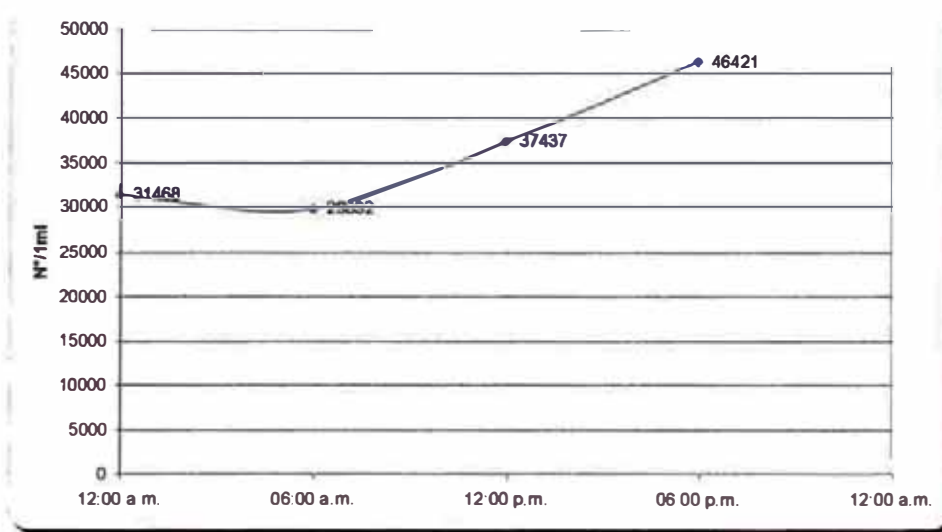




Gráfico 83:

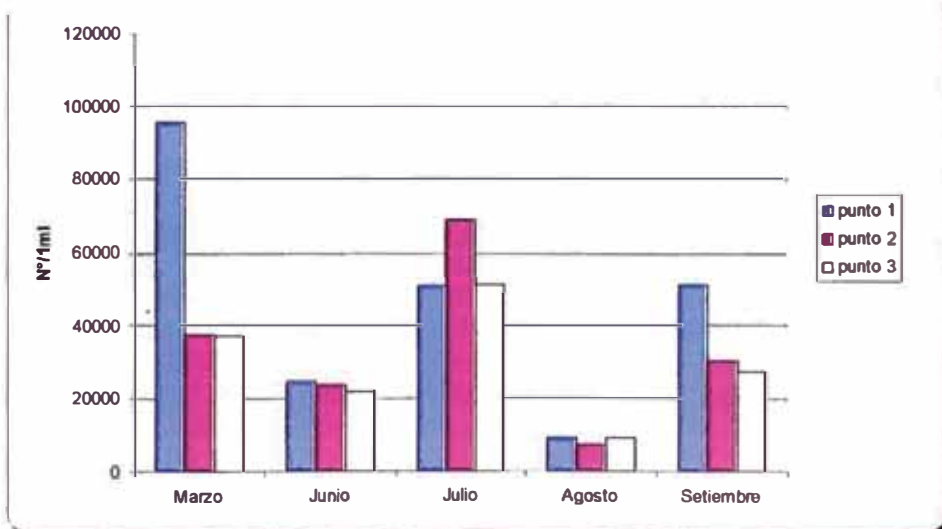


Este es la grafica que representa el comportamiento mensual del parámetro medido que tiene una relación directa con el anterior referente a el, pero no con el de la superficie; en el grafica subsiguiente se muestra el promedio de valores:

Tabla 55:

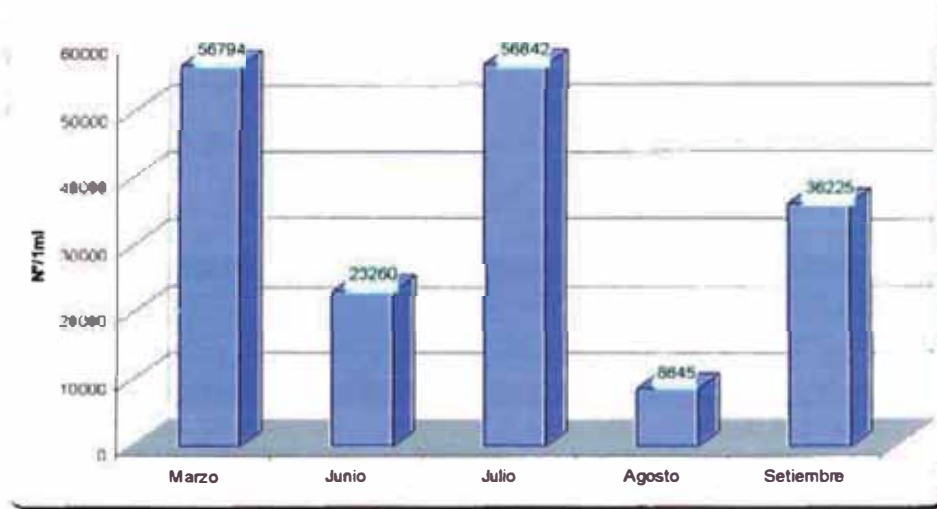
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	96100	24460	50625	9267	50875
punto 2	37333	23680	69075	7400	30325
punto 3	36950	21640	50825	9267	27475

Gráfico 84:





**Gráfico 85:**



### Laguna terciaria

Se presentara el comportamiento del crecimiento de bacterias heterotróficas cultivadas en placas petri con Agar método estándar al igual que en la laguna secundaria.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0 m.)

El comportamiento horario para laguna terciaria no guarda relación, en todas las horas de análisis tiene un modelo diferente como se vera en los gráficos siguientes.

**Gráfico 86:**

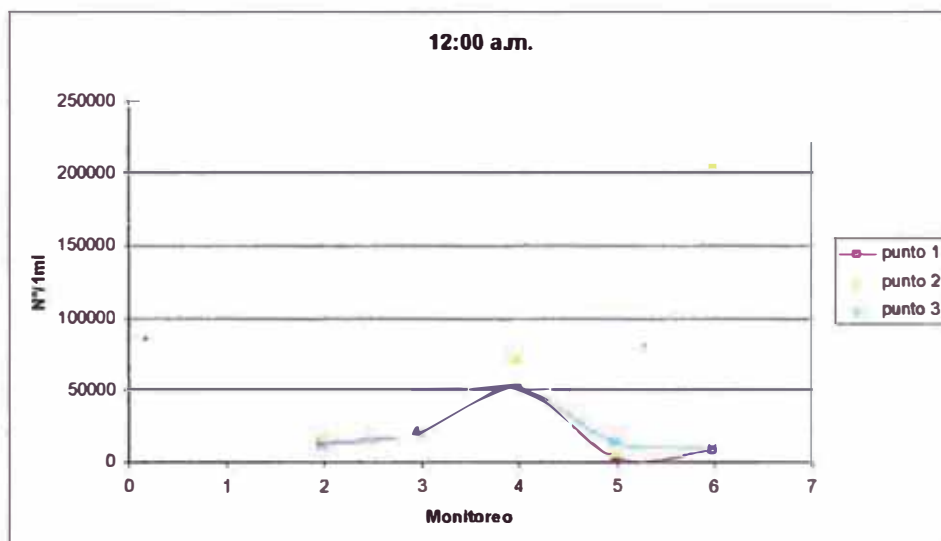






Gráfico 87:

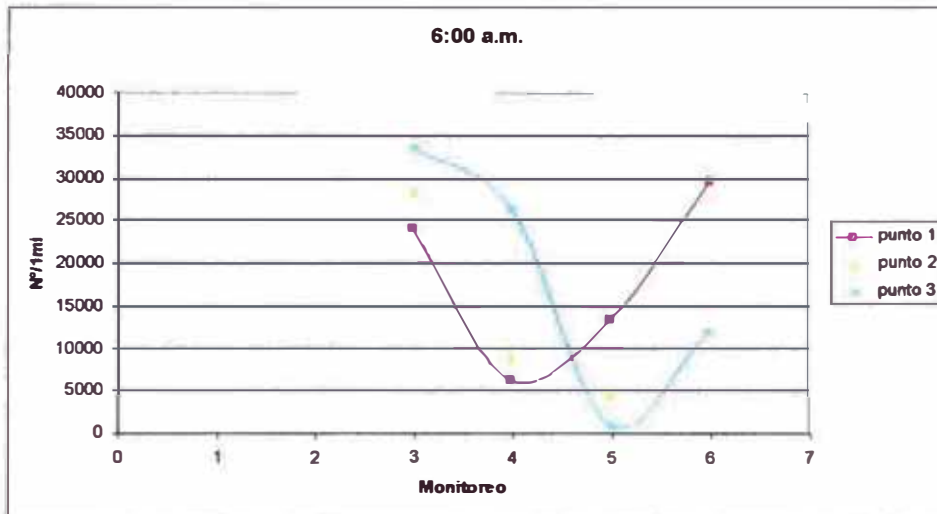


Gráfico 88:

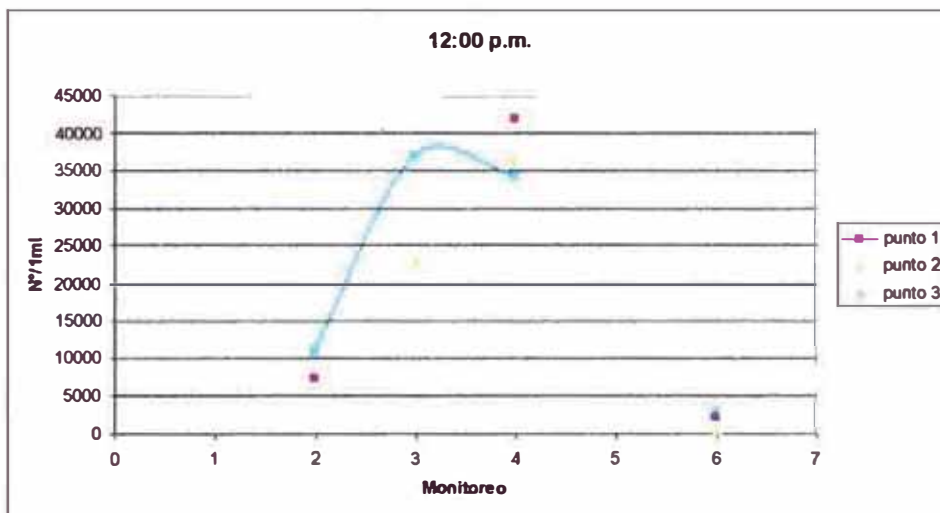
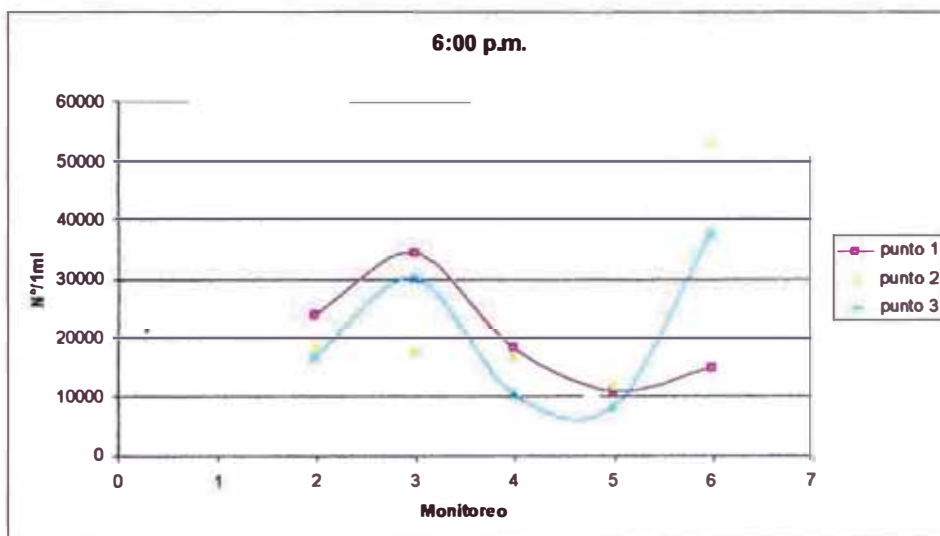


Gráfico 89:



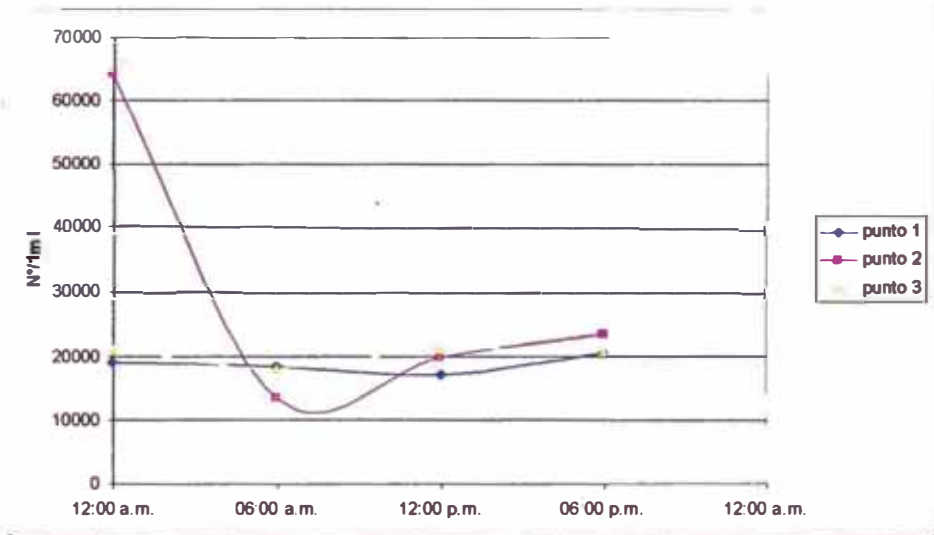


El comportamiento a lo largo del día tiene unas variantes con respecto a las graficas anteriores, posteriormente presentamos el grafico con los promedios horarios:

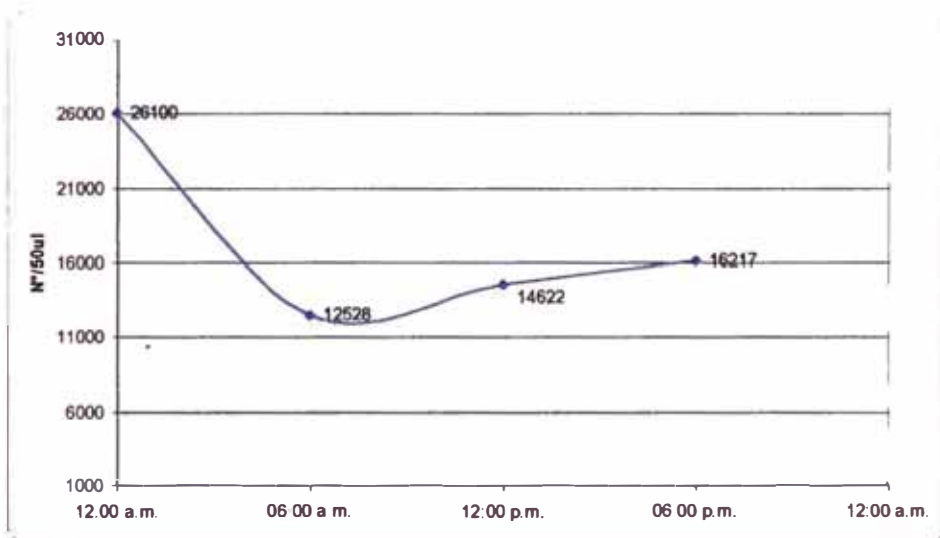
**Tabla 56:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	19180	18370	17267	20632
punto 2	64220	13515	19927	23544
punto 3	21000	18225	21295	20692

**Gráfico 90:**



**Gráfico 91:**



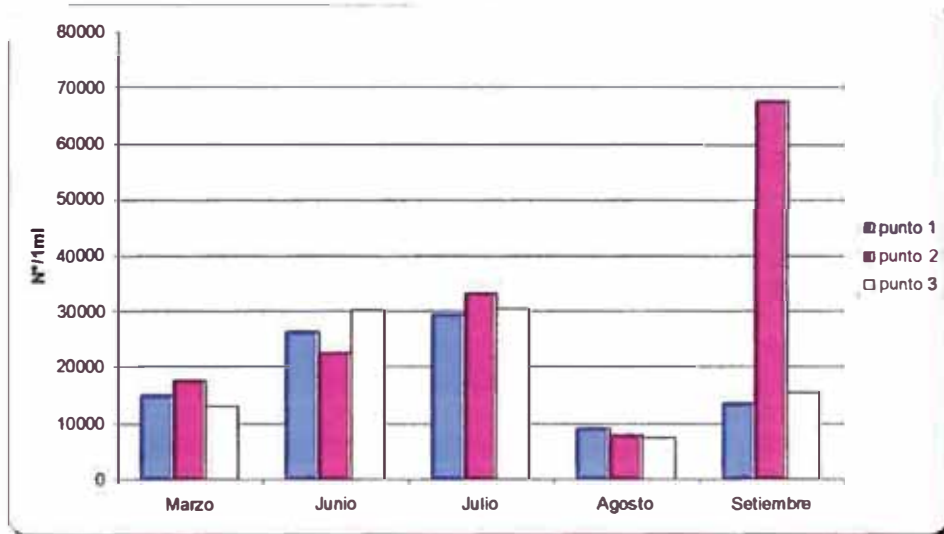


Se muestran los resultados del comportamiento mensual de este parámetro según los puntos, posteriormente también el promedio de valores:

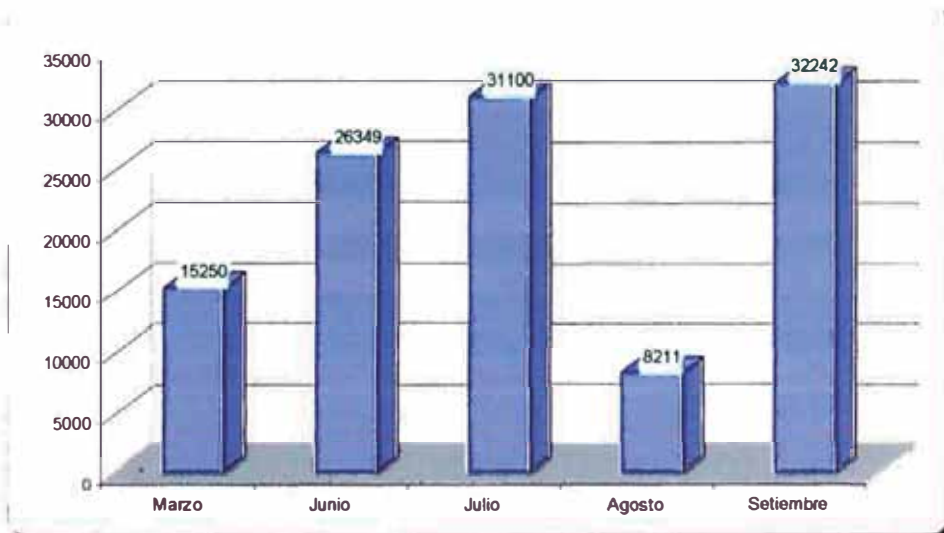
**Tabla 57:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	15100	26347	29475	9167	13650
punto 2	17550	22540	33375	7867	67575
punto 3	13100	30160	30450	7600	15500

**Gráfico 92:**



**Gráfico 93:**

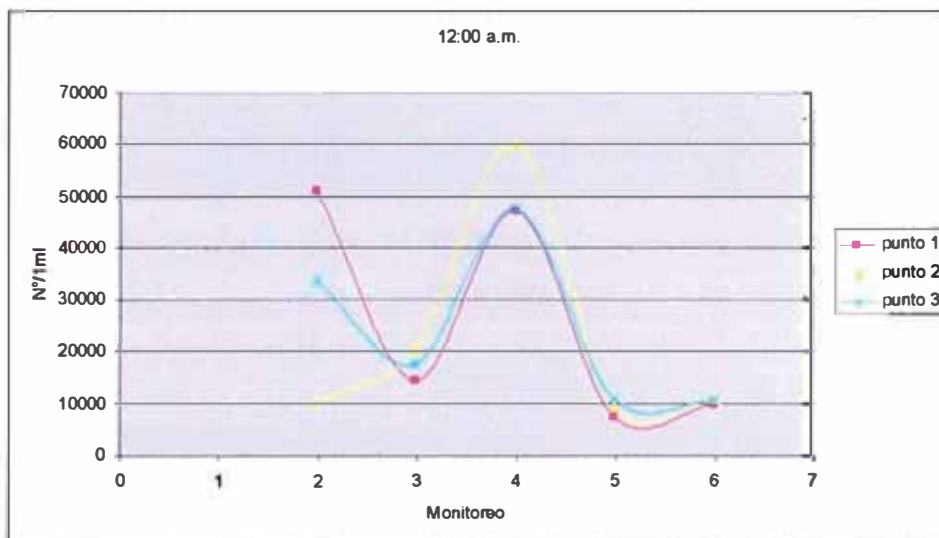




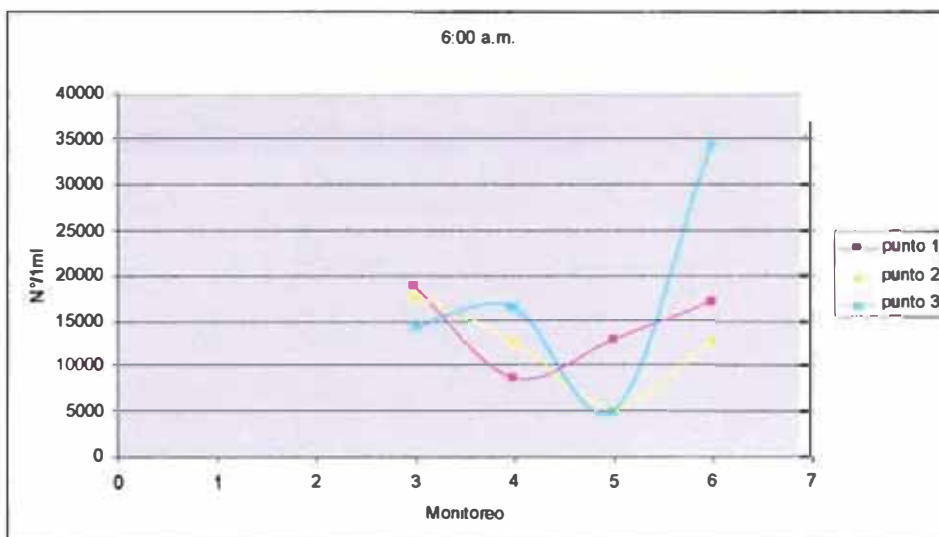
### Muestra tomada en la superficie (0.65 mt)

El comportamiento horario guarda una cierta relación grafica como en los otros parámetros, a continuación mostramos los gráficos:

**Gráfico 94:**

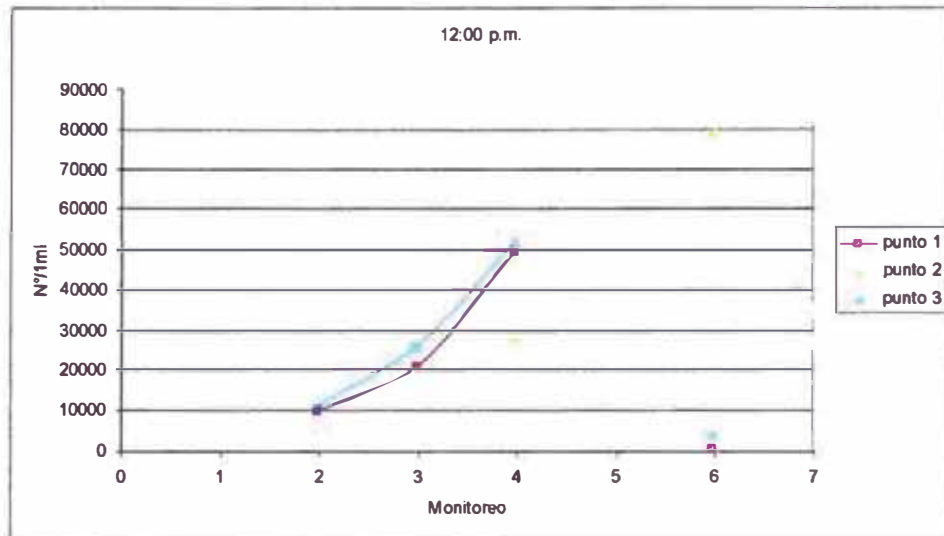


**Gráfico 95:**

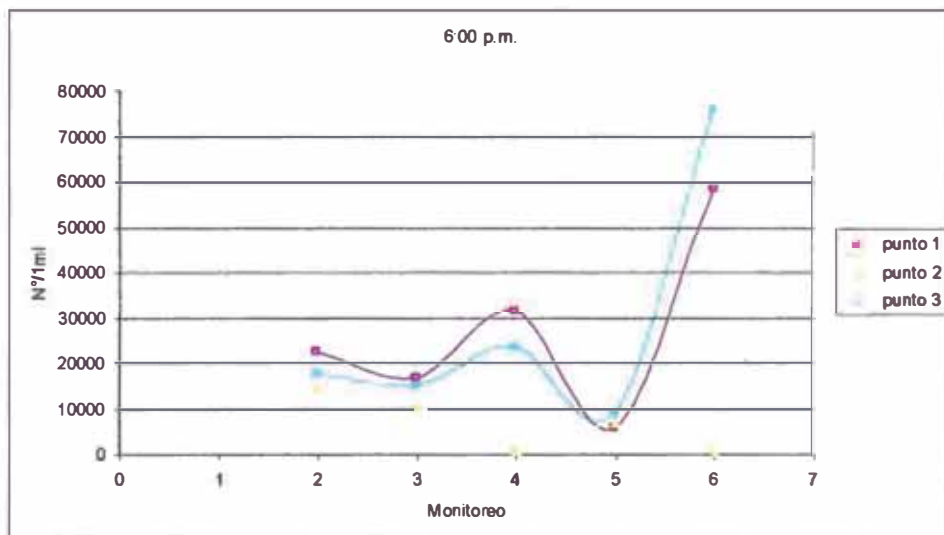




**Gráfico 96:**



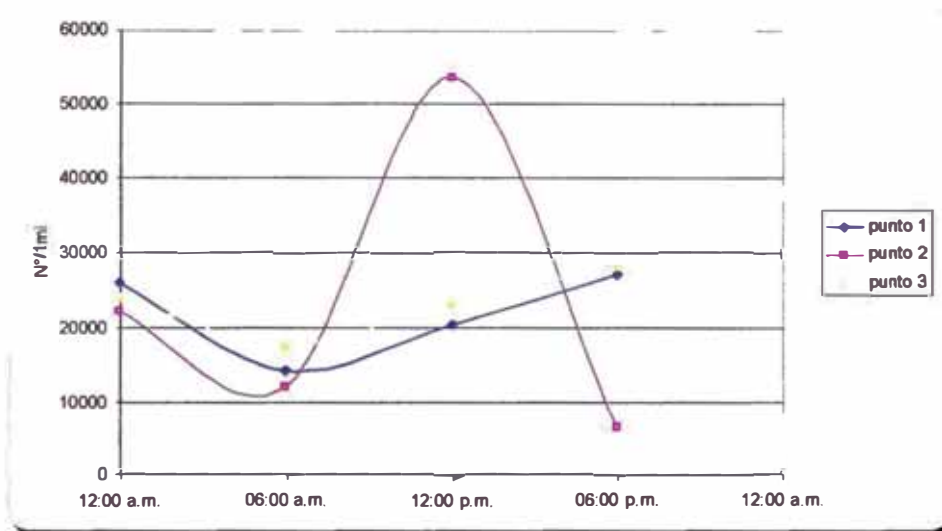
**Gráfico 97:**



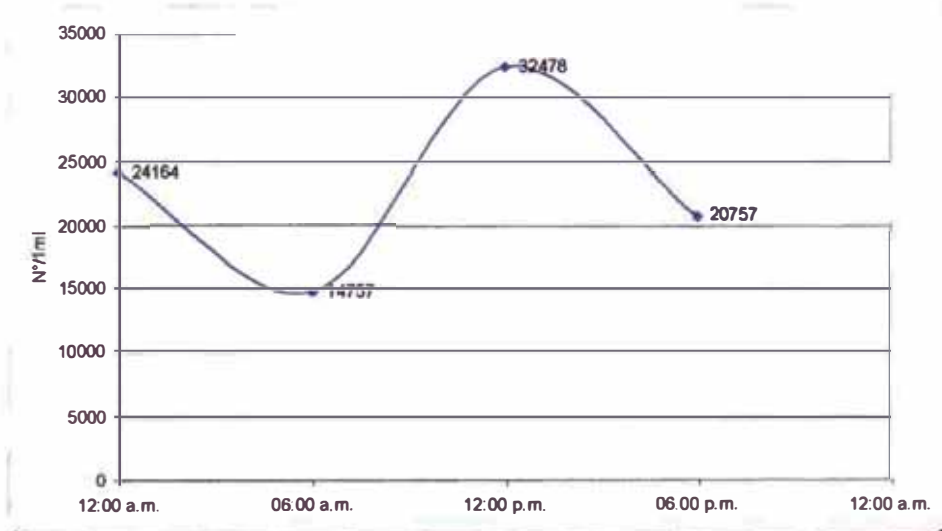


Según el comportamiento diario se aprecia que el punto 1 y 3 si tienen una relación pero no el punto 2, posteriormente se muestra el grafico con los valores promedios:

**Gráfico 98:**



**Gráfico 99:**



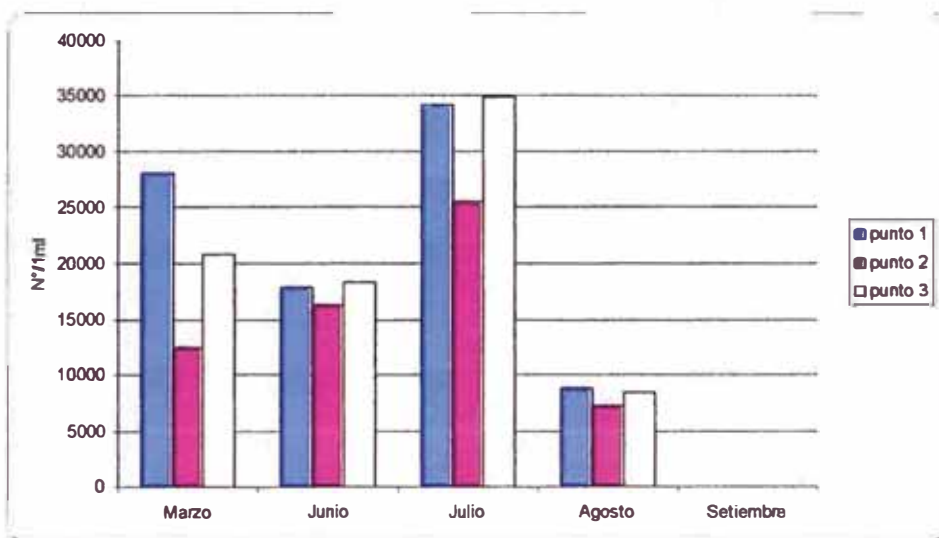


El comportamiento mensual es variable como se muestra a continuación:

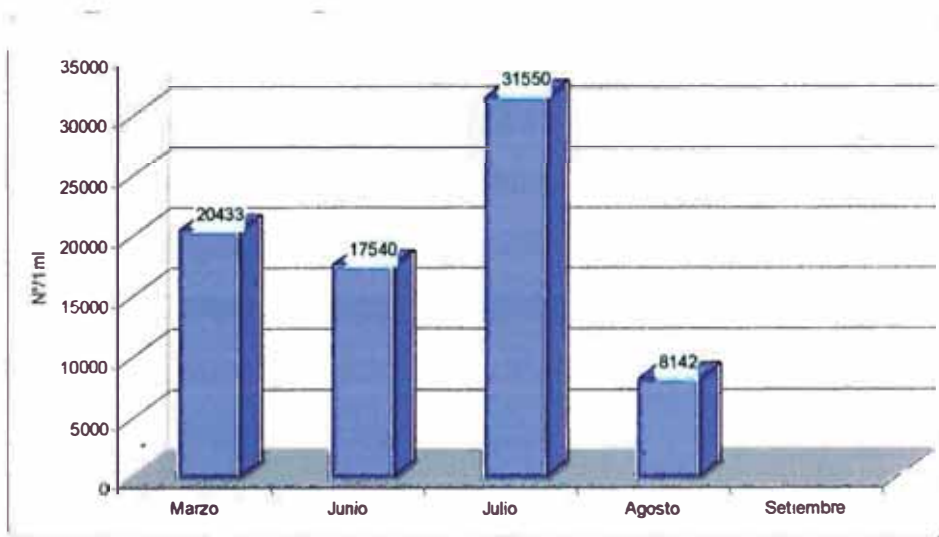
**Tabla 58:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	28000	17920	34250	8793	
punto 2	12500	16320	25475	7200	
punto 3	20800	18380	34925	8433	

**Gráfico 100:**



**Gráfico 101:**

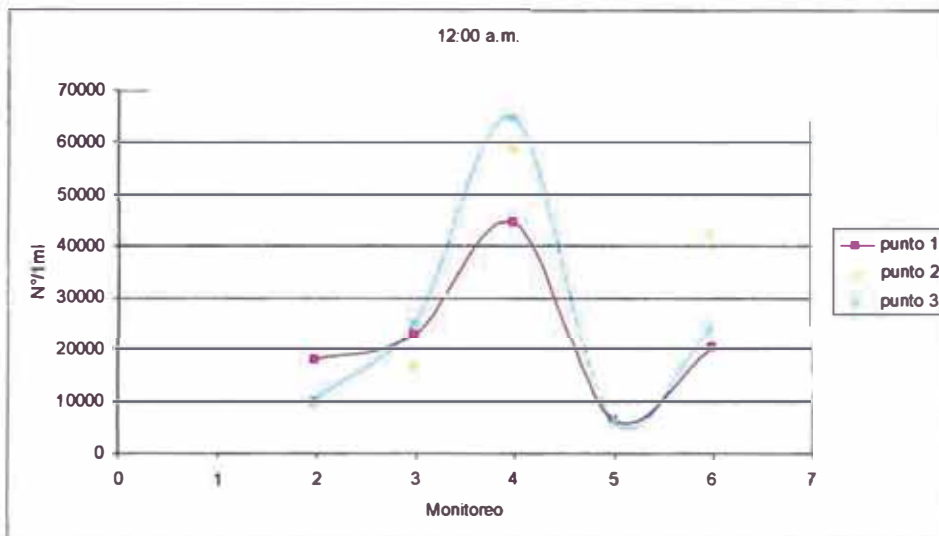




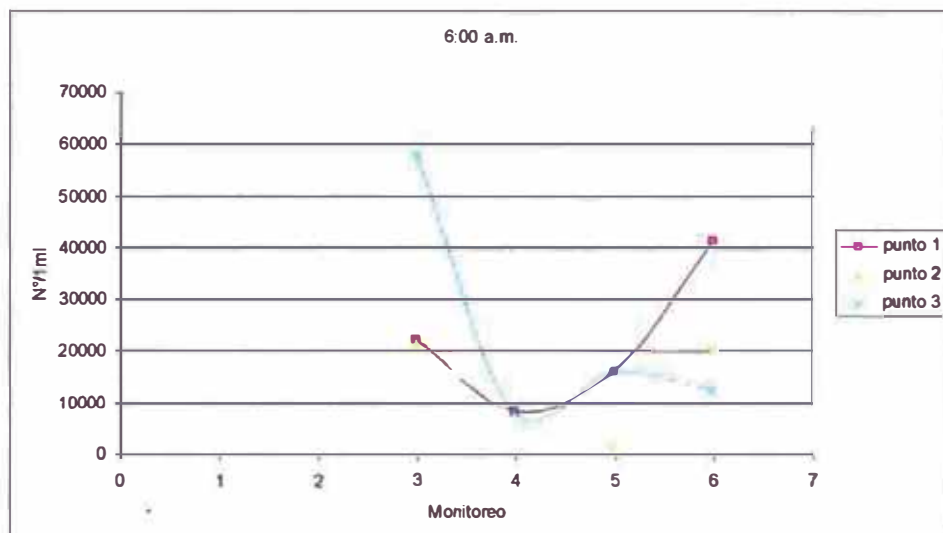
### Muestra tomada en la superficie (1.30 mt)

El comportamiento horario nos indica que para las 12:00 a.m. y 6:00 p.m. los puntos tienen un comportamiento similar pero cada hora es independiente en modelo como se muestra a continuación:

**Gráfico 102:**



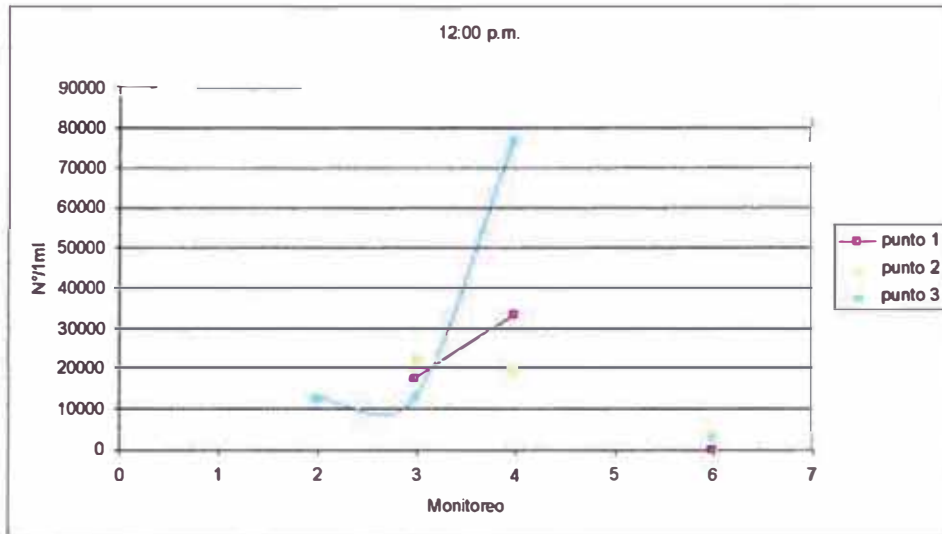
**Gráfico 103:**



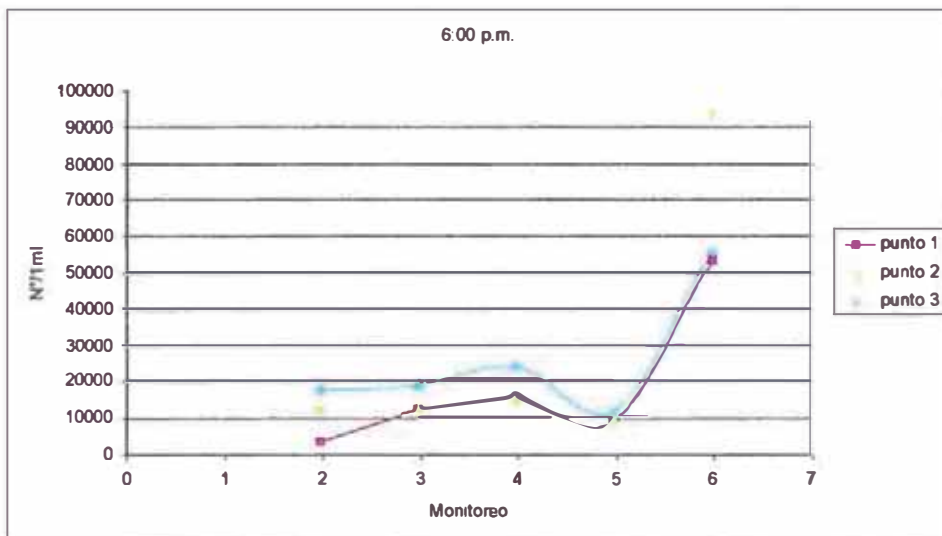




**Gráfico 104:**



**Gráfico 105:**



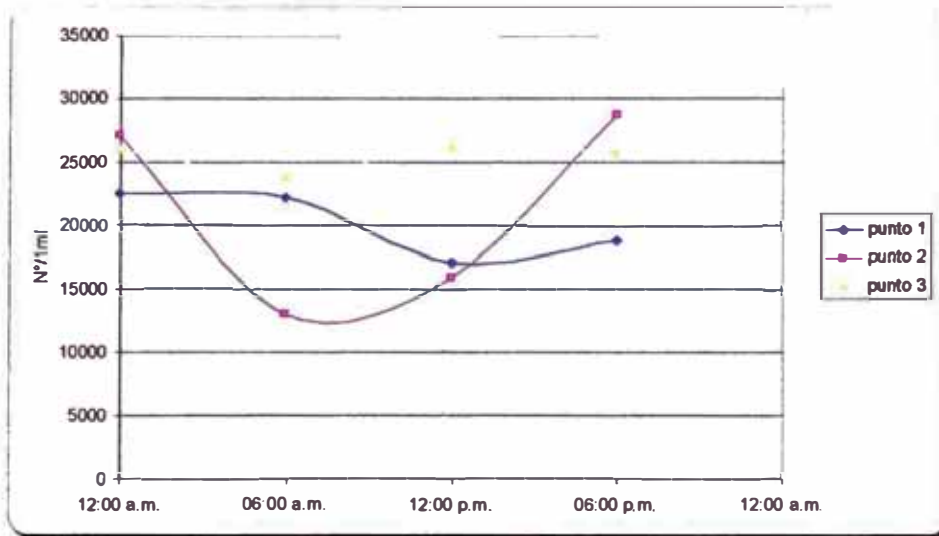
El comportamiento a lo largo del día como en los casos anteriores no tiene una misma tendencia pero en promedio como se muestra en el gráfico siguiente tiene un modelo oscilatorio.

**Tabla 59:**

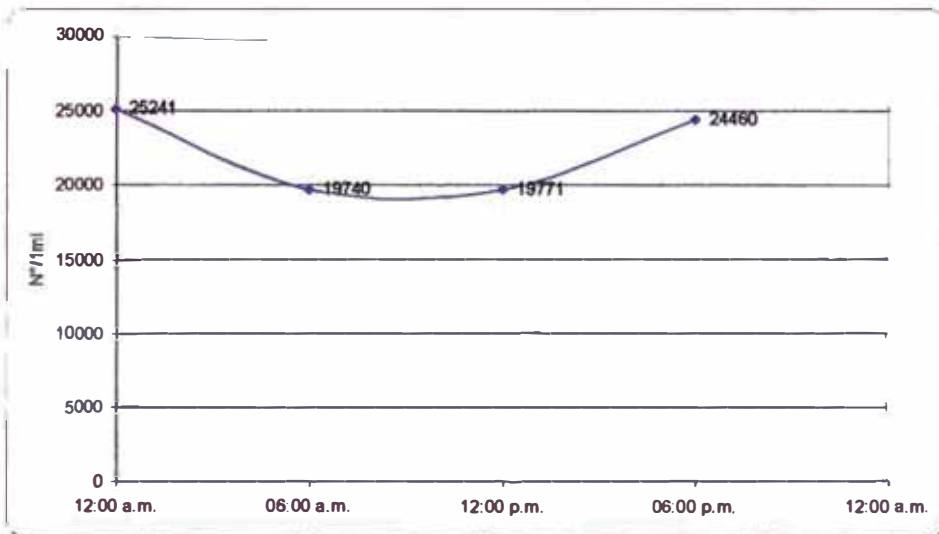
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	22488	22220	17093	18820
punto 2	27172	13140	15920	28740
punto 3	26064	23860	26300	25820



**Gráfico 106:**



**Gráfico 107:**





Con respecto al comportamiento mensual se puede apreciar en el grafico una tendencia a subir hasta el mes de julio para después descender, esto es más apreciable en el grafico con los promedios.

Tabla 60:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	10850	18900	25675	10533	
punto 2	11100	18620	25600	6000	
punto 3	13567	28865	43425	11533	

Gráfico 108:

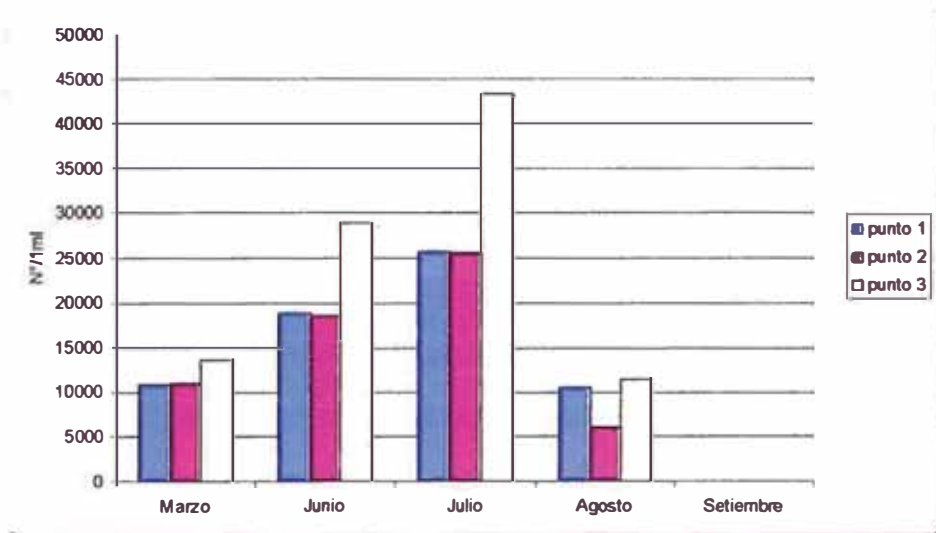
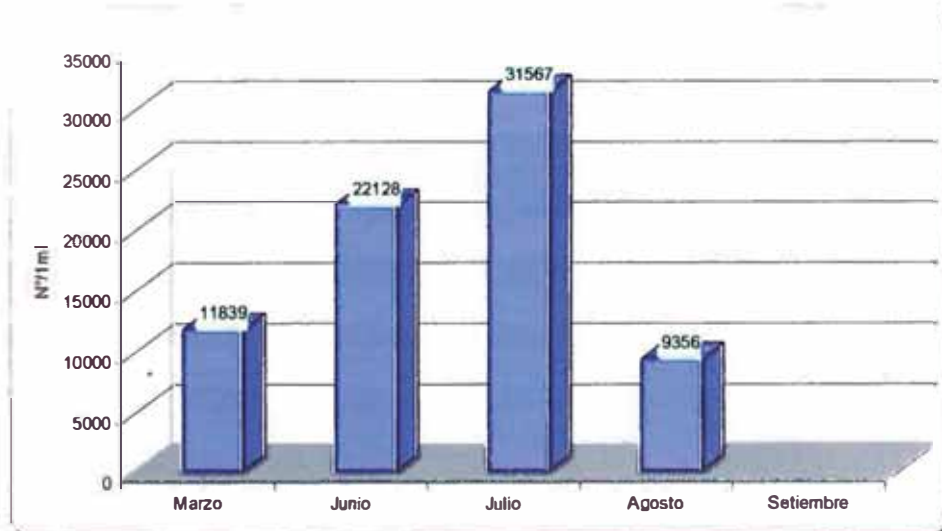


Gráfico 109:





### 3.5.7.- COMPORTAMIENTO DE LOS COLIFORMES FECALES (Nº/1ml) POR HORAS, DIA, MES Y PROFUNDIDADES (0.0mt, 0.65mt y 1.30mt)

#### Laguna secundaria

Se presentara el comportamiento del crecimiento de los coliformes cultivadas en placas petri.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0mt)

El comportamiento horario en su mayoría tiene un comportamiento variable, solo los puntos 2 y 3 de las 6:00 p.m. tienen la misma tendencia

Gráfico 110:

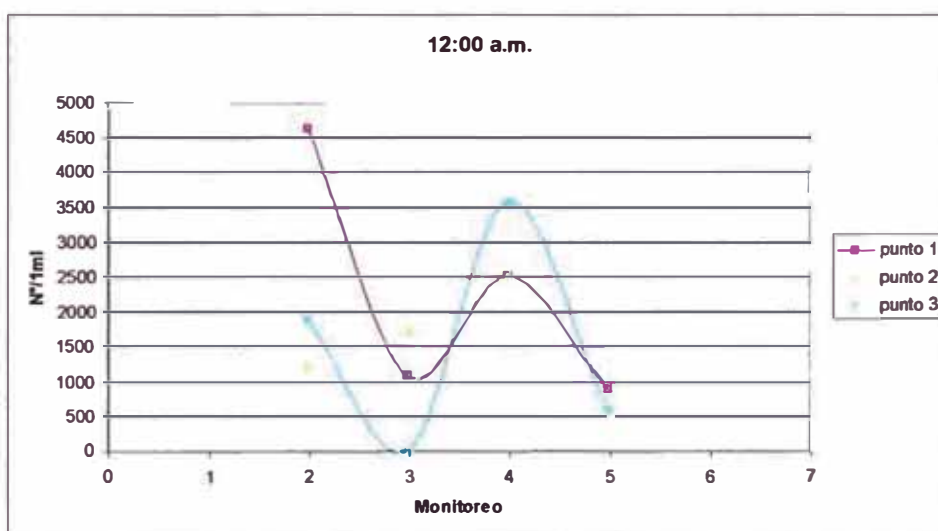


Gráfico 111:

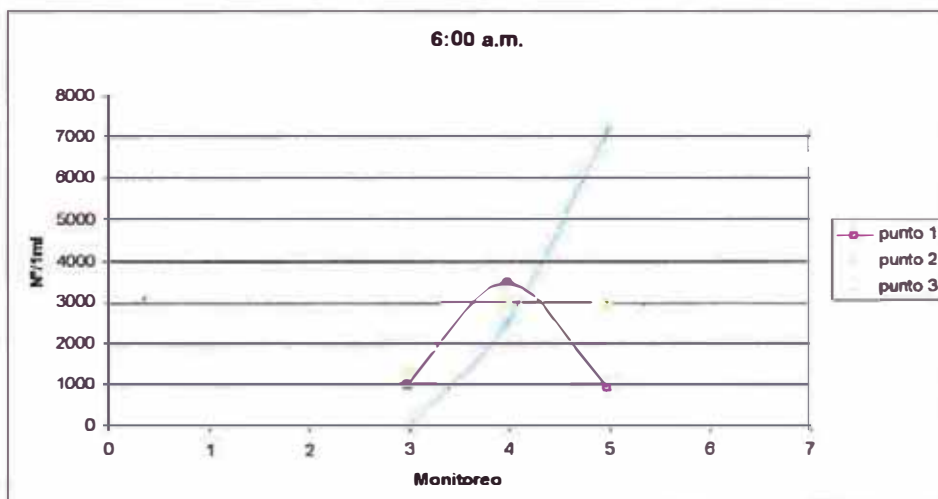




Gráfico 112:

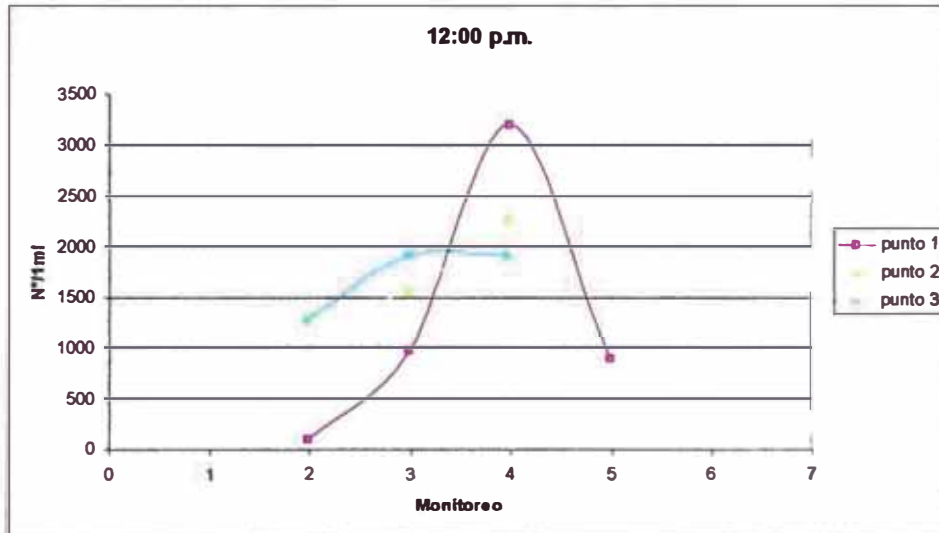
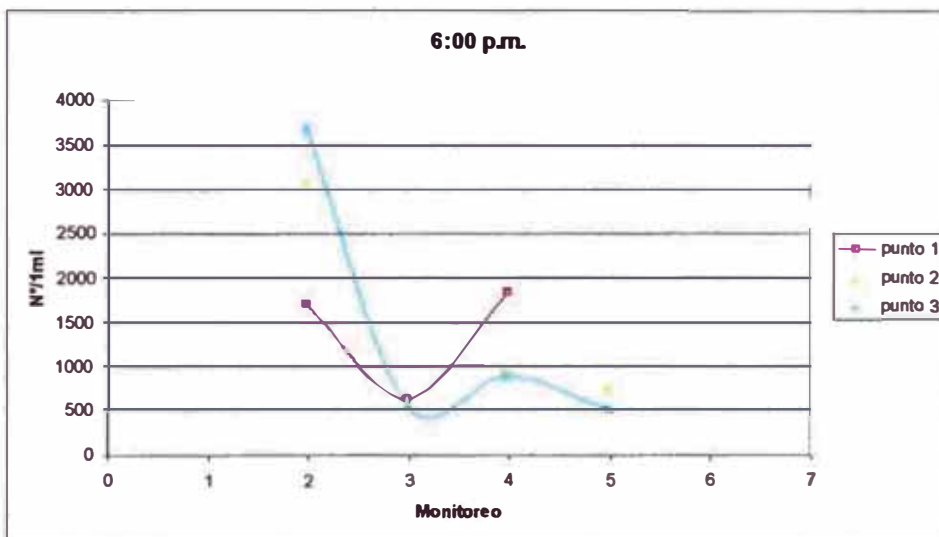


Gráfico 113:



En el comportamiento a lo largo del día se muestra un ligero parecido con los puntos 2 y 3 como se muestra a continuación como también la grafica que muestra los valores promedios.

Tabla 61:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	2285	1802	1298	1397
punto 2	1507	2431	1730	1351
punto 3	1521	3227	1710	1420



Gráfico 114:

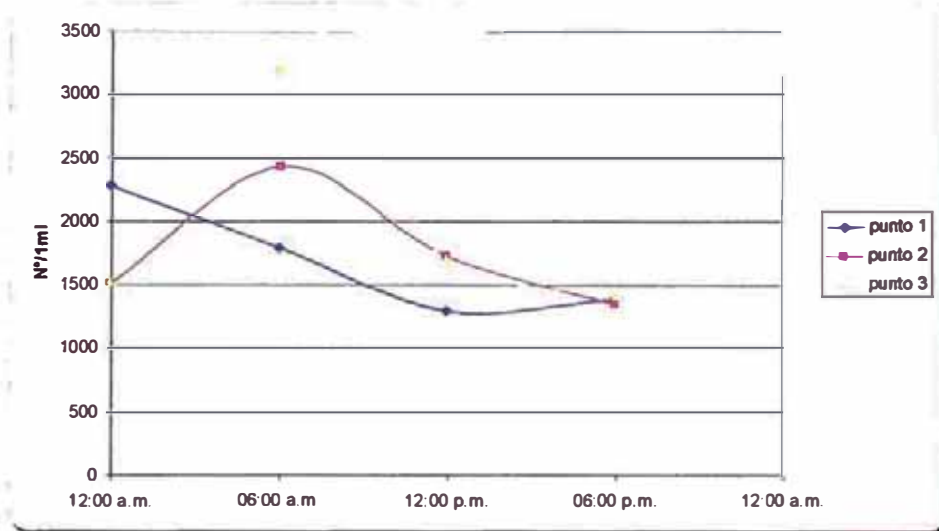
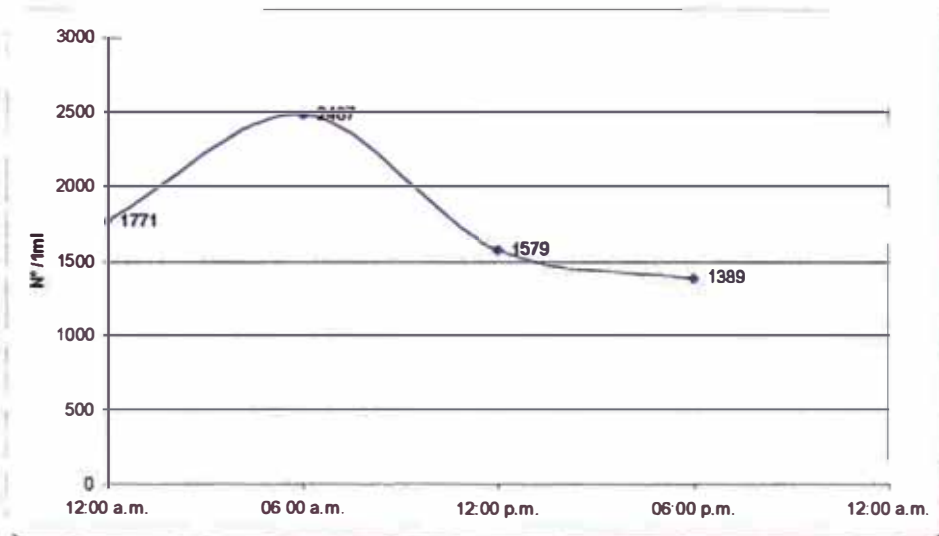


Gráfico 115:



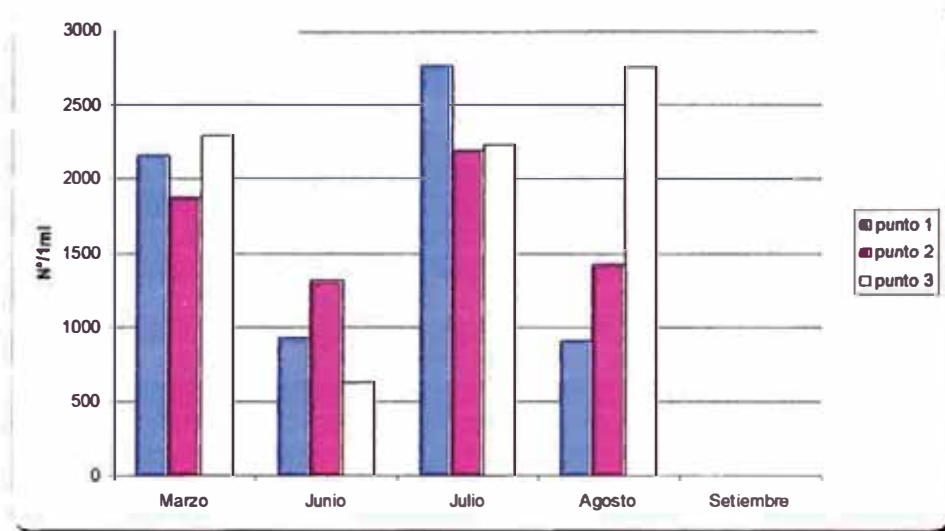
El comportamiento según los meses tiene un modelo variable pero según los puntos para cada mes tienen un promedio parecido, posteriormente se mostrara el gráfico con los promedios:

Tabla 62:

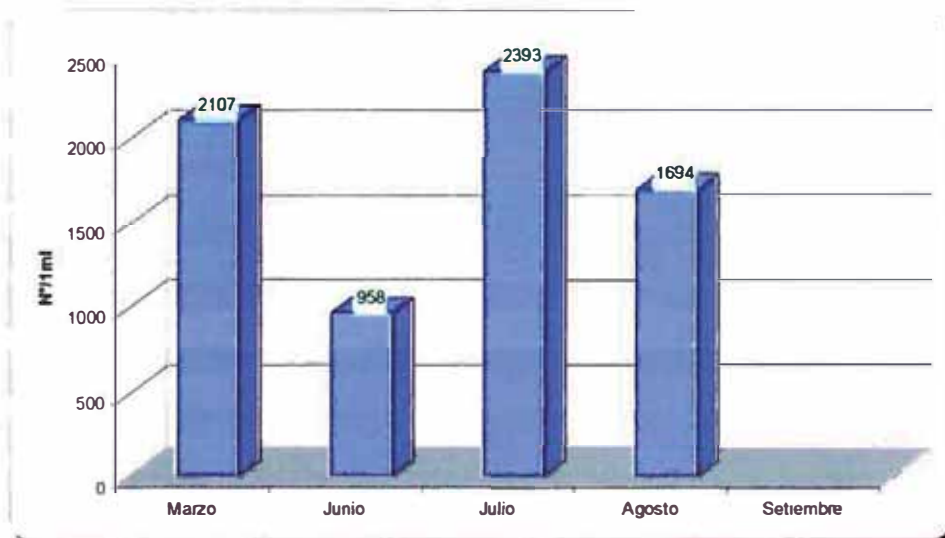
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	2153	929	2760	903	
punto 2	1873	1317	2190	1423	
punto 3	2293	629	2228	2757	



**Gráfico 116:**



**Gráfico 117:**

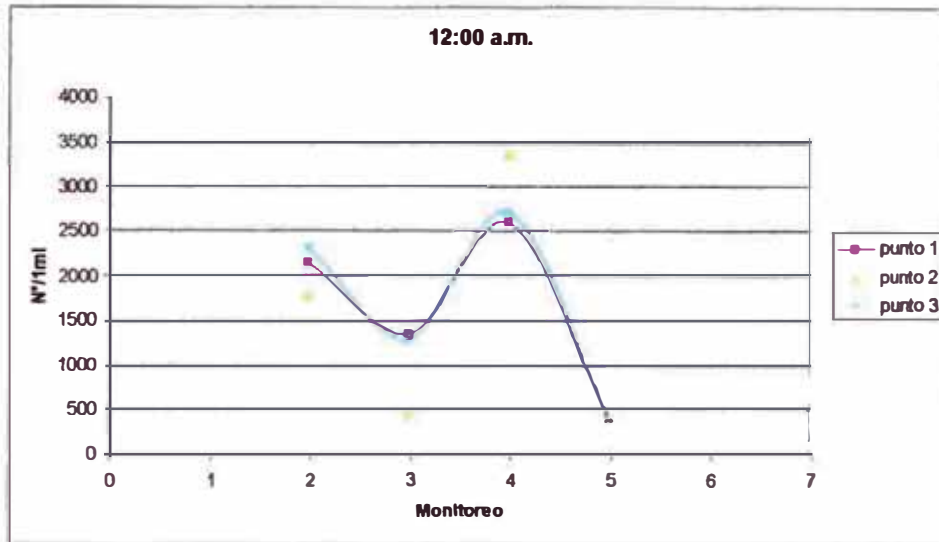


### Muestra tomada a 0.65m

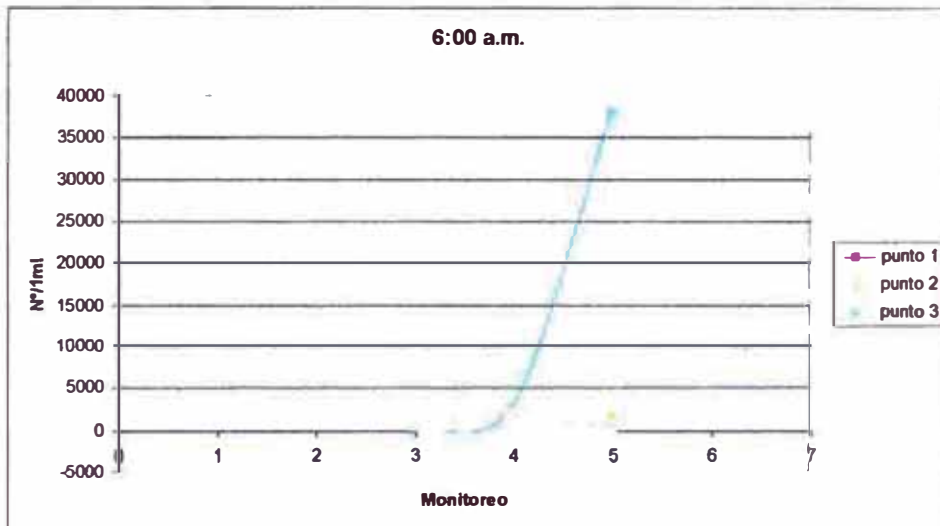
El comportamiento horario solo para las 12:00a.m. tiene un parecido en cuanto a modelo pero los otras horas no, a continuación se mostrará las graficas que hablan de ello:



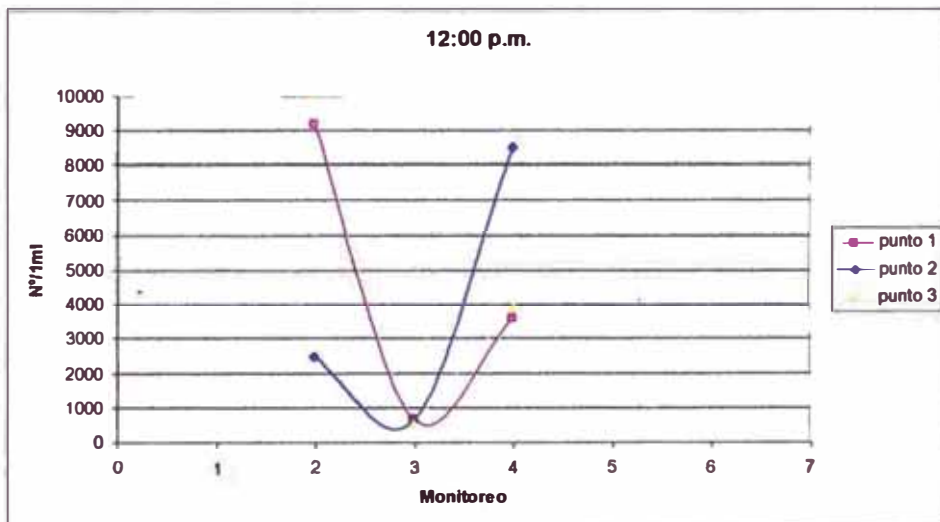
**Gráfico 118:**



**Gráfico 119:**



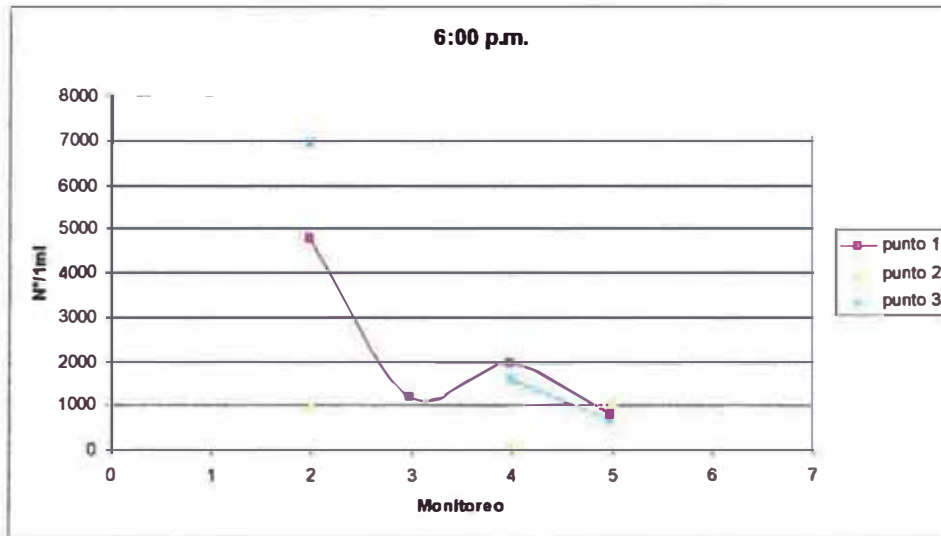
**Gráfico 120:**







**Gráfico 121:**



El comportamiento a lo largo del día muestran que el punto 1 y 2 tiene una misma tendencia, como es el caso de la muestra tomada a la superficie, en el grafico subsiguiente se muestra el promedio de valores que tiene el mismo comportamiento que el de la muestra tomada a la superficie:

**Tabla 63:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1621	876	4497	2209
punto 2	1519	1799	3887	740
punto 3	1689	13668	2240	3087

**Gráfico 122:**

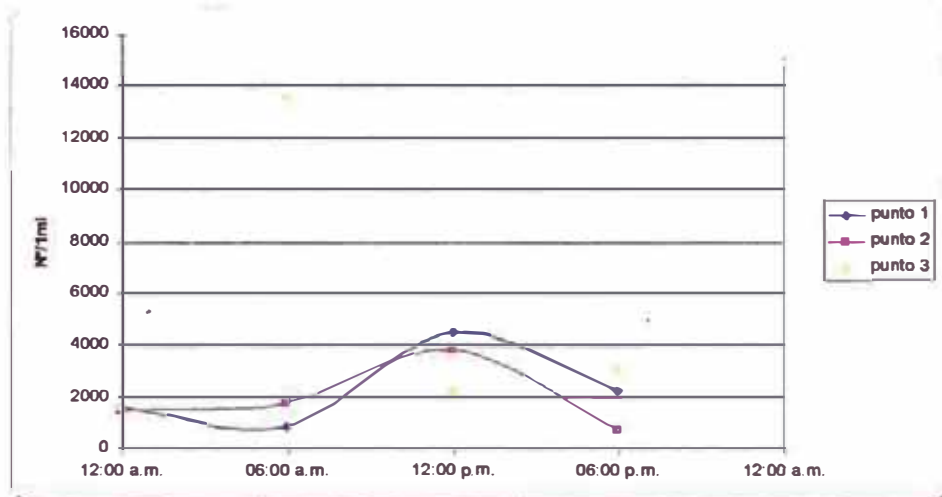
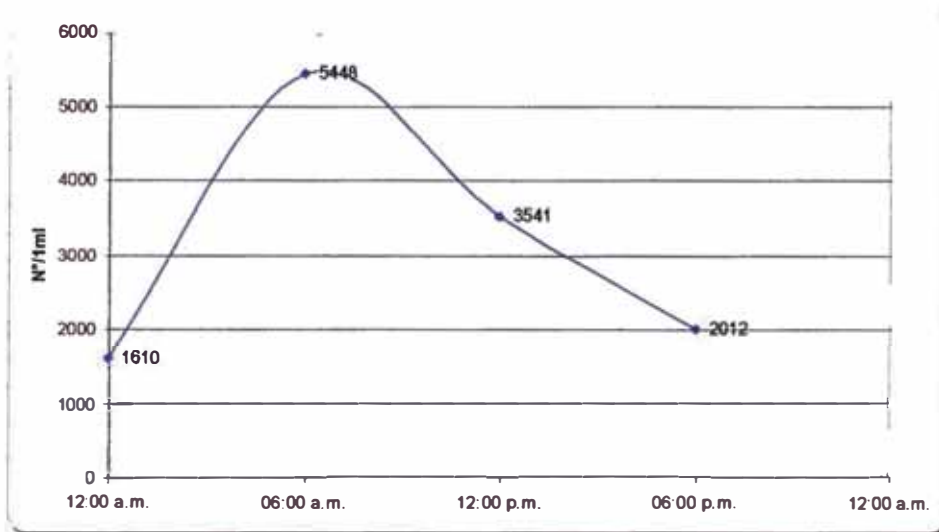




Gráfico 123:

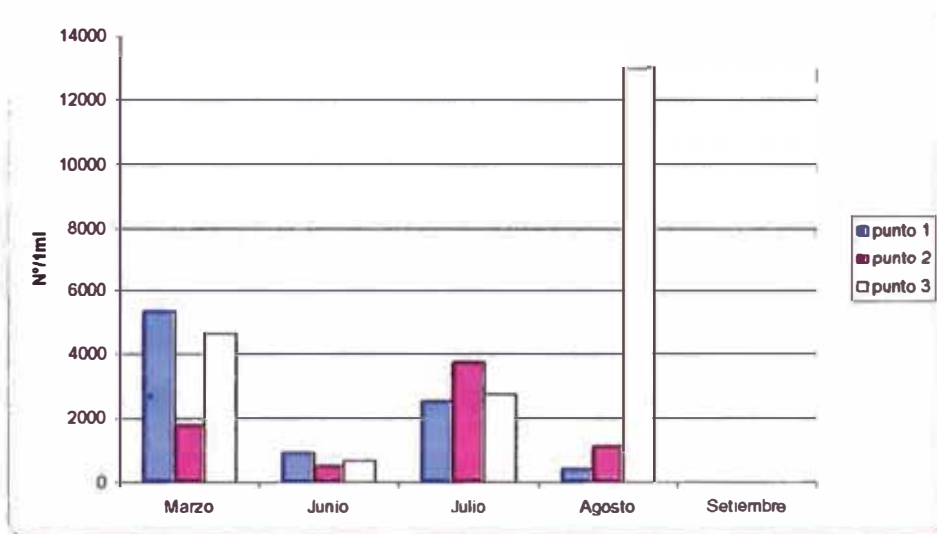


El comportamiento mensual es variable, a continuación se presentara las graficas que relacionan estos valores:

Tabla 64:

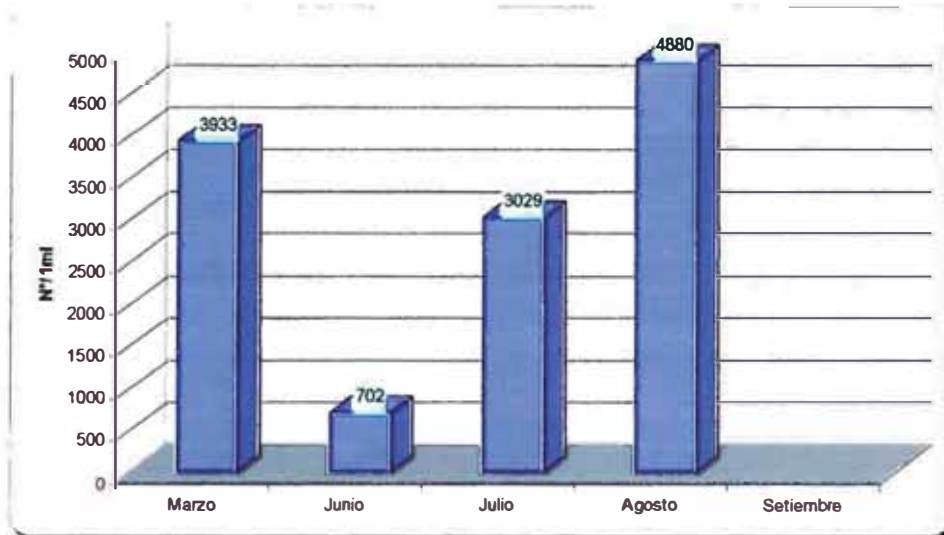
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	5383	937	2558	437	
punto 2	1777	491	3770	1157	
punto 3	4640	680	2760	13047	

Gráfico 124:





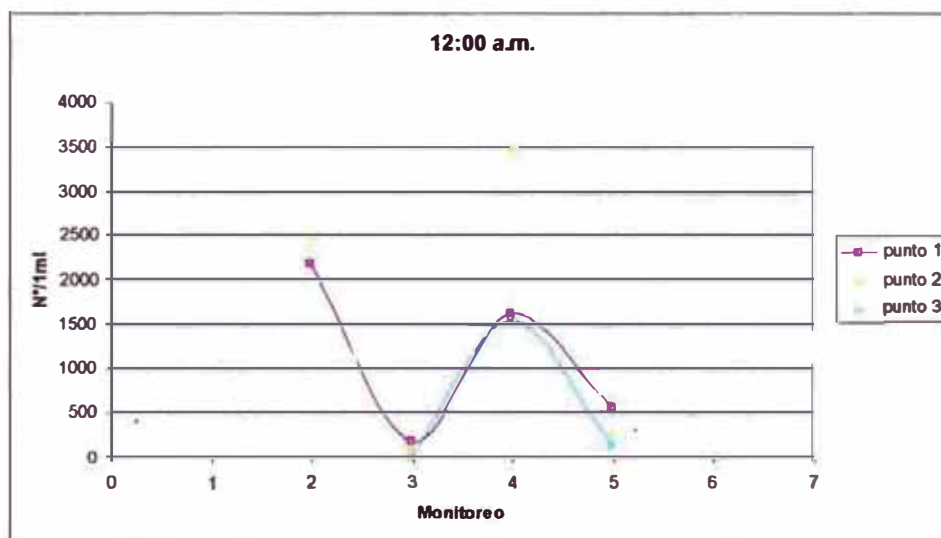
**Gráfico 125:**



### Muestra tomada a 1.30mt

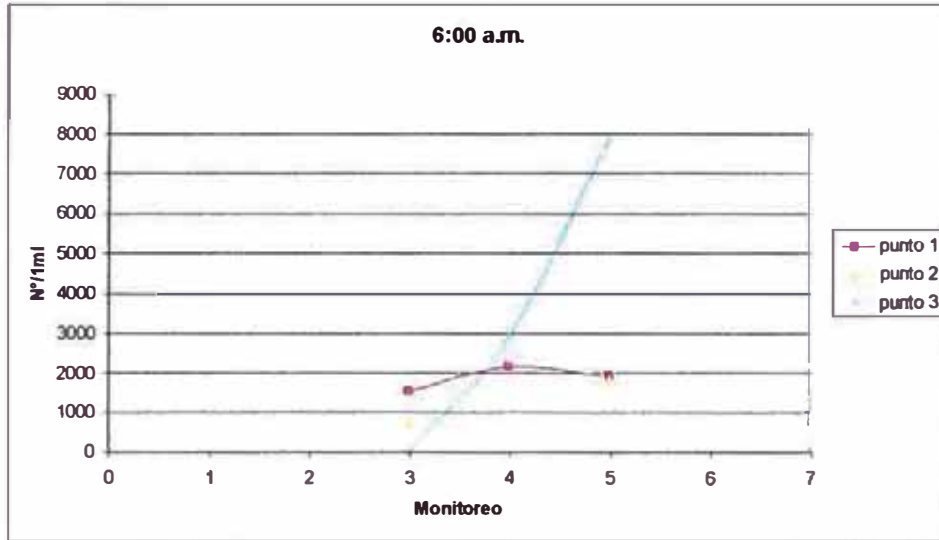
El comportamiento horario no guarda una relación común, solo el de las 12:00 a.m. como en la de 0.65 m. de profundidad como se muestra a continuación:

**Gráfico 126:**

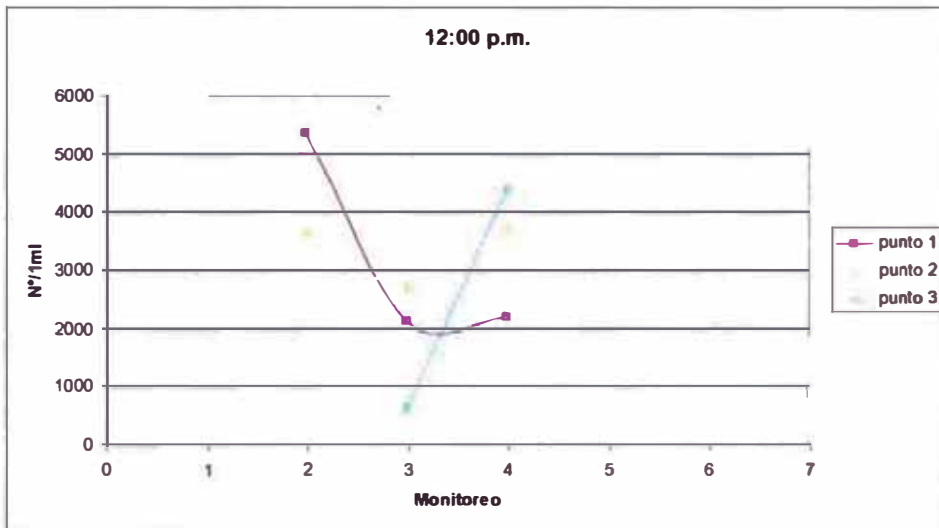




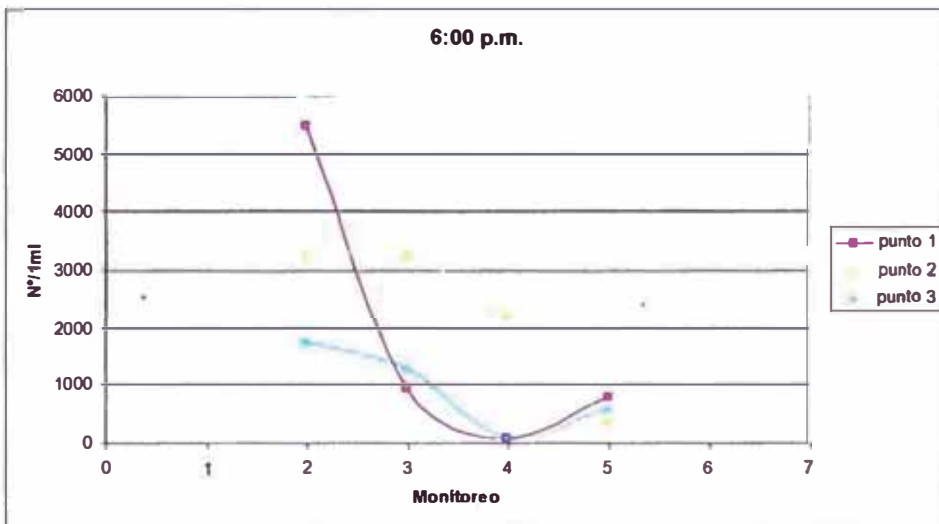
**Gráfico 127:**



**Gráfico 128:**



**Gráfico 129:**



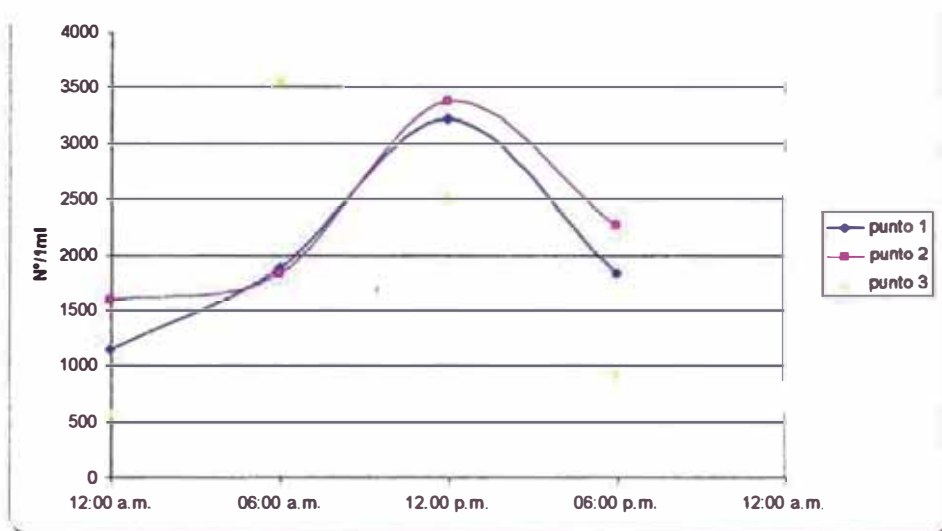


En esta grafica los puntos 2 y 3 son aquellos que tienen un modelo muy parecido, seguidamente se muestra la grafica con los promedios.

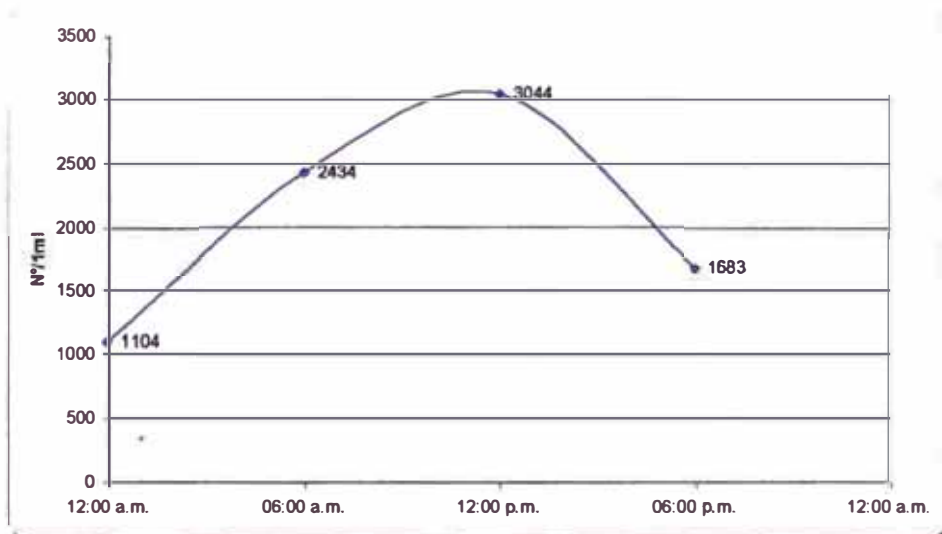
**Tabla 65:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1148	1882	3230	1840
punto 2	1598	1843	3383	2278
punto 3	567	3577	2520	933

**Gráfico 130:**



**Gráfico 131:**





Los valores mensuales también tienen comportamiento variable, cabe aclarar que no se pudo tener datos del mes de setiembre:

Tabla 66:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	4353	1207	1525	1100	
punto 2	3147	1718	3090	837	
punto 3	1750	485	2220	2877	

Gráfico 132:

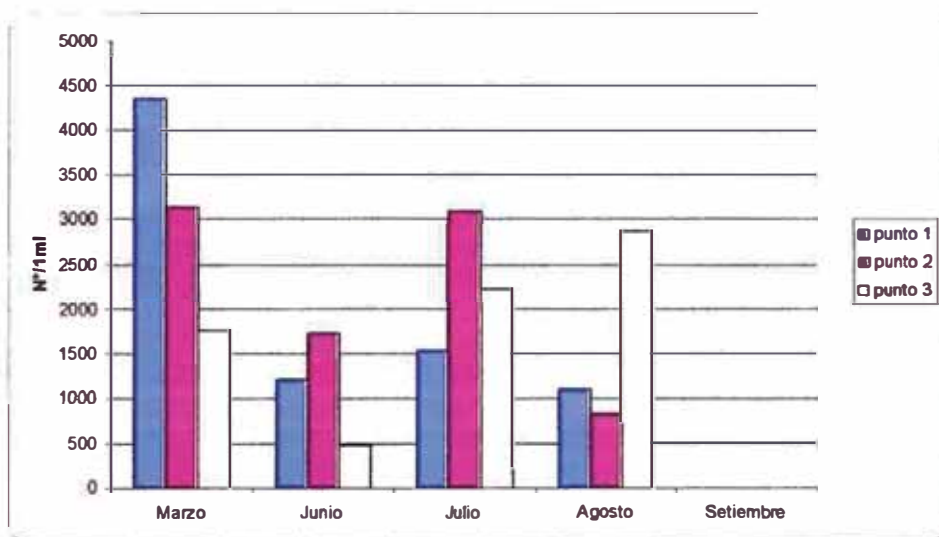
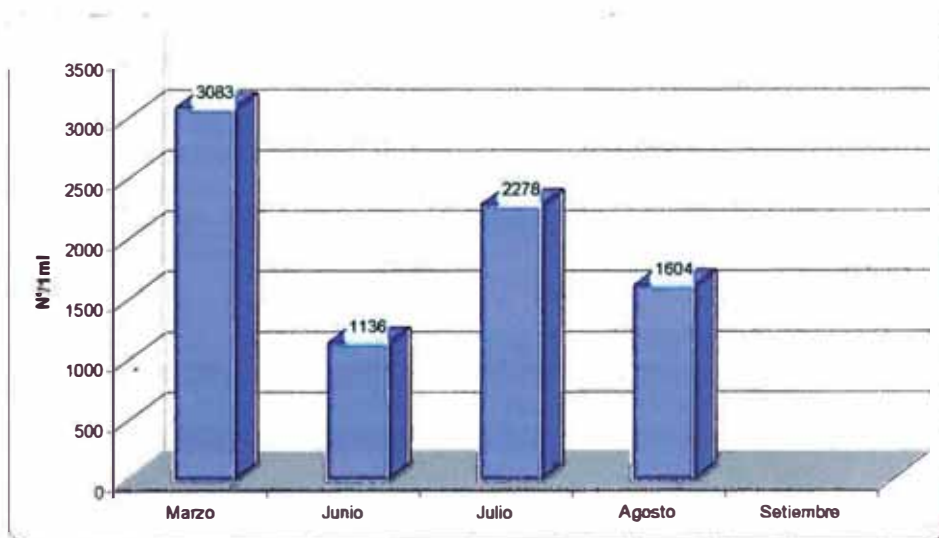


Gráfico 133:





### Laguna terciaria

Se presentara el comportamiento del crecimiento de coliformes fecales cultivadas en placas petri al igual que en la laguna secundaria.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0 m.)

El comportamiento horario para laguna terciaria no guarda un comportamiento constante, solo el de las 6:00 p.m. que tiene un modelo parecido al de la parábola.

Gráfico 134:

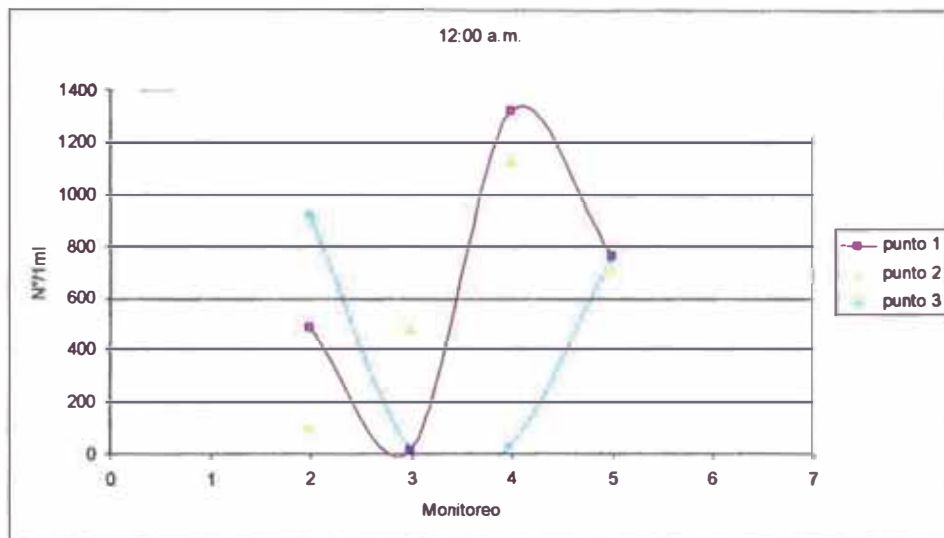
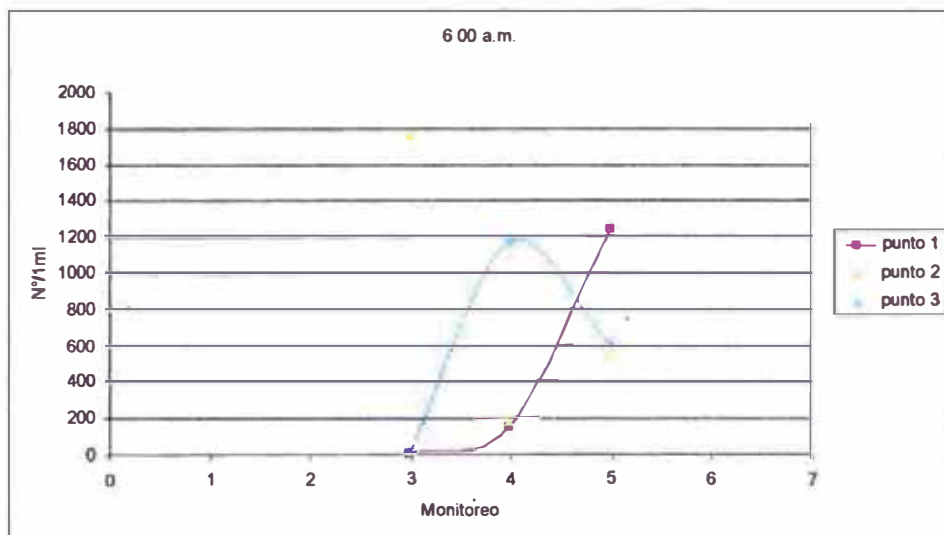
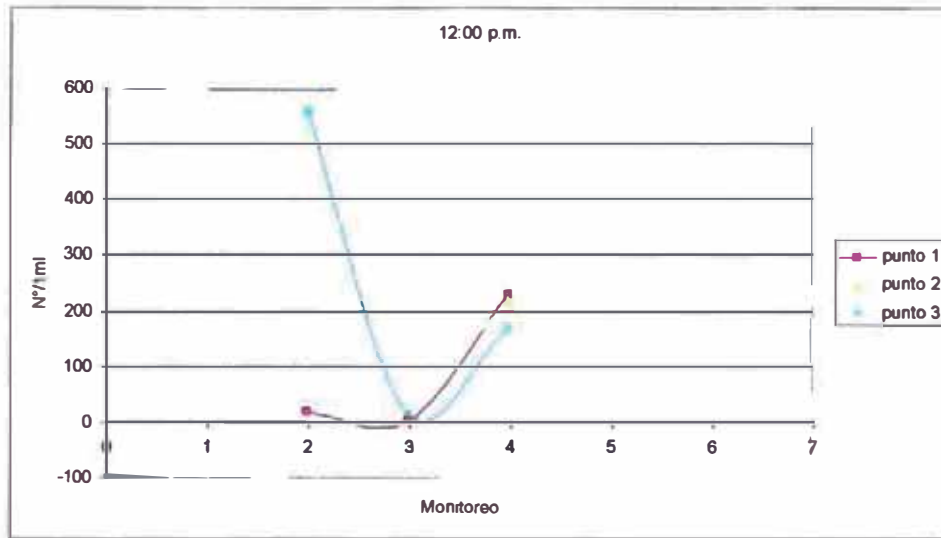


Gráfico 135:

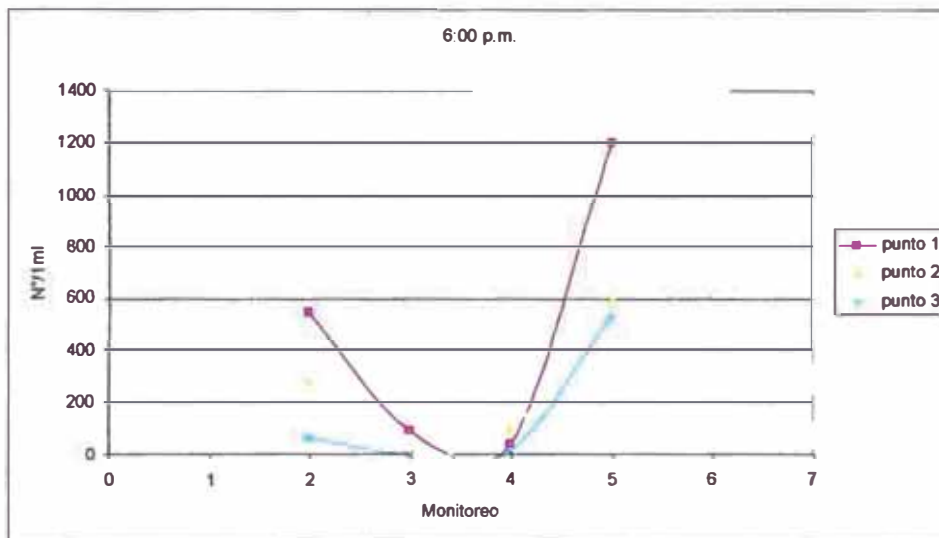




**Gráfico 136:**



**Gráfico 137:**



Según los datos que se obtuvieron para el día completo se pueden apreciar curvas que tienen una similitud, en la grafica siguiente se muestran los valores promedio

**Tabla 67:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	649	467	84	472
punto 2	605	830	120	247
punto 3	437	596	249	151





Gráfico 138:

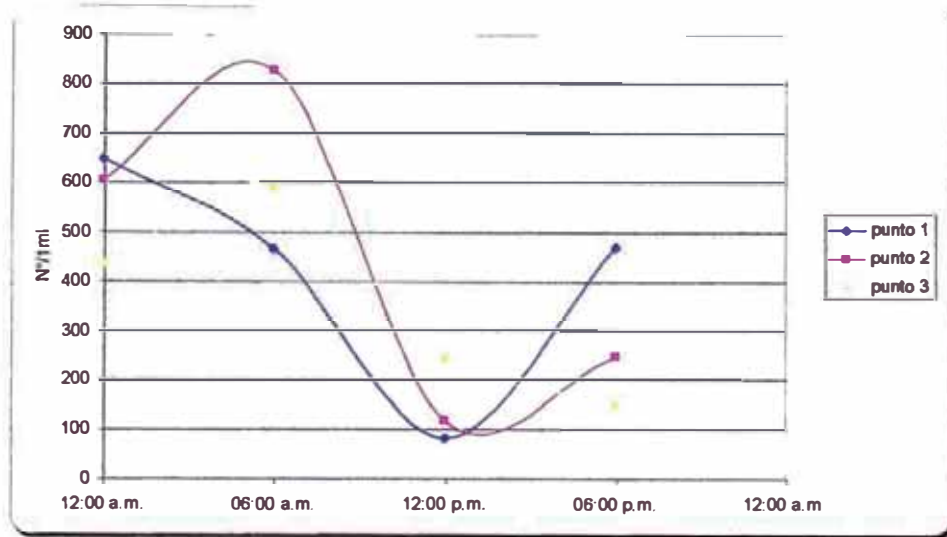
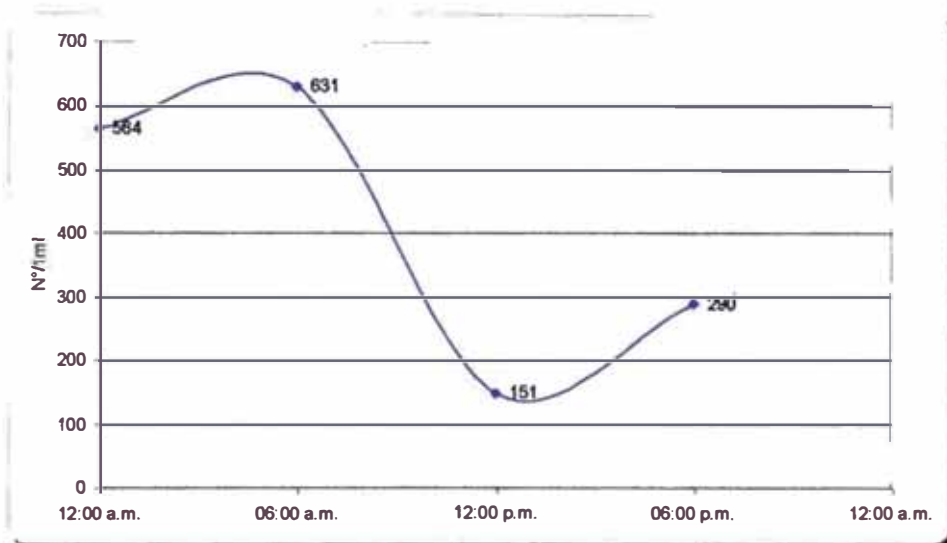


Gráfico 139:



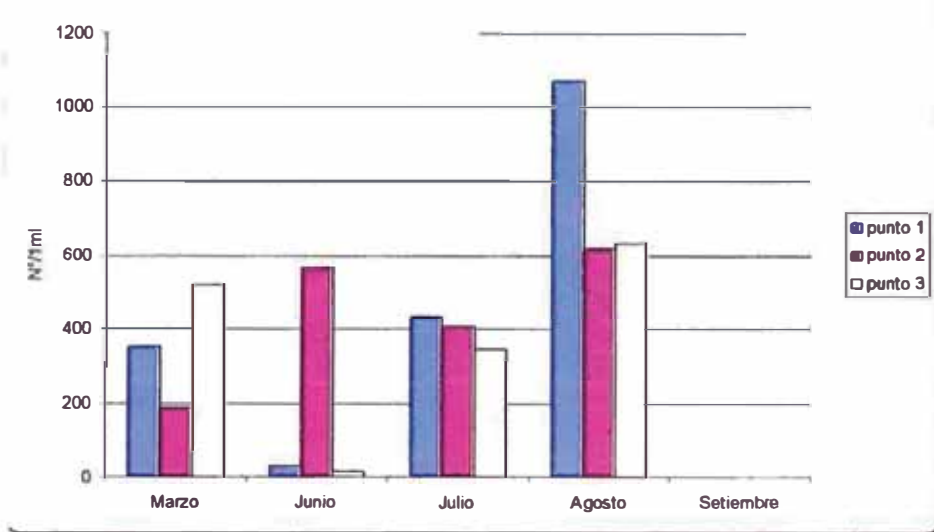
El comportamiento por meses también es variable por puntos, por ello la grafica que me da los promedios no es tan significativo.

Tabla 68:

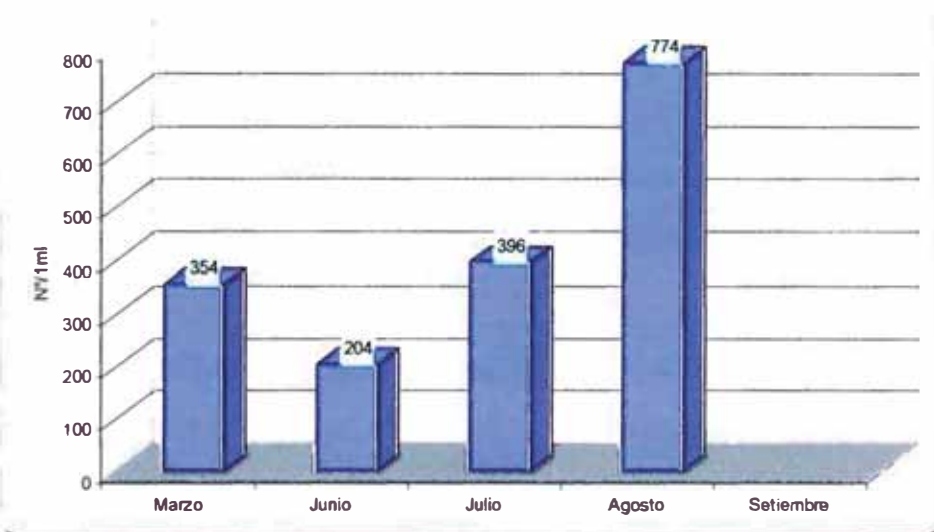
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	353	31	435	1070	
punto 2	190	567	408	620	
punto 3	518	13	345	633	



**Gráfico 140:**



**Gráfico 141:**

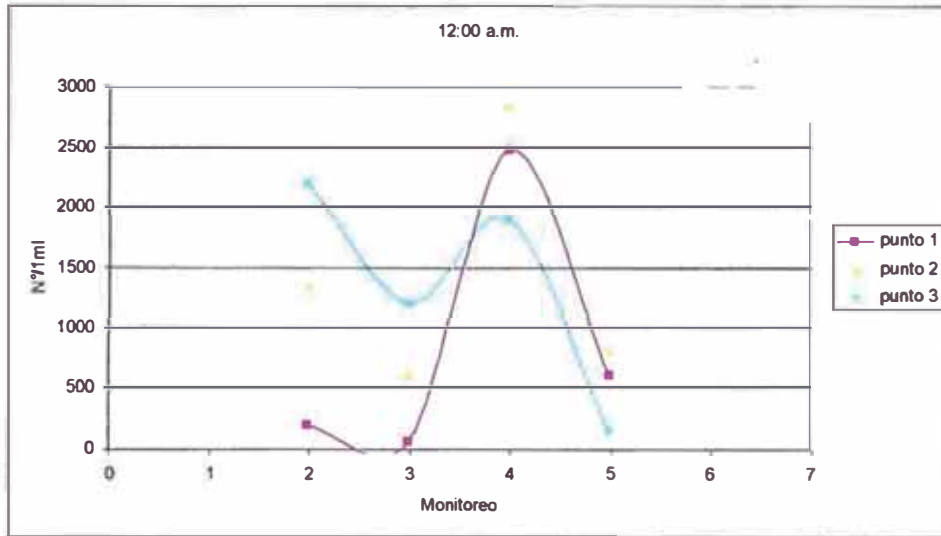


**Muestra tomada a 0.65 m**

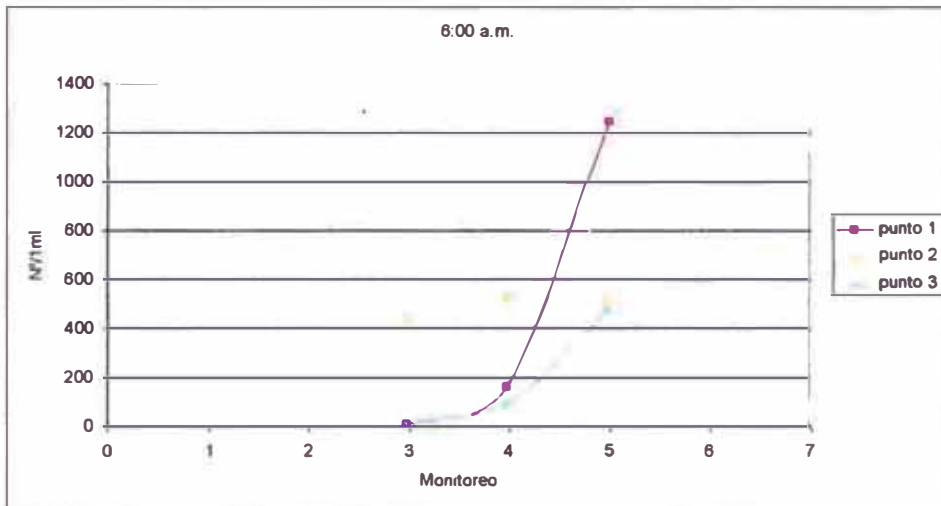
El comportamiento horario guarda una relación común pero para las 12:00 a.m. como se muestra a continuación pero en las siguientes horas salvo los puntos 1 y 3 de las 6:00p.m. tiene una misma tendencia.



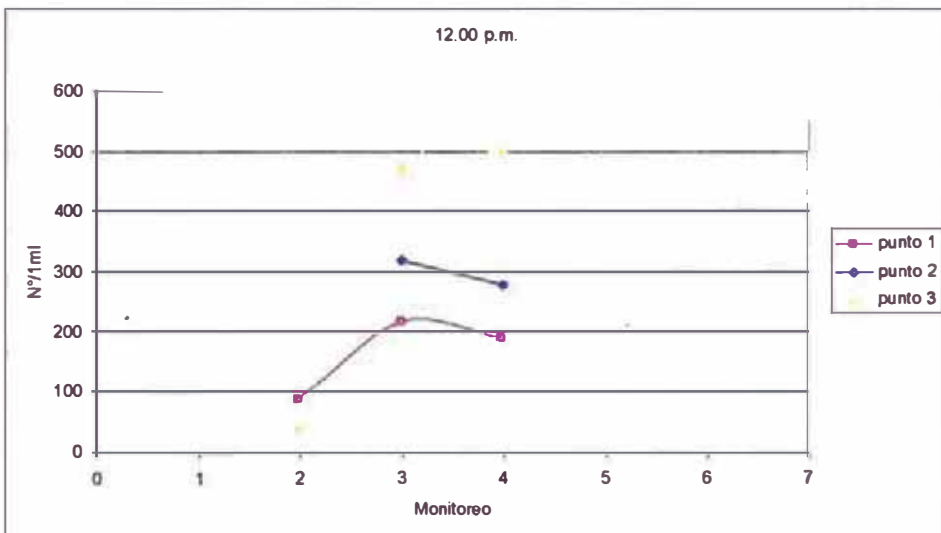
**Gráfico 142:**



**Gráfico 143:**

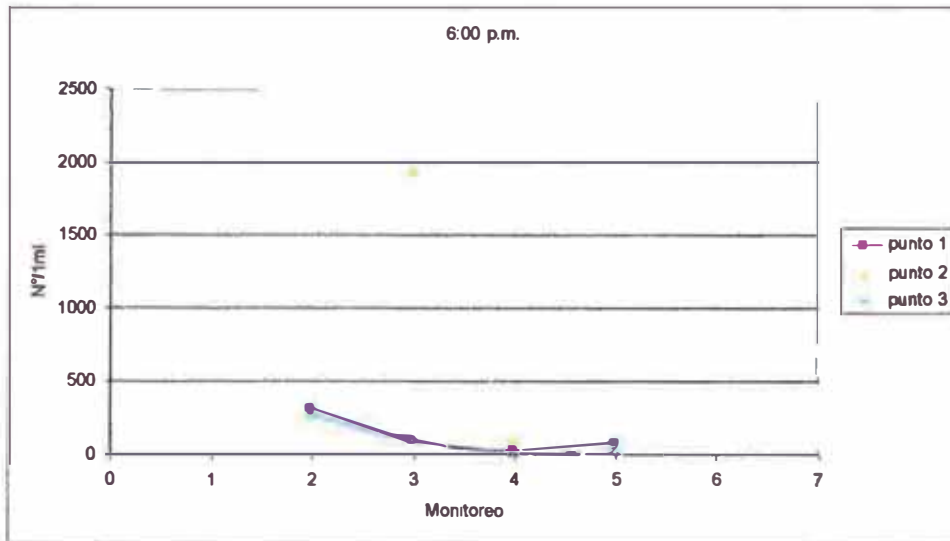


**Gráfico 144:**





**Gráfico 145:**

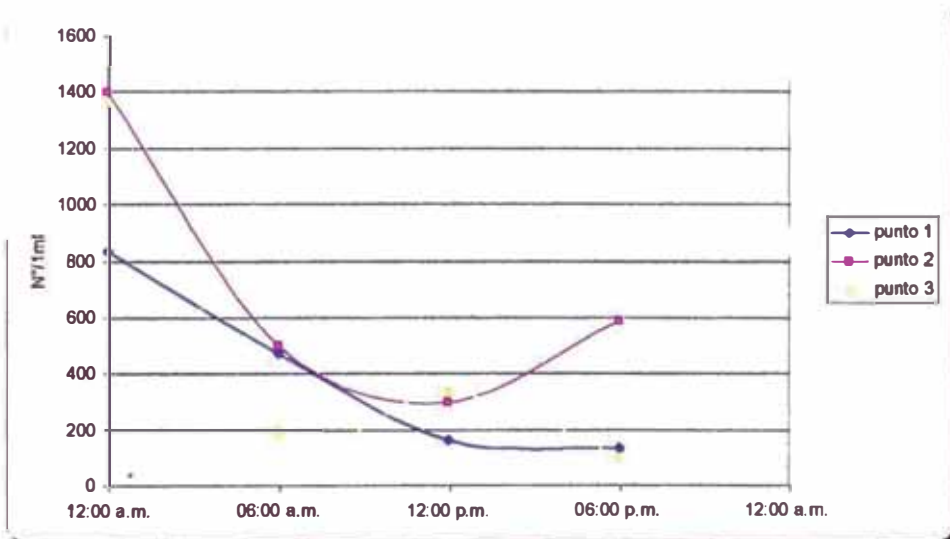


El comportamiento a lo largo del día tiene un ligero parecido, donde los valores promedio indican una decaída de población.

**Tabla 69:**

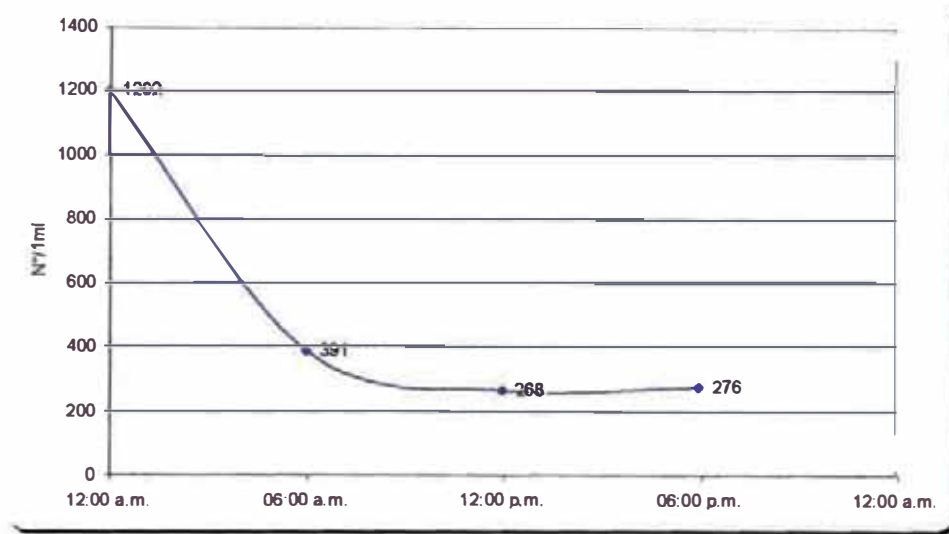
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	836	473	167	134
punto 2	1403	503	300	588
punto 3	1367	196	337	107

**Gráfico 146:**





**Gráfico 147:**

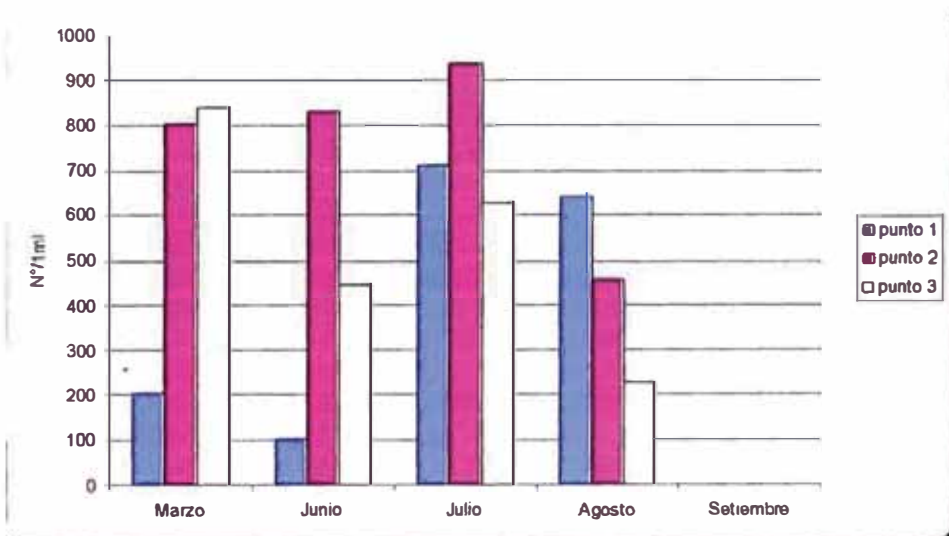


Según los valores obtenidos por el comportamiento mensual nos dice que cada punto tiene un modelo particular que no puede ser relacionado en conjunto.

**Tabla 70:**

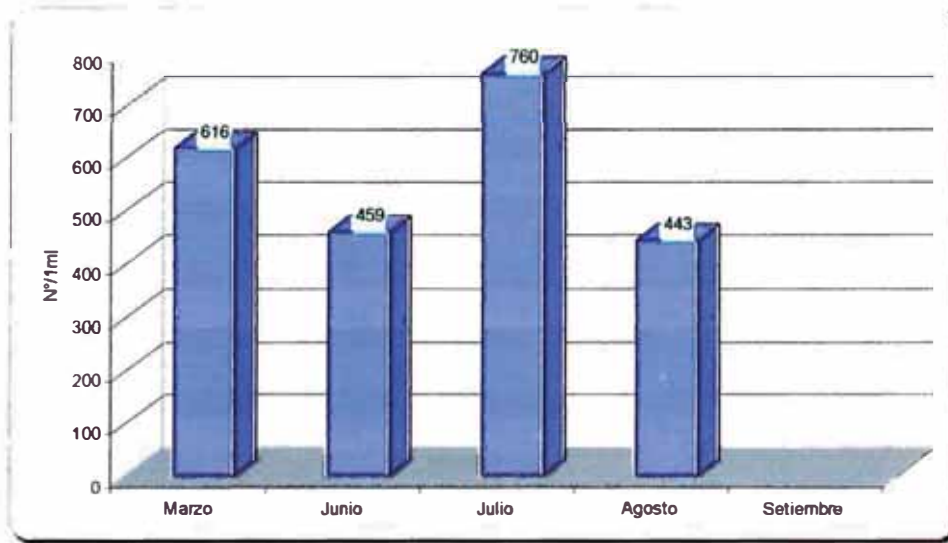
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	203	102	713	643	
punto 2	805	830	940	460	
punto 3	840	446	628	227	

**Gráfico 148:**





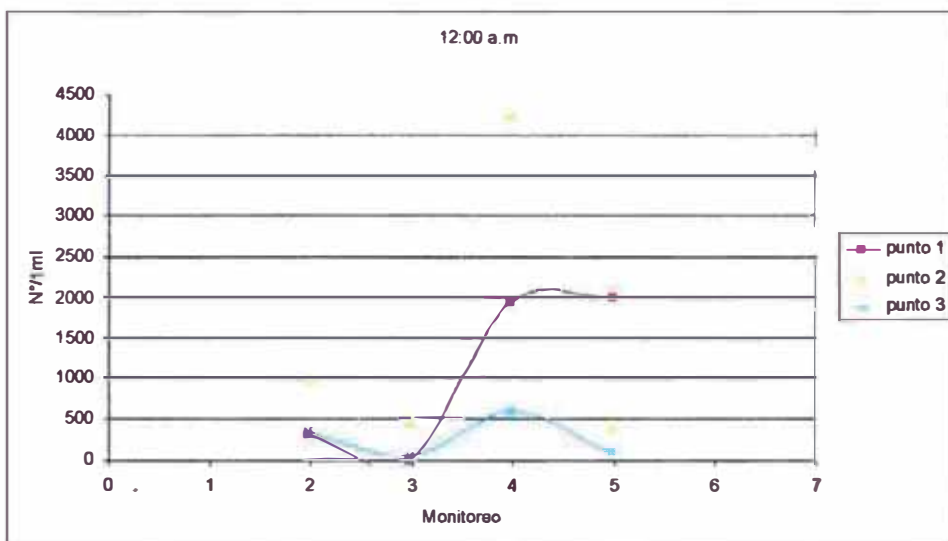
**Gráfico 149:**



### Muestra tomada a 1.30 mt

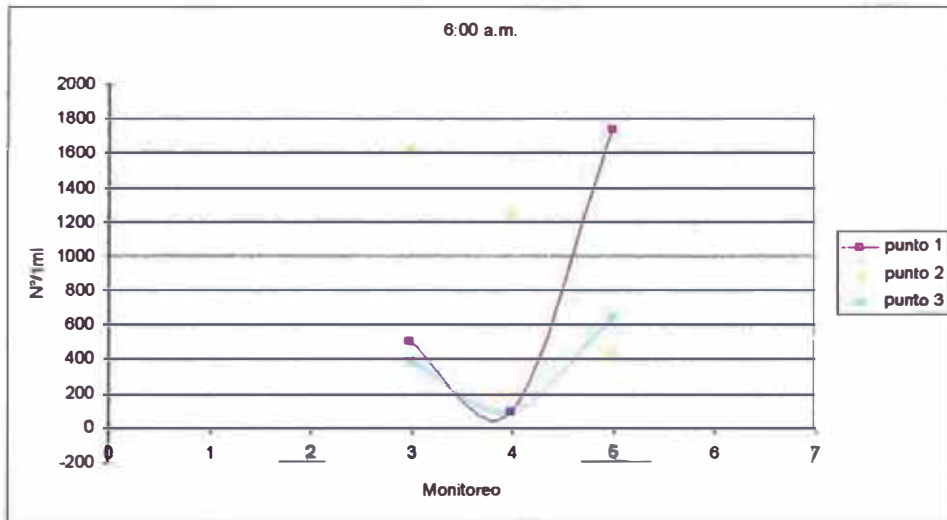
El comportamiento horario no guarda una relación común, solo el de las 12:00 a.m. que tiene un ligero parecido como se muestra a continuación.

**Gráfico 150:**

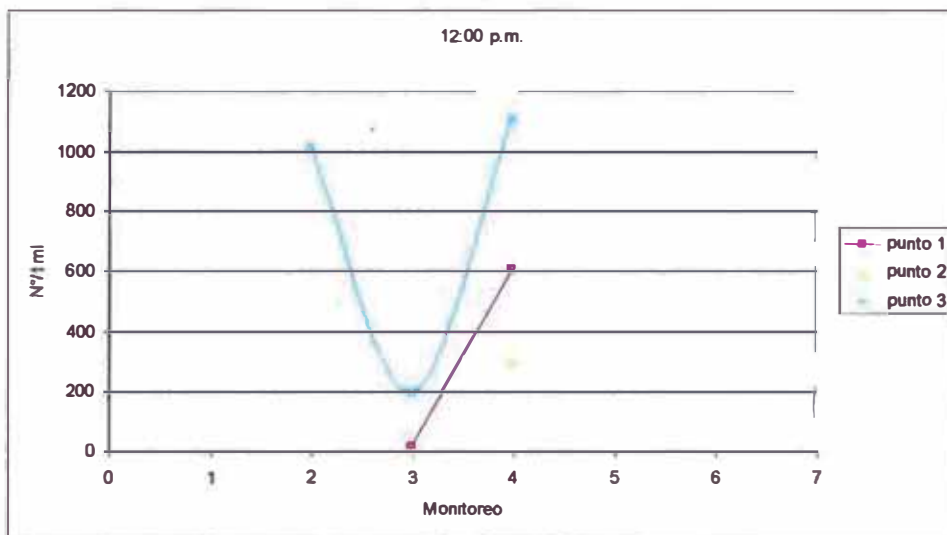




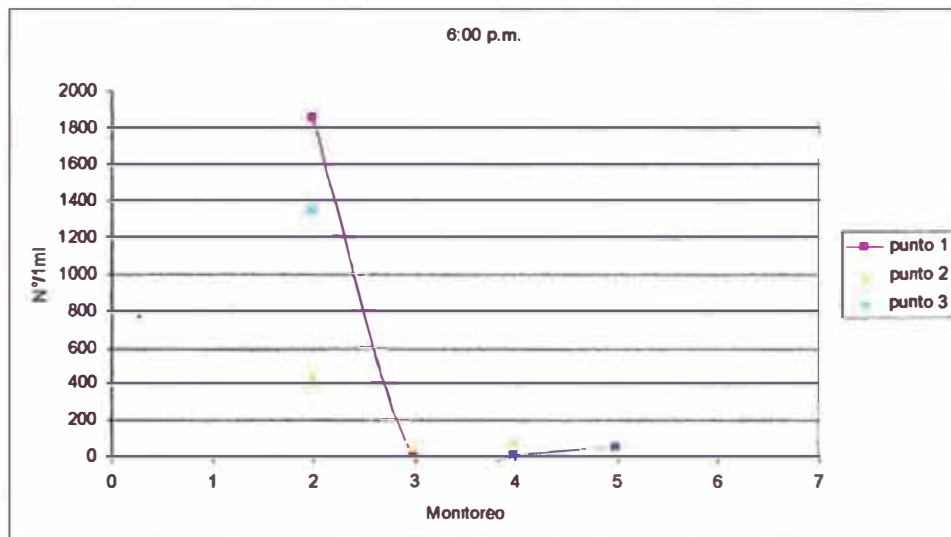
**Gráfico 151:**



**Gráfico 152:**



**Gráfico 153:**



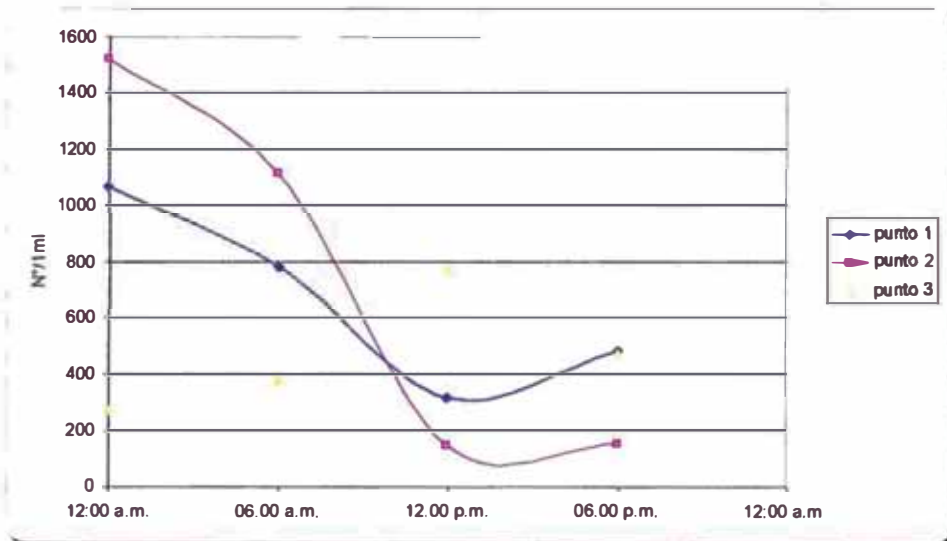


Para las horas del día no se tiene una tendencia de valores, cada uno es independiente, por ello la gráfica que representa el promedio de valores no están confiables.

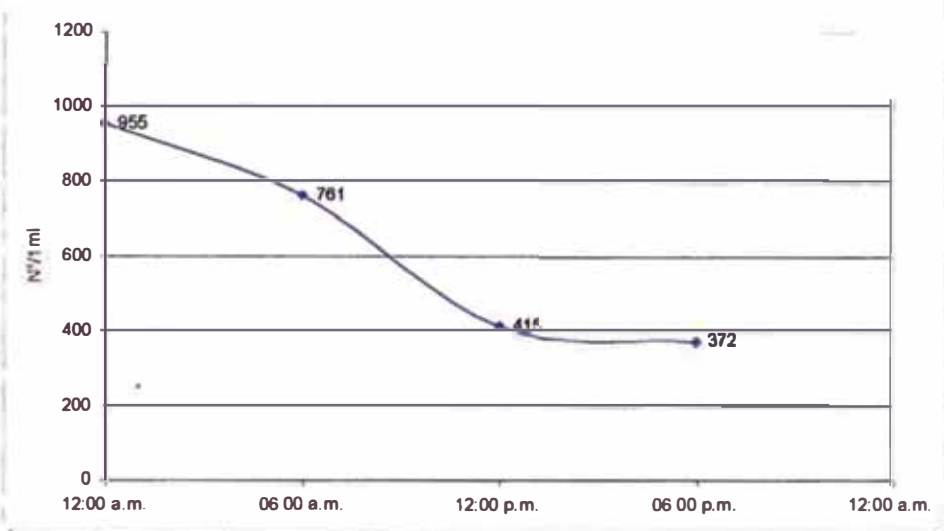
**Tabla 71:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1070	784	317	485
punto 2	1524	1116	151	154
punto 3	272	383	777	477

**Gráfico 154:**



**Gráfico 155:**







El comportamiento mensual tampoco tiene un modelo constante para los puntos, cada uno es independiente.

Tabla 72:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1080	138	668	1273	
punto 2	725	542	1470	287	
punto 3	910	216	458	263	

Gráfico 156:

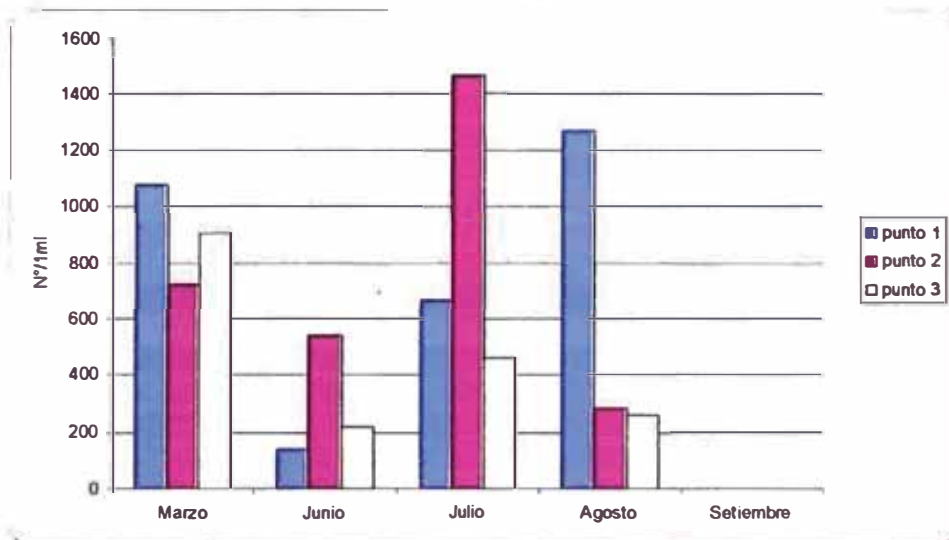
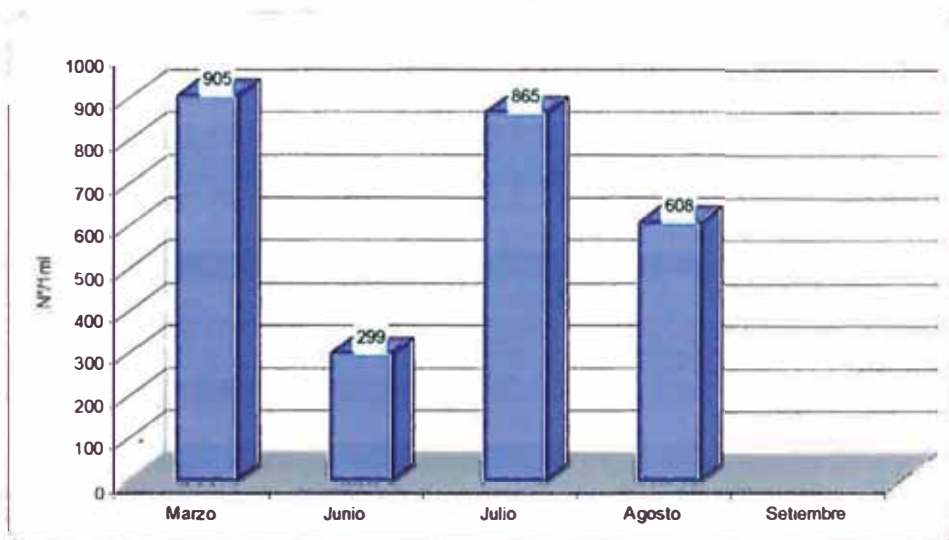


Gráfico 157:





### 3.5.8.- COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO DEL NUMERO DE ALGAS (Nº/1mm<sup>3</sup>) POR HORAS, DIA, MES Y PROFUNDIDADES (0.0m, 0.65m y 1.30m)

#### Laguna secundaria

Se presentara el comportamiento de la cantidad de algas que fueron extraídas de las muestras y que fueron contabilizadas con la cámara de conteo Neubauer.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0m)

Según los resultados obtenidos para cada hora se tiene un modelo específico o tendencia específica; estos datos son más confiables que el de la cantidad de bacterias heterotróficas ya que no todas las bacterias son cultivables.

Gráfico 158:

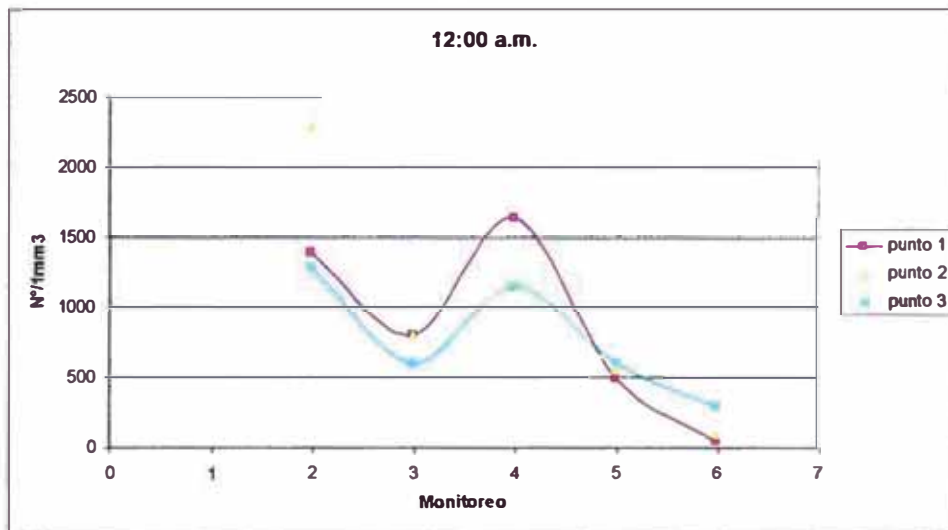
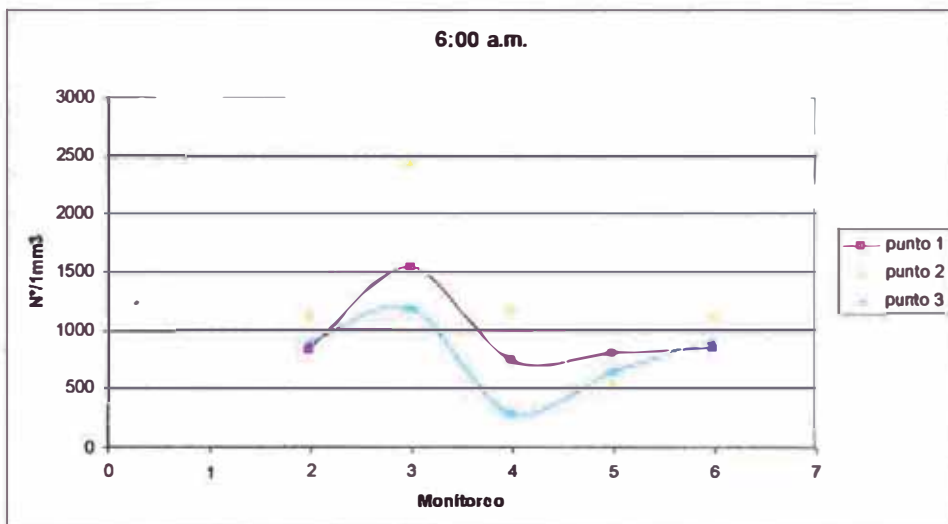
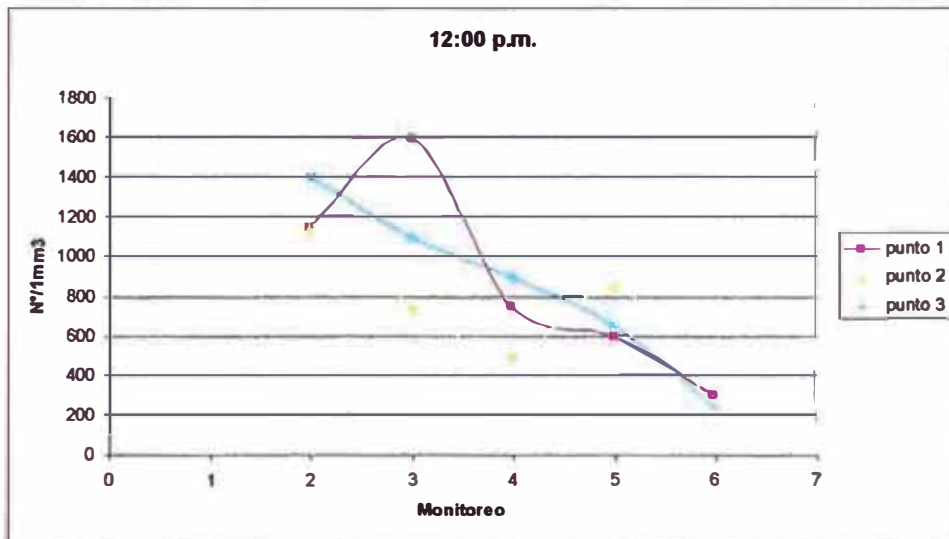


Gráfico 158:

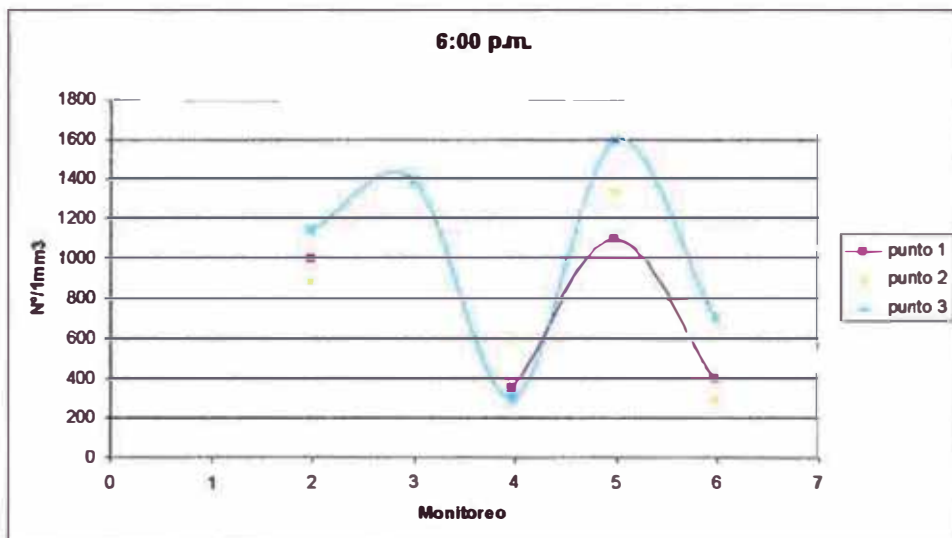




**Gráfico 159:**



**Gráfico 160:**



Para los resultados obtenidos de los puntos 1, 2 y 3 a lo largo del día no guardan una similitud en cuanto a modelo; seguidamente se muestra los valores promedio

**.Tabla 73:**

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1303	1110	800	600
punto 2	1030	1590	690	1050
punto 3	900	820	510	638



Gráfico 161:

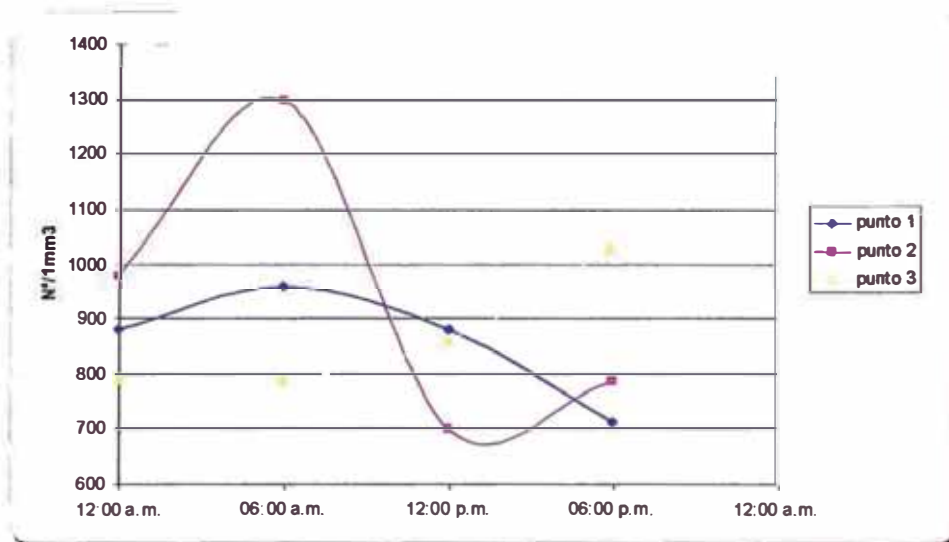
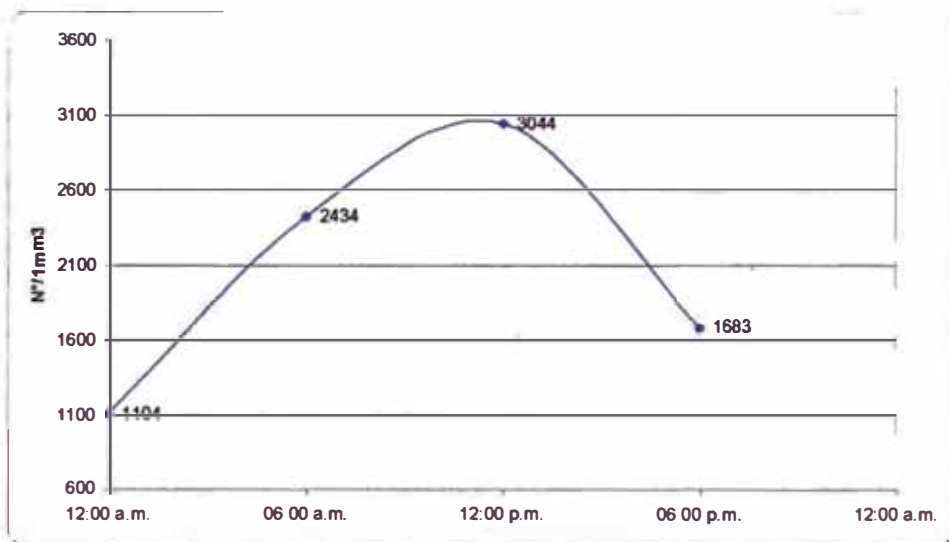


Gráfico 162:



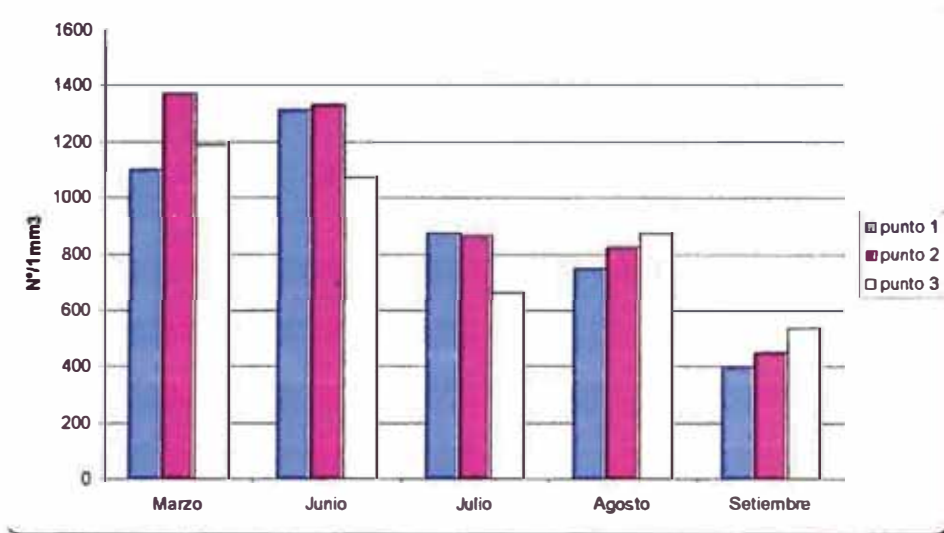
Los resultados mensuales nos muestran una coherencia de modelo para cada punto de muestreo, seguidamente se muestra la gráfica al respecto como también de los valores promedio.

Tabla 74:

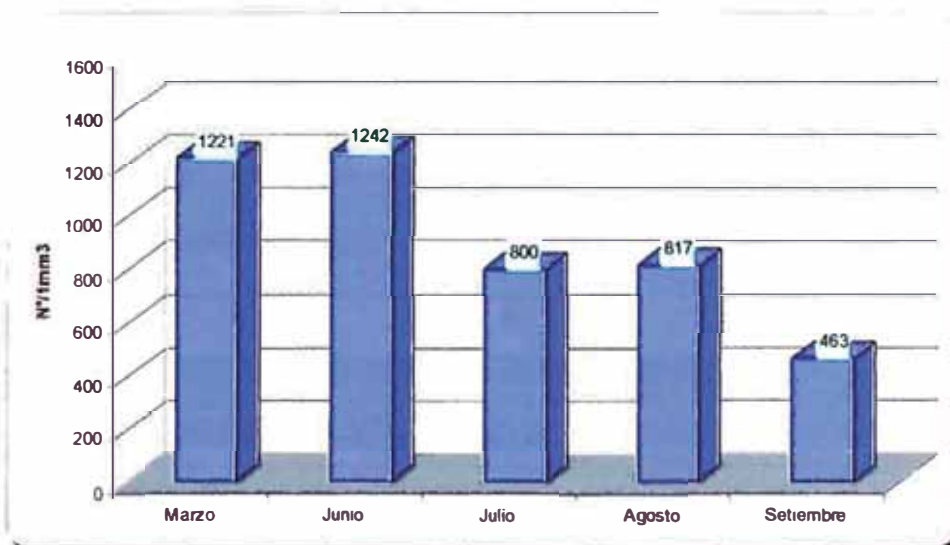
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1100	1317	875	750	400
punto 2	1375	1333	863	825	450
punto 3	1188	1075	663	875	538



**Gráfico 163:**



**Gráfico 164:**

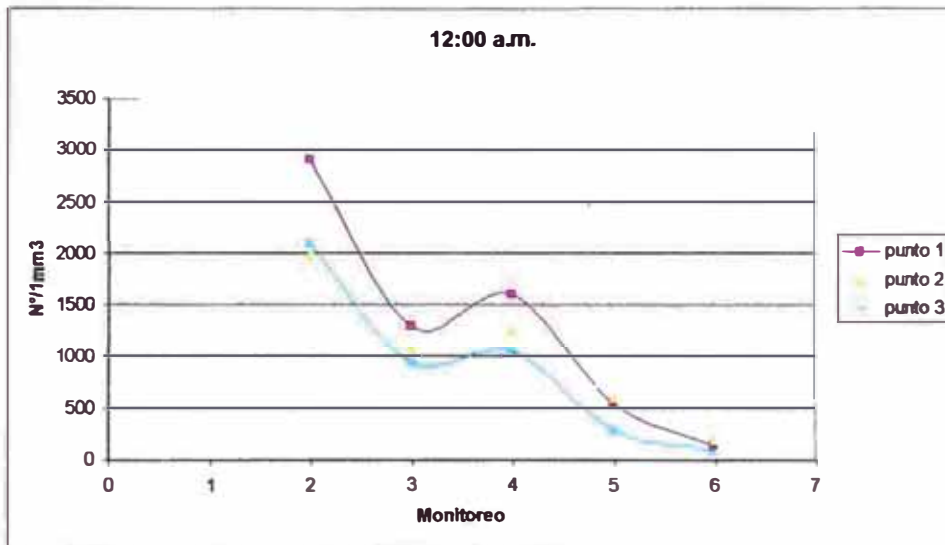


**Muestra tomada a 0.65m.**

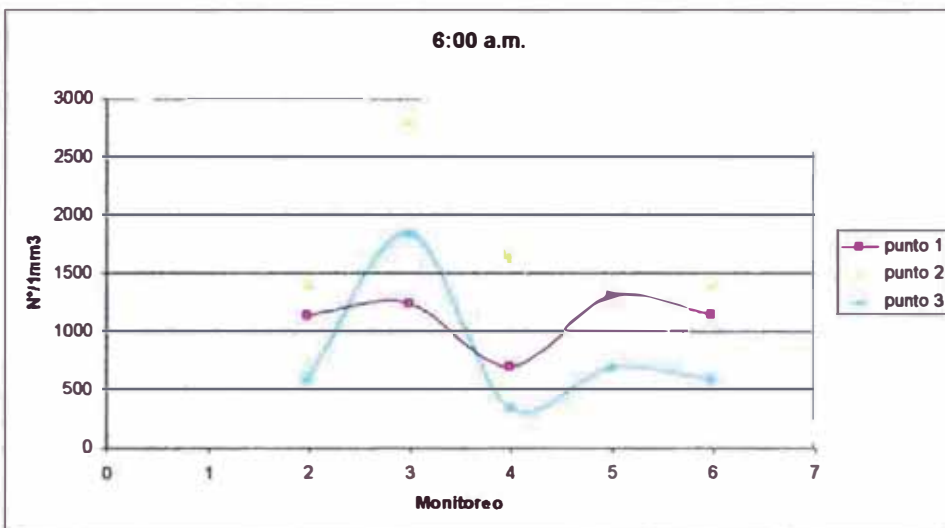
Los modelos obtenidos para cada hora de muestreo tienen las mismas tendencias que las muestras extraídas de la superficie; cabe aclarar que para las 6:00 p.m. no tenemos datos para los puntos 1 y 3



**Gráfico 165:**



**Gráfico 166:**



**Gráfico 167:**

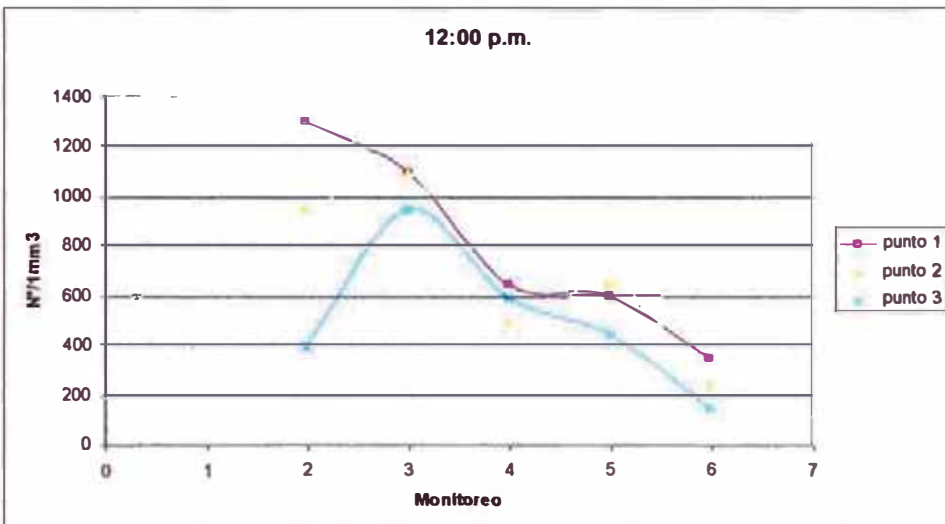
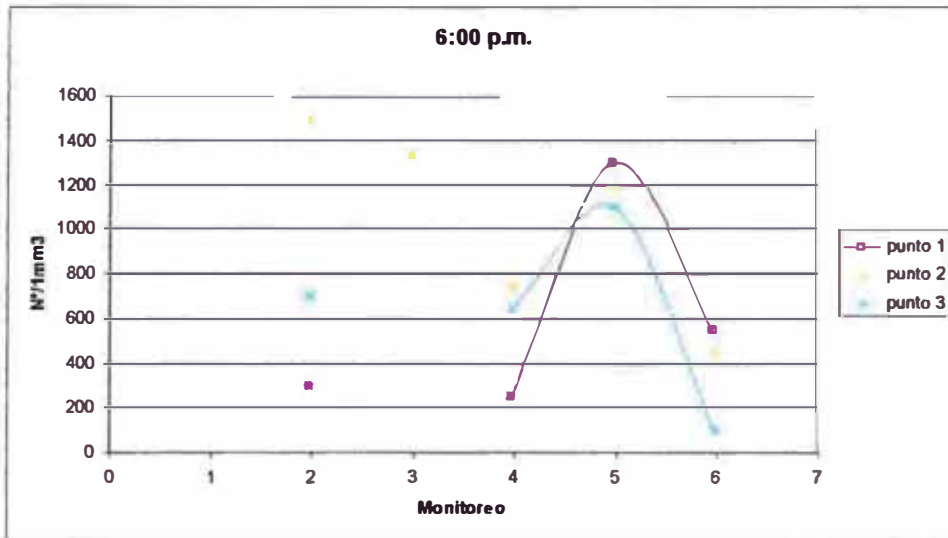




Gráfico 168:

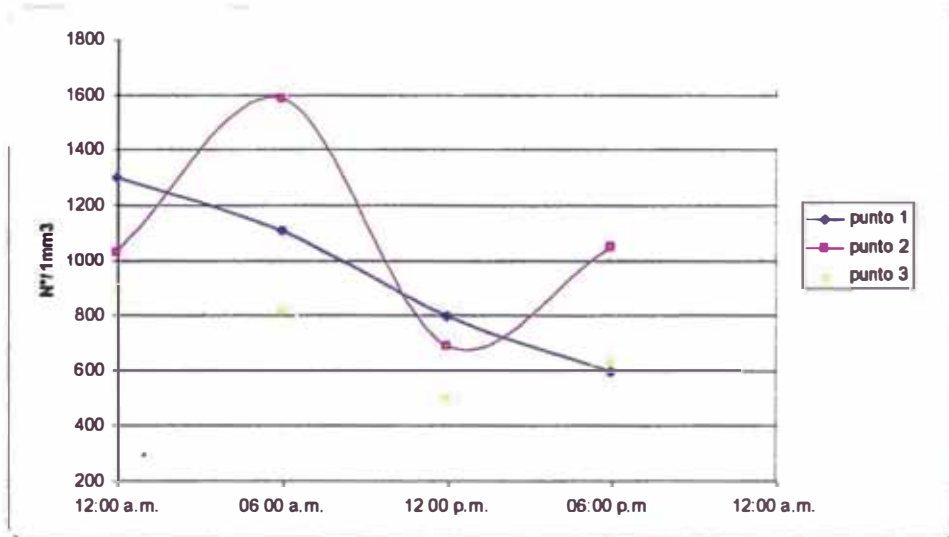


Como en el caso de las muestras extraídas de la superficie los valores que se obtuvieron de los puntos tienen un comportamiento independiente como se muestra a continuación, seguidamente se muestra los valores promedio.

Tabla 74:

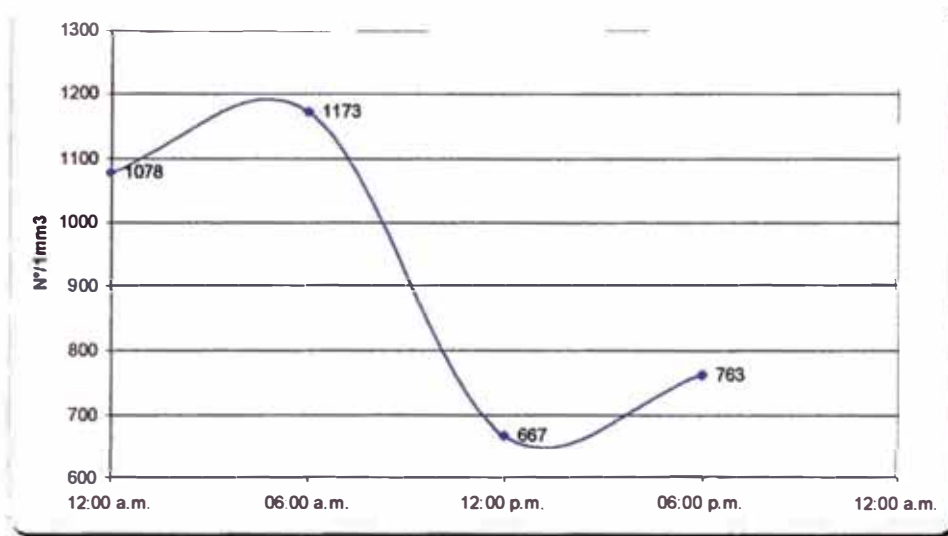
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1303	1110	800	600
punto 2	1030	1590	690	1050
punto 3	900	820	510	638

Gráfico 169:





**Gráfico 170:**

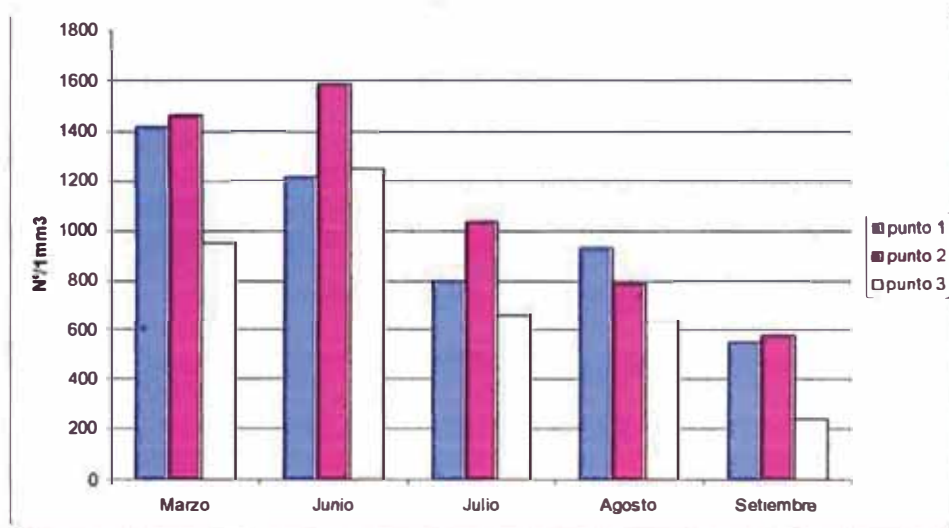


Según los resultados del comportamiento mensual podemos notar la similitud de tendencia con la de las muestras extraídas de la superficie; en el siguiente grafico se muestra los resultados obtenidos, seguidamente los valores promedios.

**Tabla 75:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1417	1217	800	938	550
punto 2	1463	1588	1038	788	575
punto 3	950	1250	663	638	238

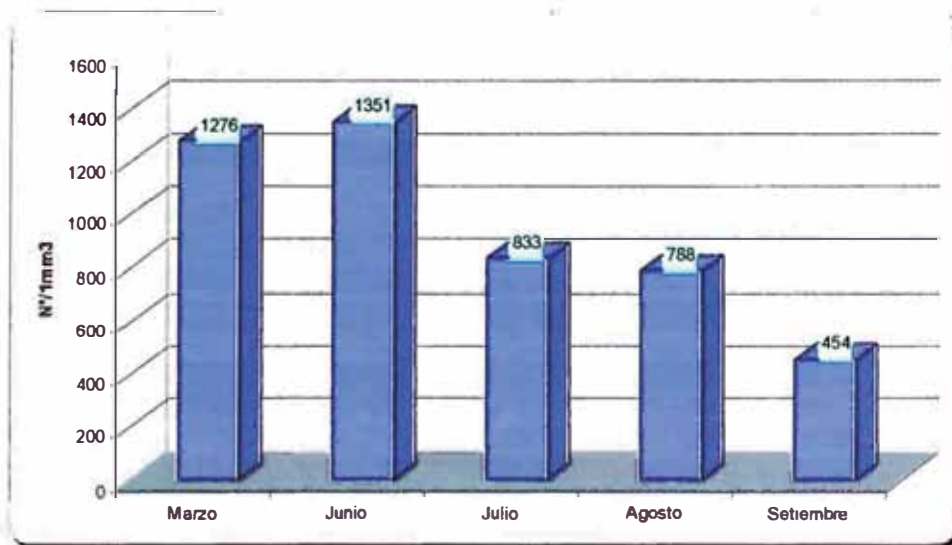
**Gráfico 171:**







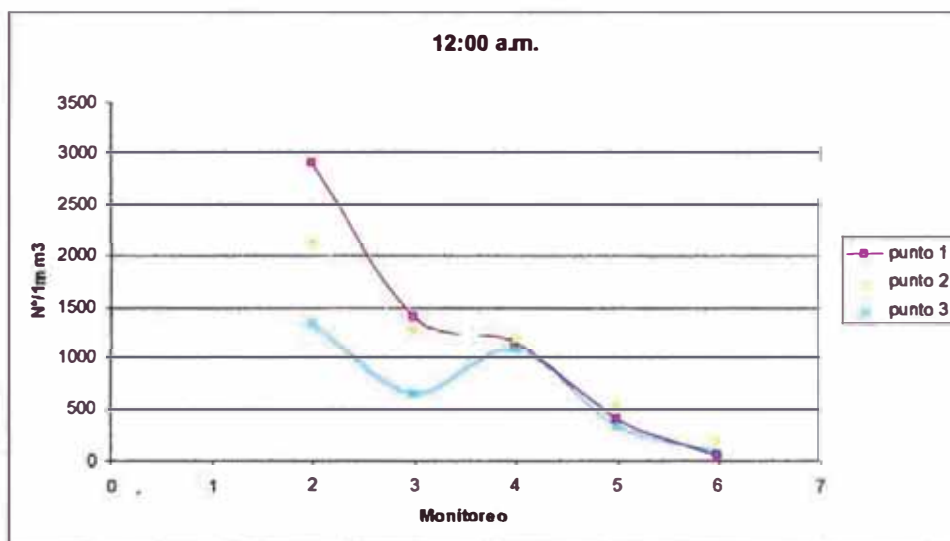
**Gráfico 172:**



**Muestra tomada a 1.30m.**

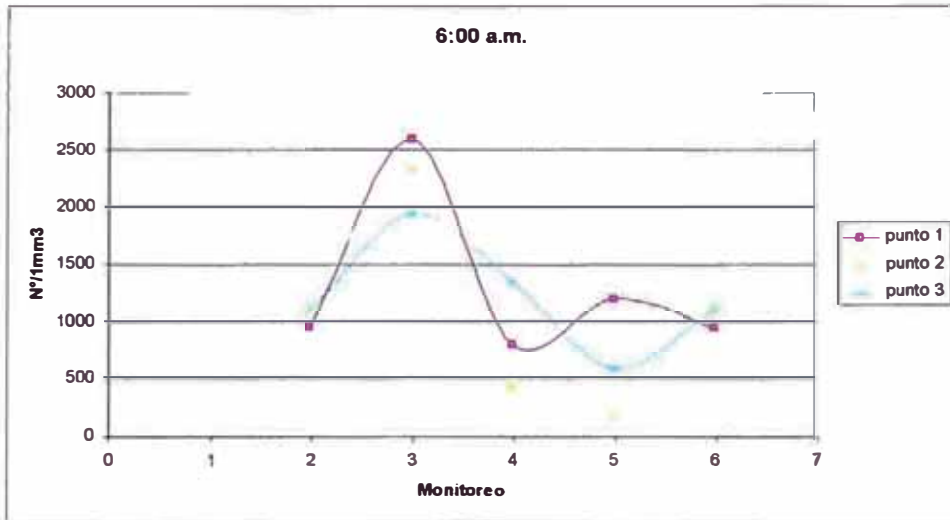
Como en el caso anterior se sigue obteniendo un comportamiento muy similar a las muestras extraídas de la superficie y de 0.65m.

**Gráfico 173:**

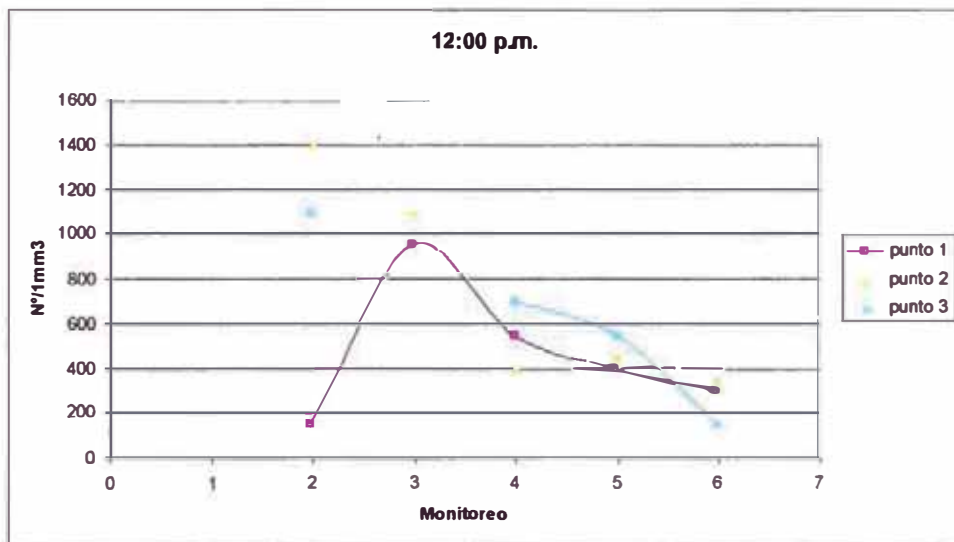




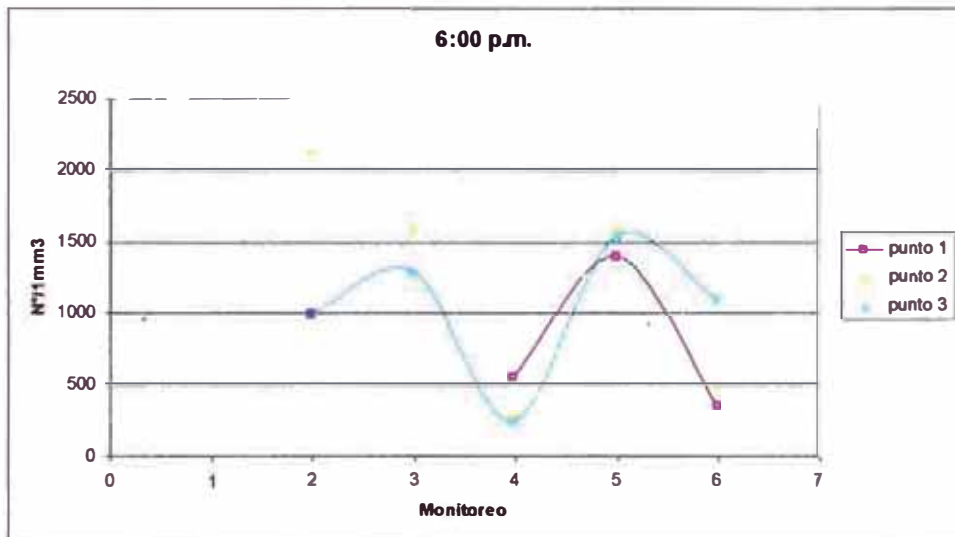
**Gráfico 174:**



**Gráfico 175:**



**Gráfico 176:**





Al contrario de los resultados anteriores con respecto a las horas del día para las muestras extraídas a 1.30m si tienen un comportamiento similar como se muestra en el gráfico siguiente, seguidamente el promedio de valores.

Tabla 76:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	1194	1300	470	825
punto 2	1080	1060	740	1230
punto 3	710	1220	625	1040

Gráfico 177:

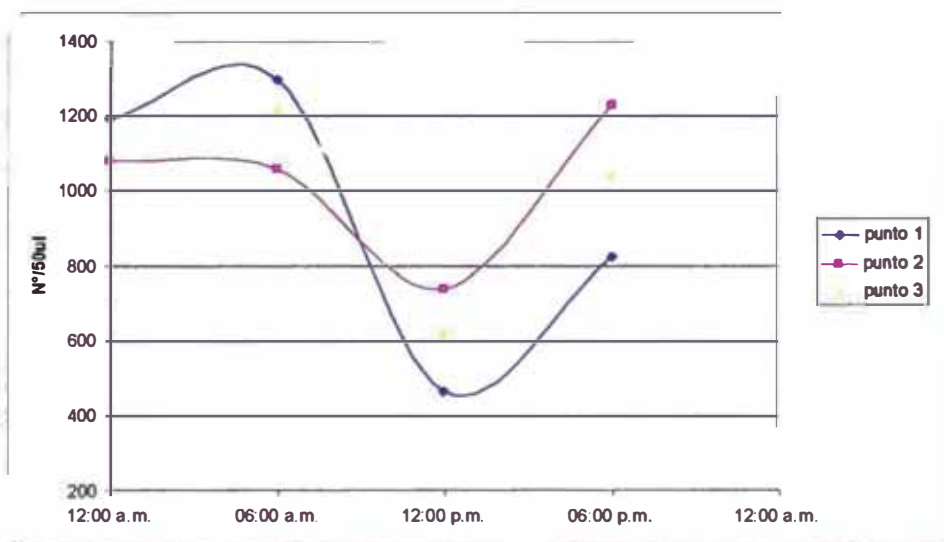
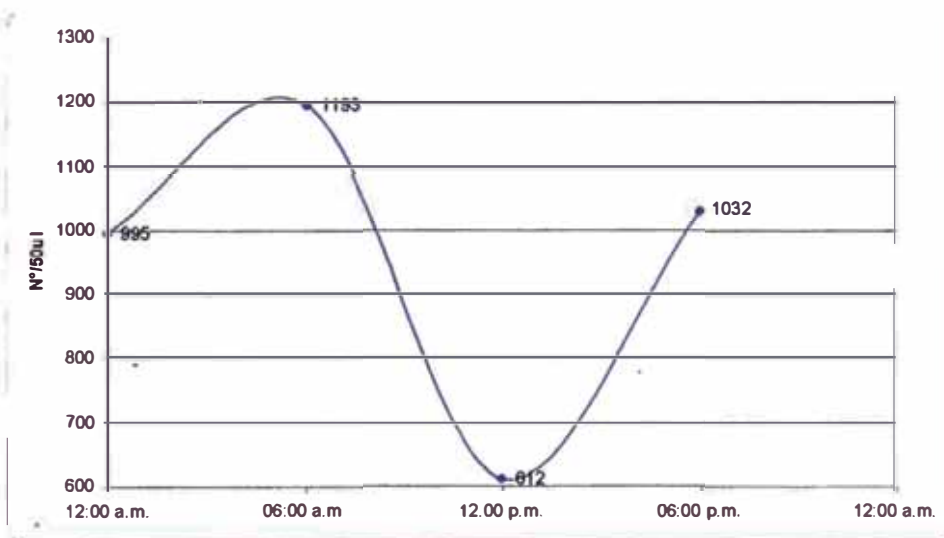


Gráfico 178:





Como también del caso anterior, las muestras extraídas en la superficie y 0.65m de profundidad guardan un mismo comportamiento, se mostrara los valores de cada punto como también de lo promedios.

Tabla 77:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1254	1656	767	854	413
punto 2	1713	1588	588	700	550
punto 3	1138	1300	850	763	613

Gráfico 179:

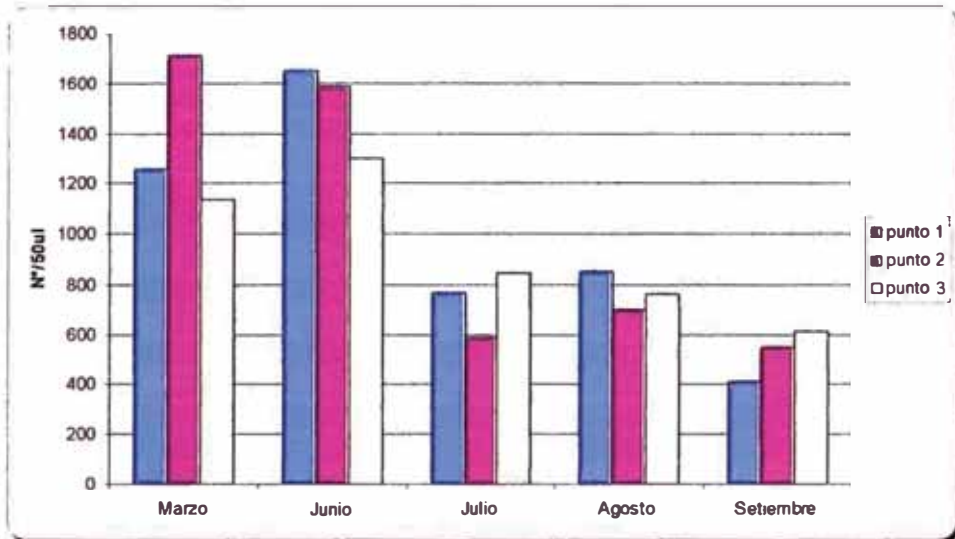
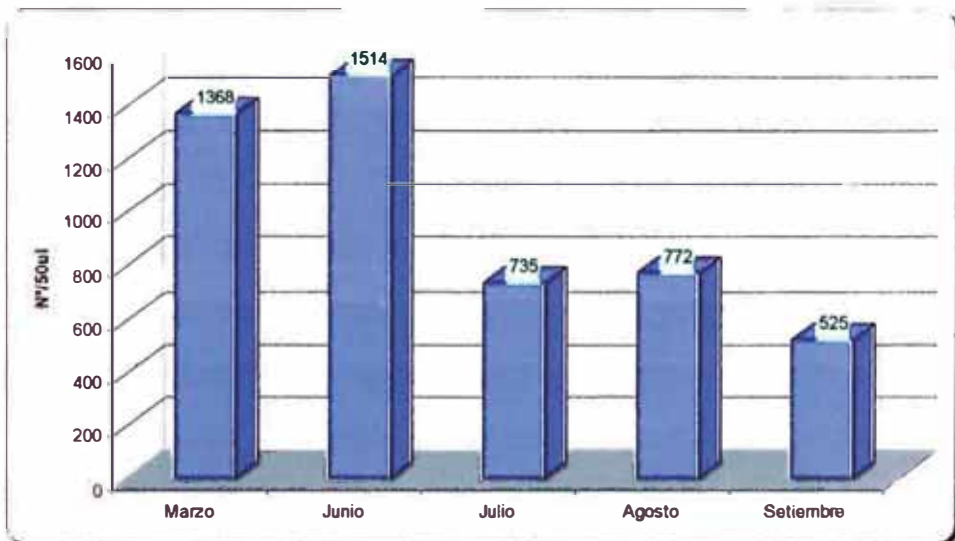


Gráfico 180:





### Laguna terciaria

Se presentara el comportamiento de la cantidad de algas que fueron extraídas de las muestras y que fueron contabilizadas con la cámara de conteo Neubauer al igual que de la laguna secundaria

#### Muestra tomada en la superficie (0.0m)

El comportamiento para este caso de la laguna terciaria no tiene el mismo criterio que de la laguna secundaria donde si se tenia un modelo a seguir para todas las horas de monitoreo, a continuación se muestran las graficas que representan lo dicho.

Gráfico 181:

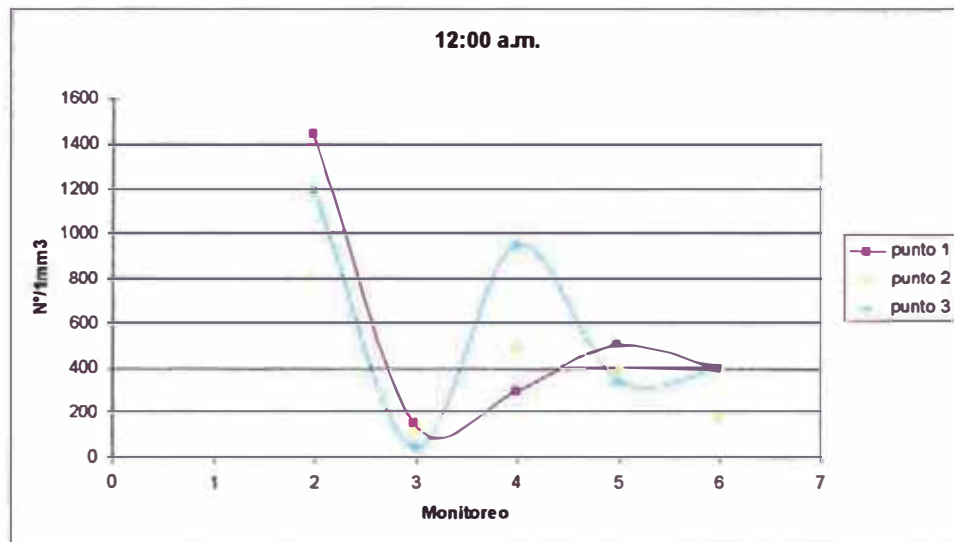


Gráfico 181:

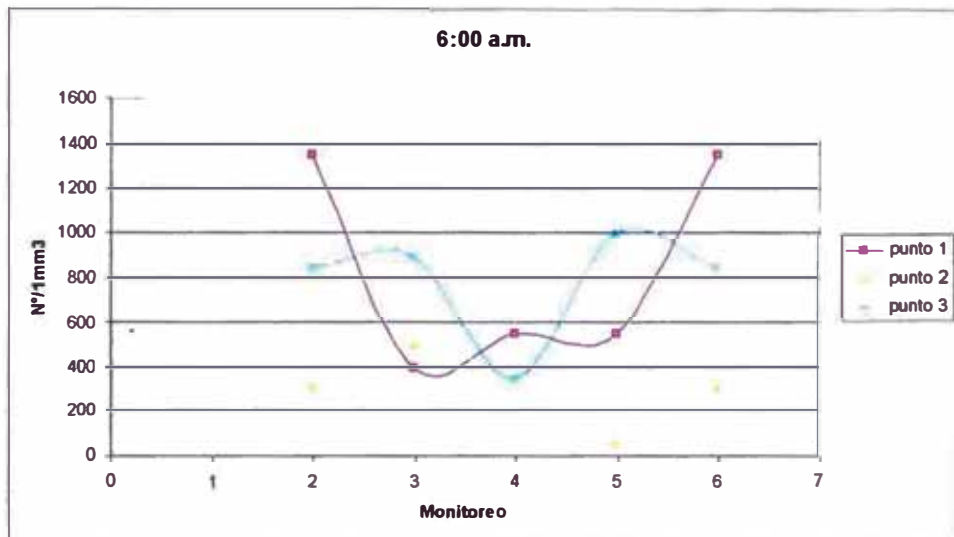




Gráfico 182:

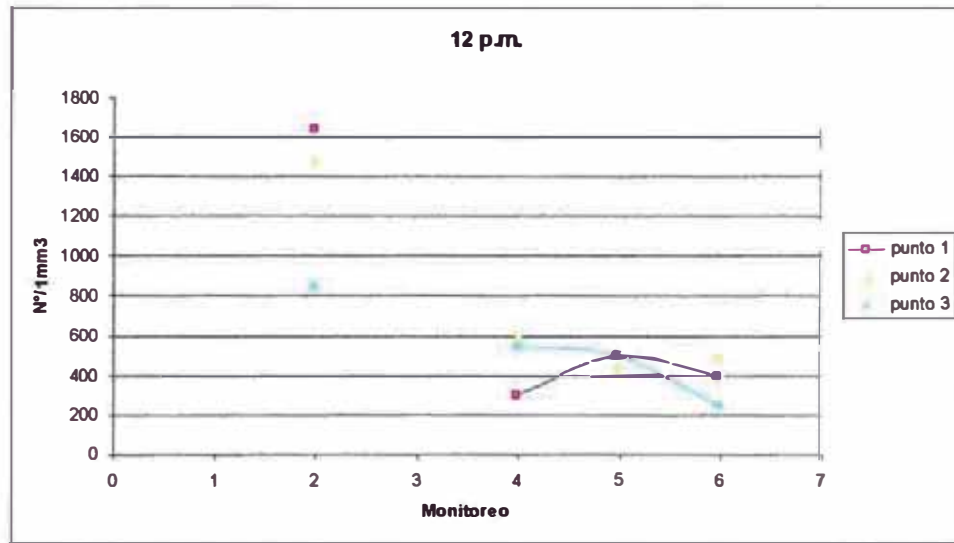
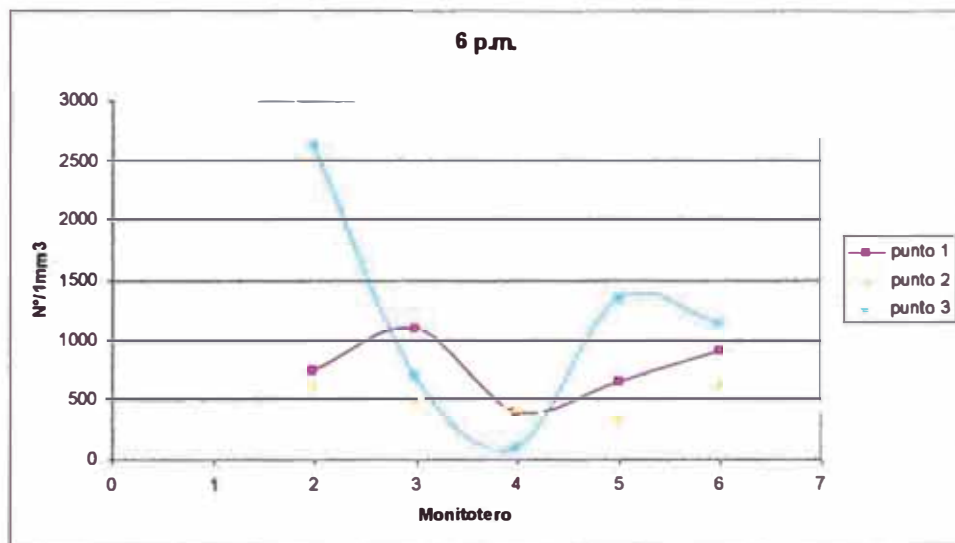


Gráfico 183:



Se mostrara los valores de cada punto según las horas como también de lo promedios.

Tabla 78:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	560	840	713	760
punto 2	406	307	763	506
punto 3	590	790	538	1190



Gráfico 184:

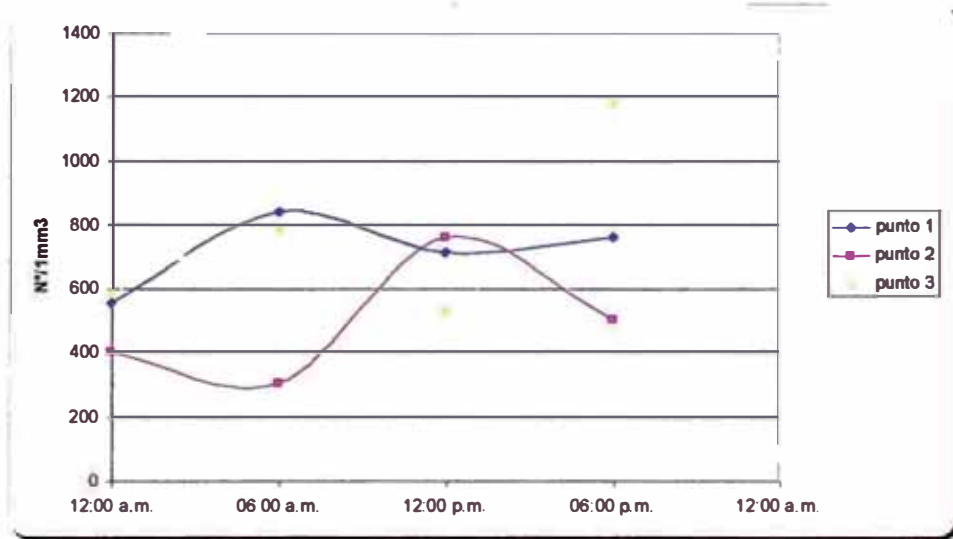
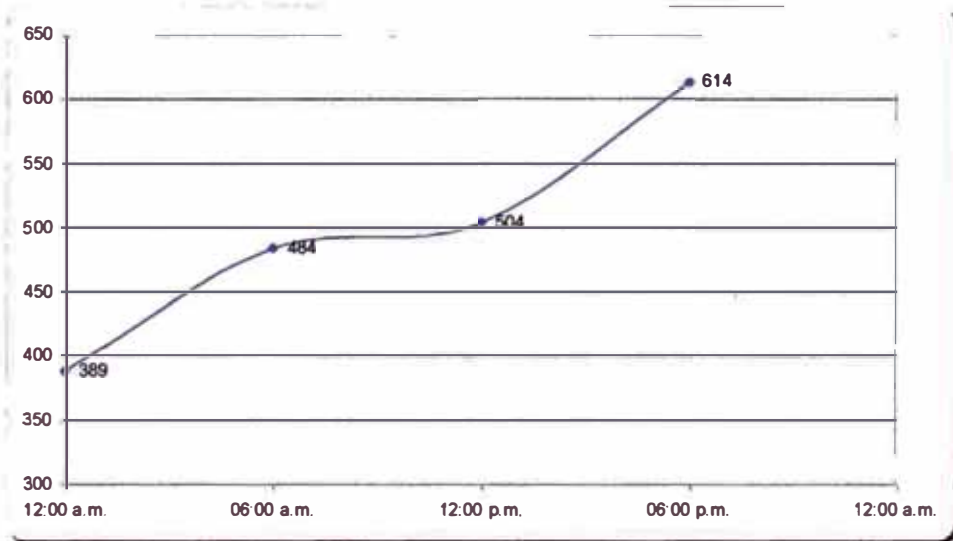


Gráfico 185:



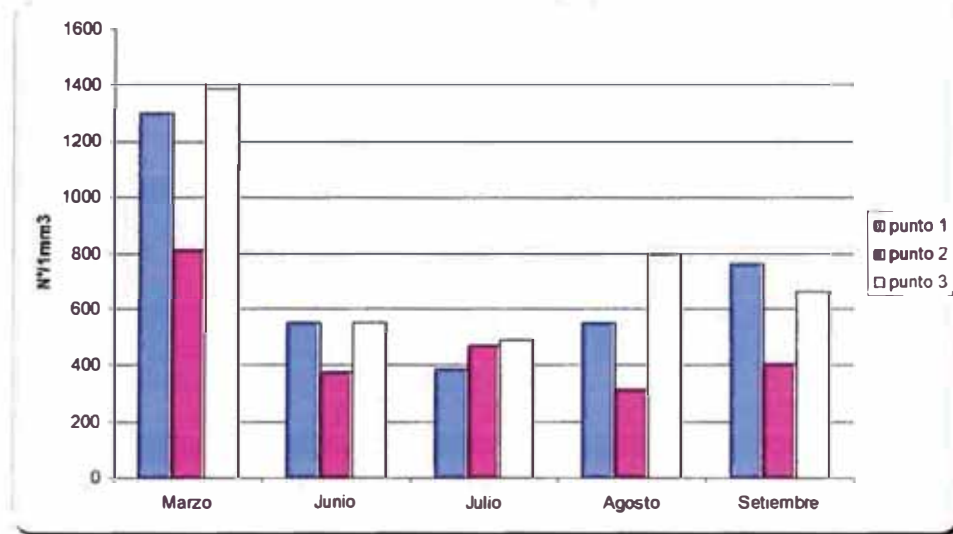
A continuación se presentaran los valores mensuales

Tabla 79:

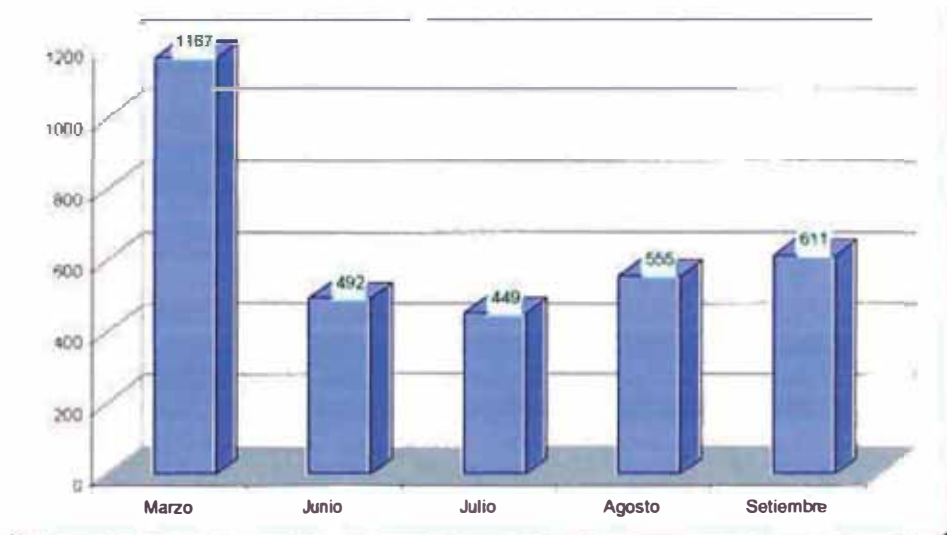
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1300	550	388	550	763
punto 2	813	375	471	316	407
punto 3	1388	550	488	800	663



**Gráfico 186:**



**Gráfico 187:**



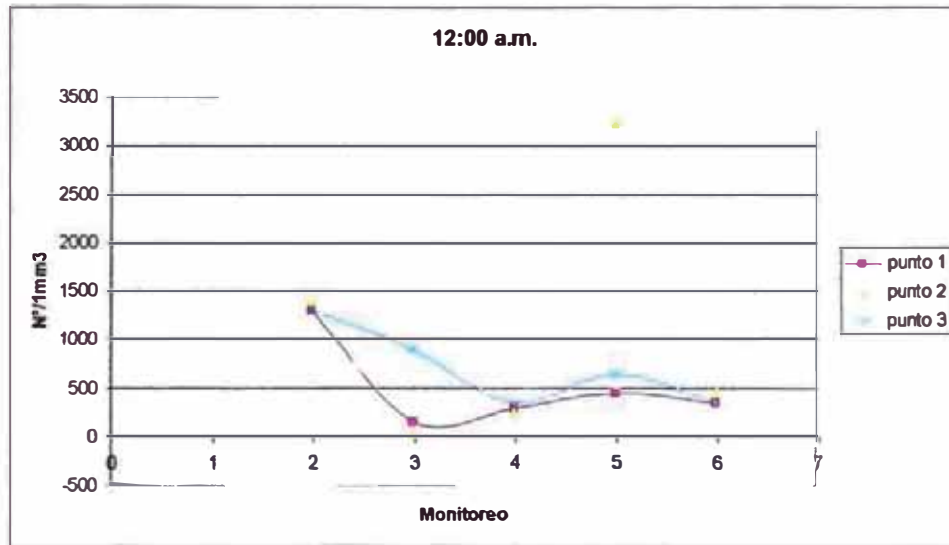
**Muestra tomada a 0.65m.**

Para este caso el comportamiento solo es similar para algunos puntos de muestreo y algunas horas, no es constante como se muestra en las gráficas siguientes.

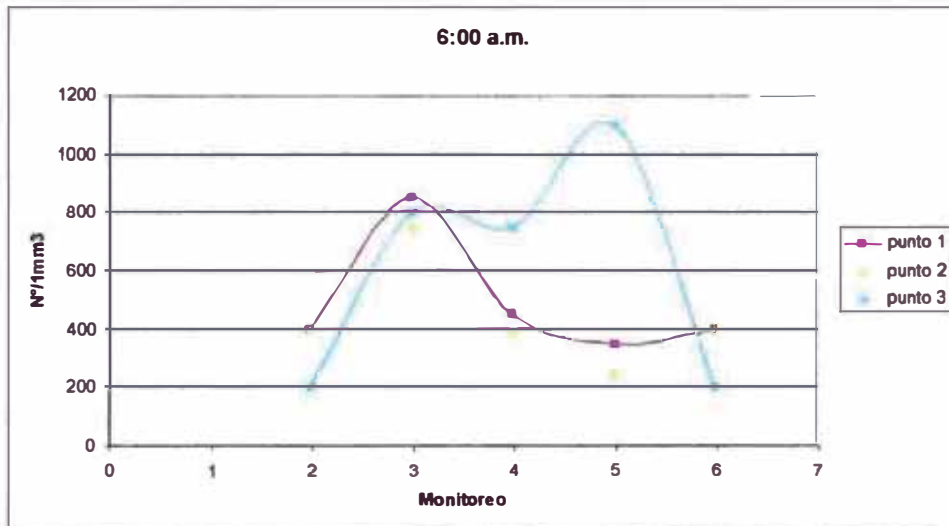




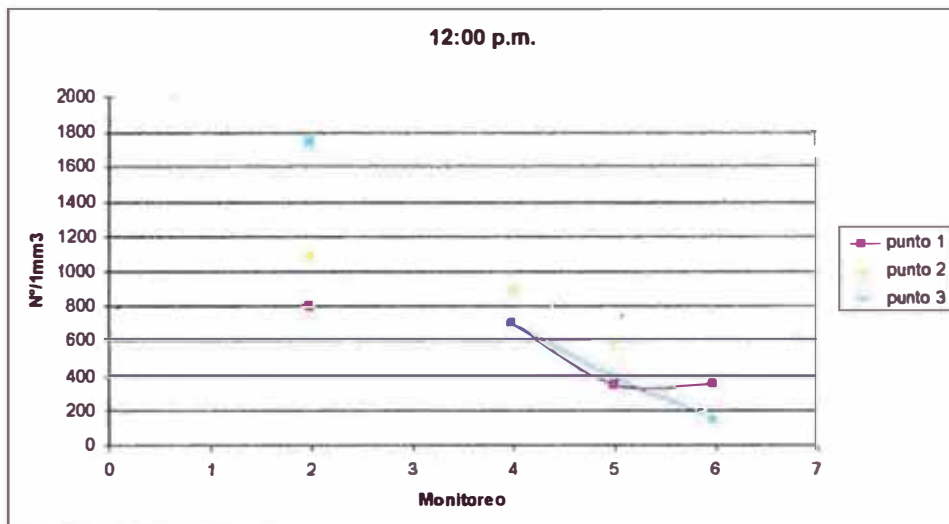
**Gráfico 188:**



**Gráfico 189:**

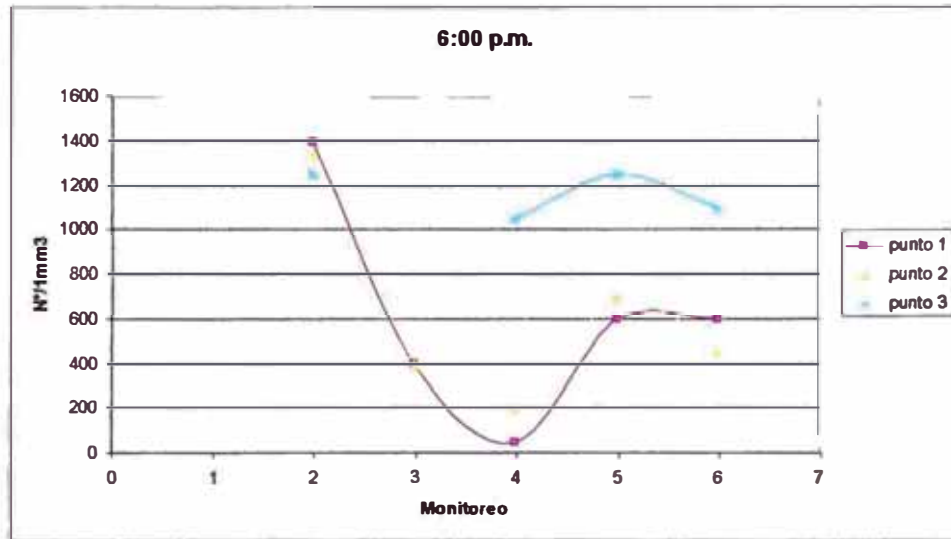


**Gráfico 190:**





**Gráfico 191:**

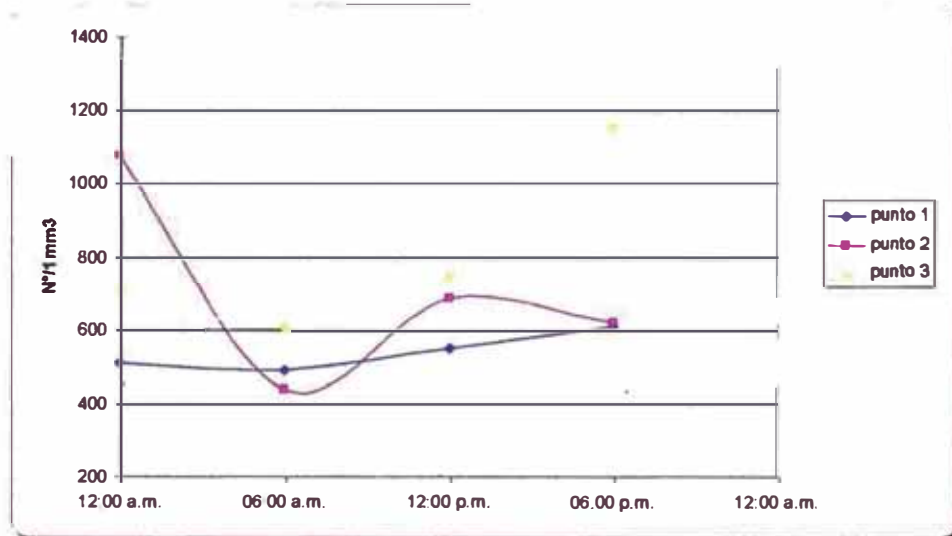


El comportamiento por horas del día tampoco no tiene un modelo fijo, cada punto de muestreo es independiente, seguidamente se muestra la grafica de ello como también de los valores promedio.

**Tabla 80:**

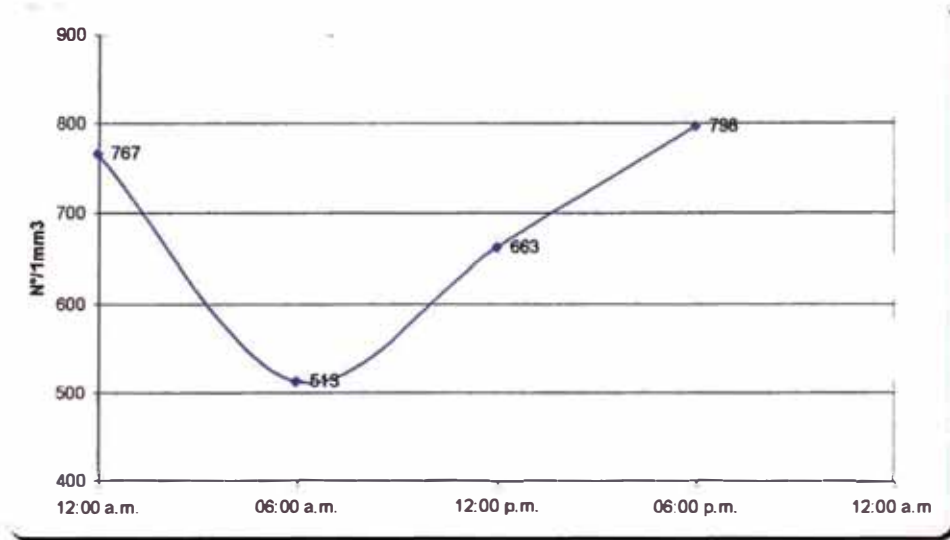
	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	510	490	550	610
punto 2	1080	440	688	620
punto 3	710	610	750	1163

**Gráfico 192:**





**Gráfico 193:**



Los valores mensuales tienen un ligero parecido en cuanto a tendencia con cada punto de muestreo, pero en el grafica de valores promedio se muestra una tendencia a descender.

**Tabla 81:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	975	467	375	438	425
punto 2	1063	400	438	1200	363
punto 3	1125	850	713	850	450

**Gráfico 194:**

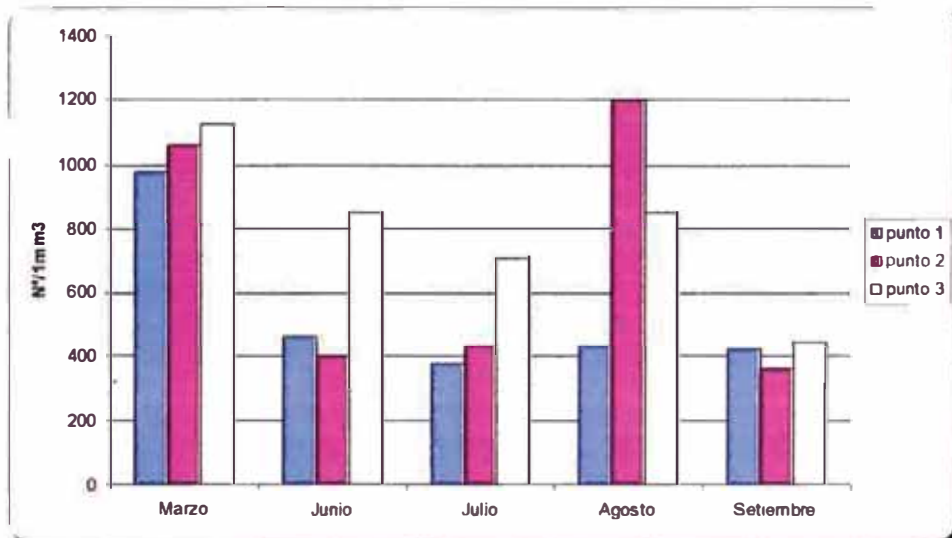
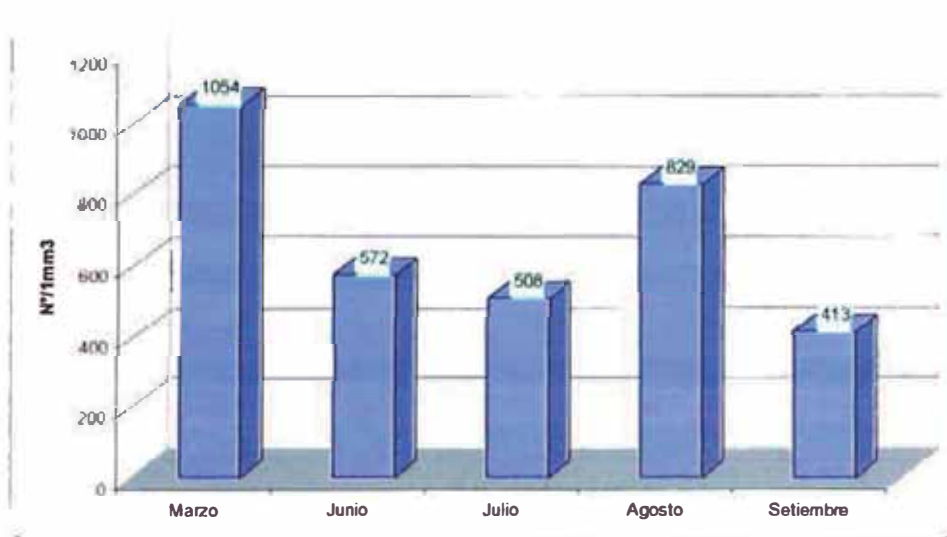




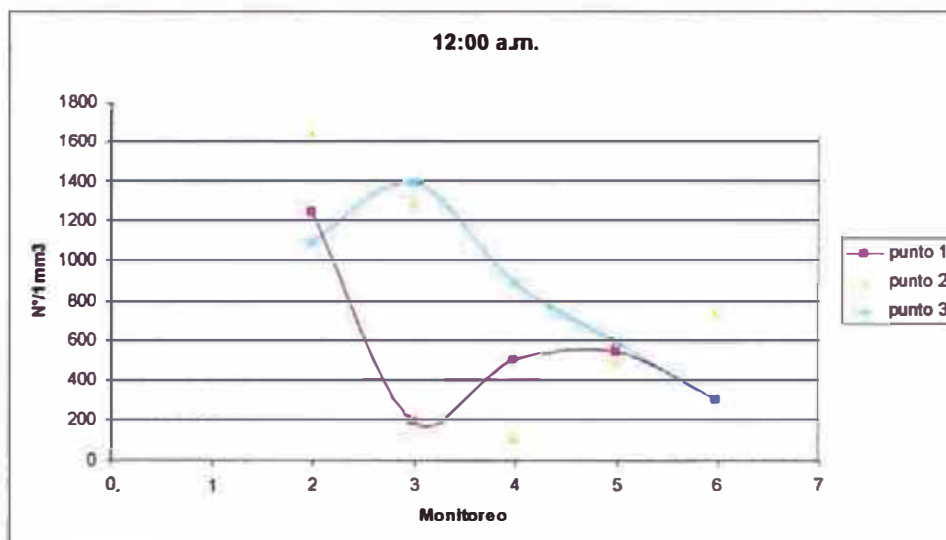
Gráfico 195:



**Muestra tomada a 1.30m.**

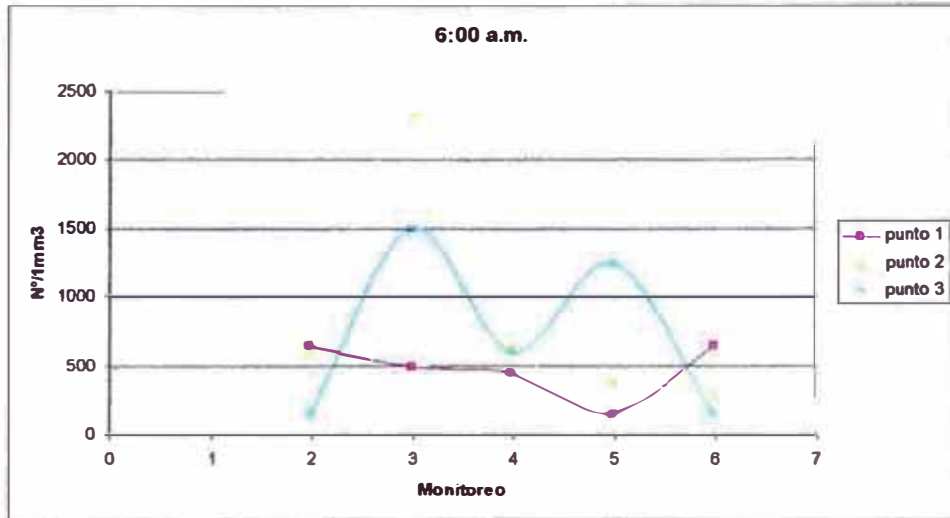
Solo unos cuantos puntos y en algunas horas se tiene un modelo parecido pero en la mayoría no como se muestra en las siguientes graficas.

Gráfico 196:

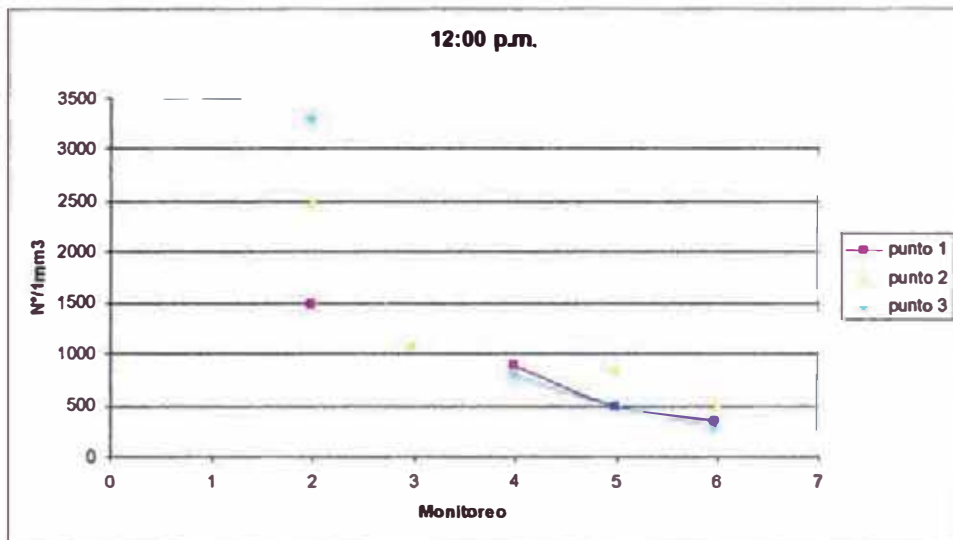




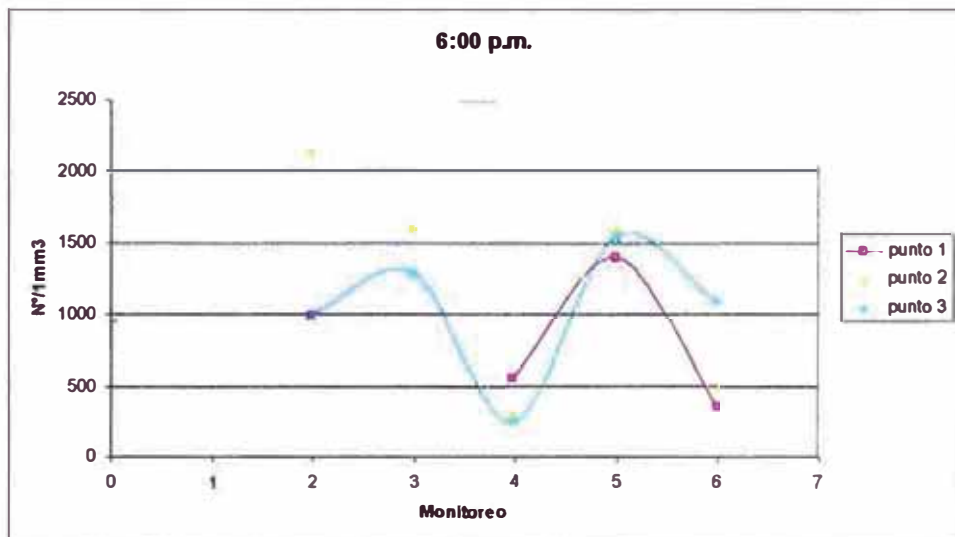
**Gráfico 197:**



**Gráfico 198:**



**Gráfico 199:**





El comportamiento a largo del día sigue un mismo modelo como se ve en la grafica siguiente:

Tabla 82:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	560	480	813	875
punto 2	860	860	1238	1013
punto 3	860	730	1225	825

Gráfico 200:

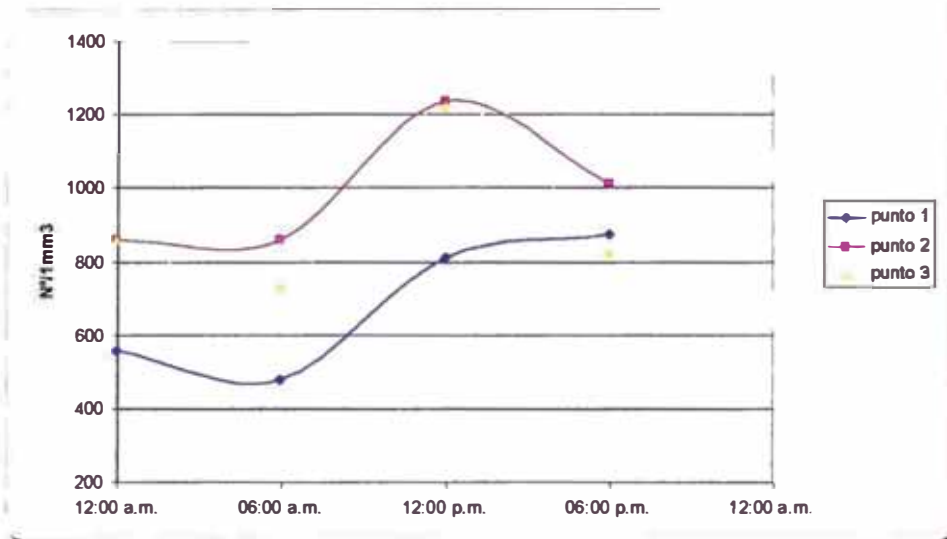
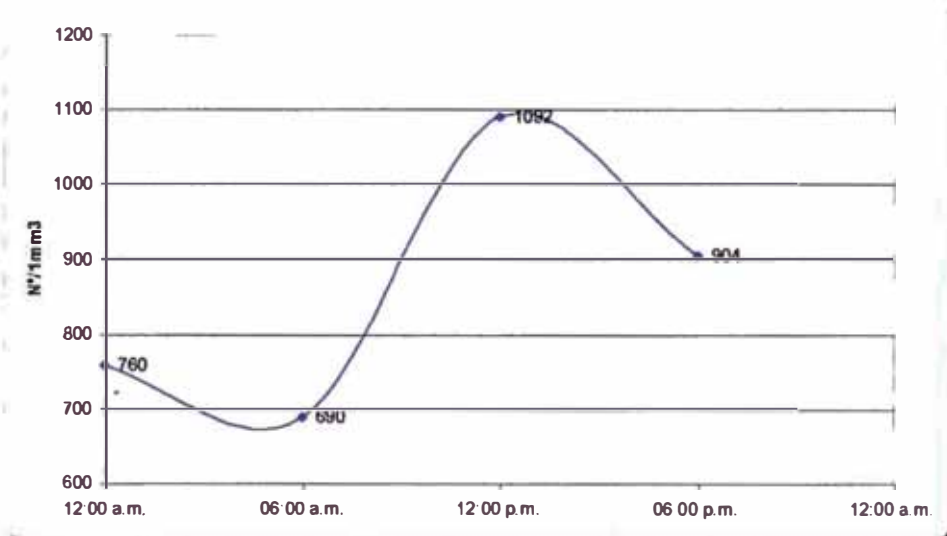


Gráfico 201:



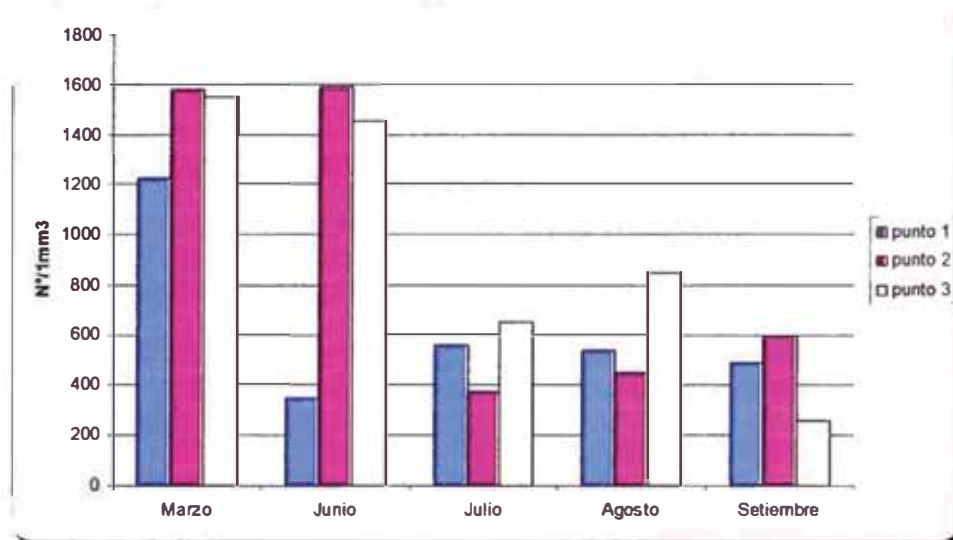


Si comparamos los valores mensuales por cada punto existe una tendencia a ser parecidos, pero en el mes de junio el valor del punto 1 tiene un valor bajo comparado con los otros puntos como se muestra en la grafica siguiente, seguidamente se muestran los valores promedios.

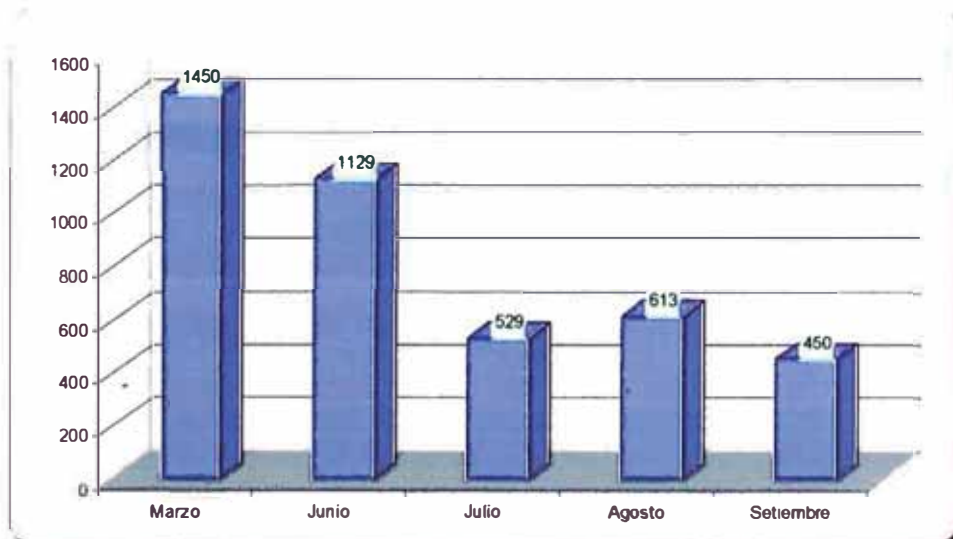
**Tabla 83:**

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1	1225	350	563	538	488
punto 2	1575	1588	375	450	600
punto 3	1550	1450	650	850	263

**Gráfico 202:**



**Gráfico 203:**





## 6.9.- COMPORTAMIENTO DEL NÚMERO DE ROTIFEROS (Nº/50ul) POR HORAS, DIA, MES

### Laguna secundaria

Se presentara el comportamiento del numero de rotiferos, estos fueron contabilizados en la cámara de conteo Sedgwich Rafter.

### Muestra tomada en la superficie (0.0m)

Según los resultados obtenidos los valores casi no guardan modelo continuo como se verán en la siguientes graficas.

Gráfico 204:

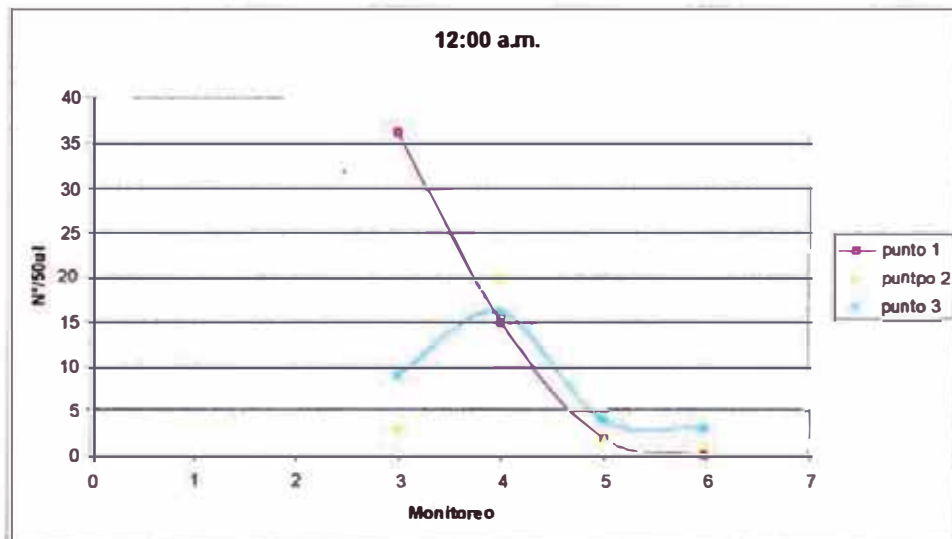


Gráfico 205:

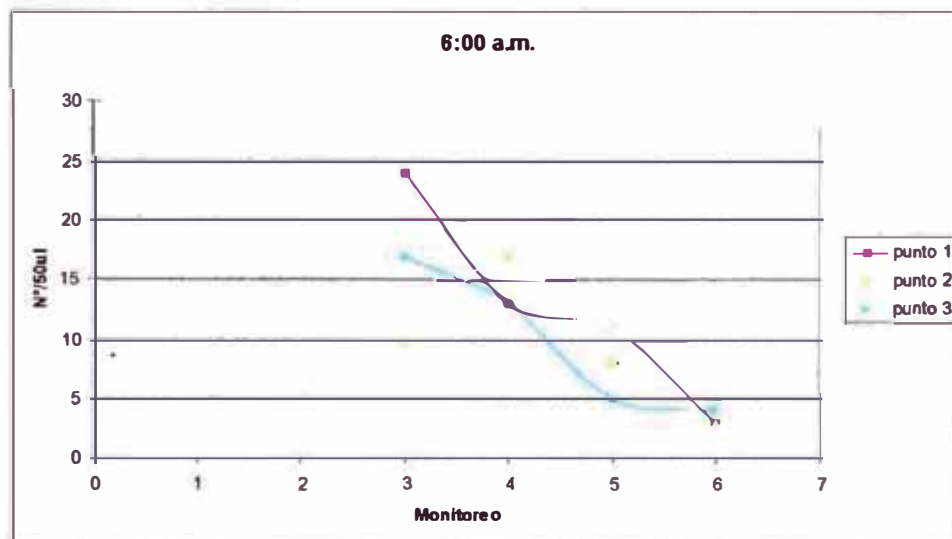






Gráfico 206:

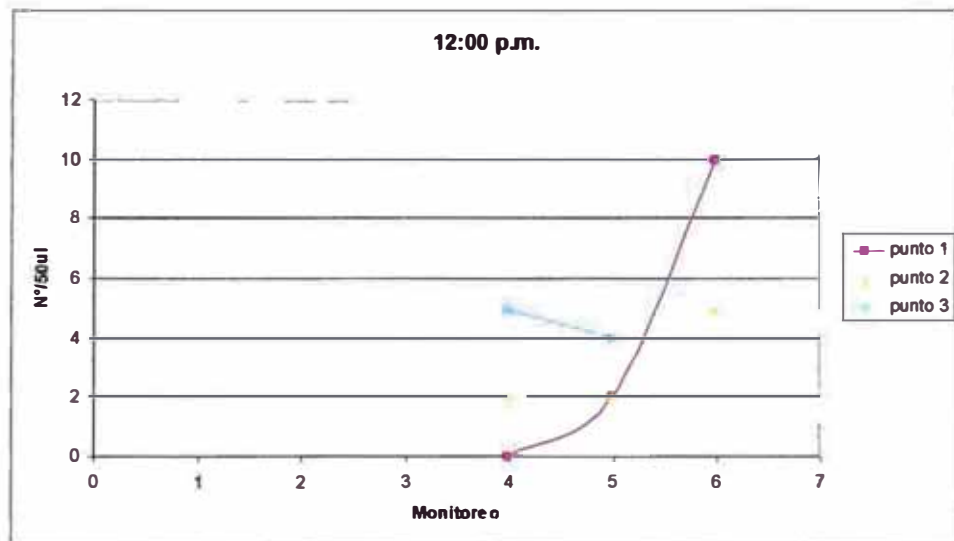
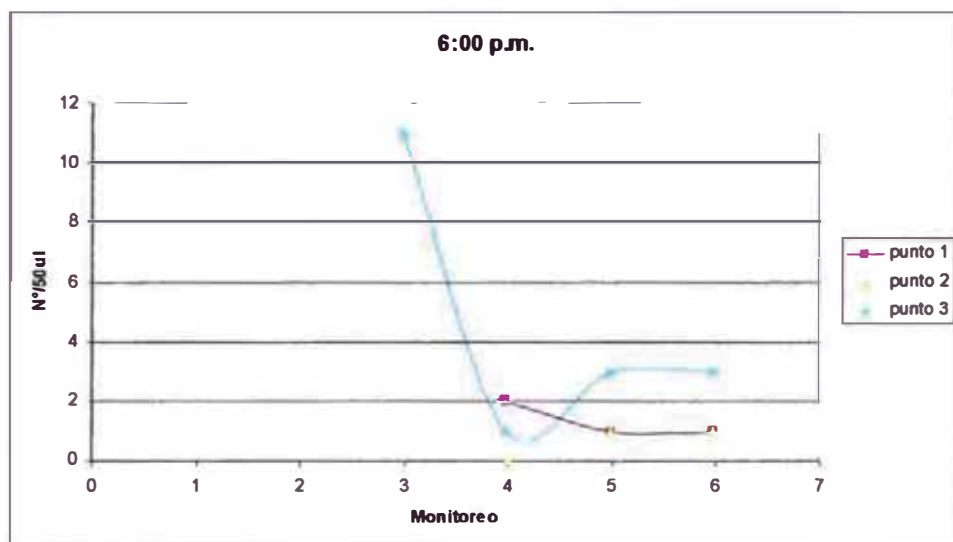


Gráfico 207:



Los valores obtenidos a lo largo del día si guardan una tendencia, con lo cual los valores obtenidos en los promedios nos habla del modelo que si existe.

Tabla 84:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	13	13	4	1
punto 2	7	10	3	1
punto 3	8	10	5	5



Gráfico 208:

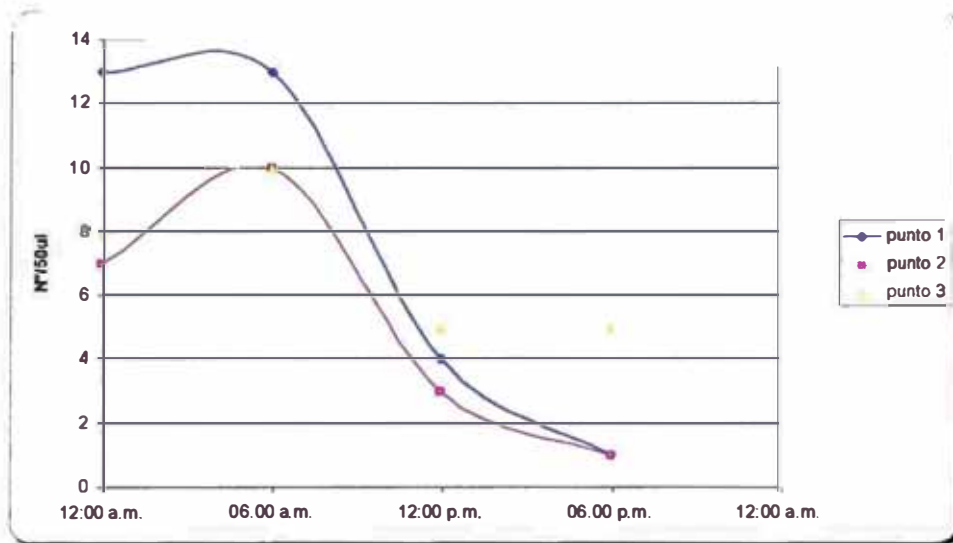
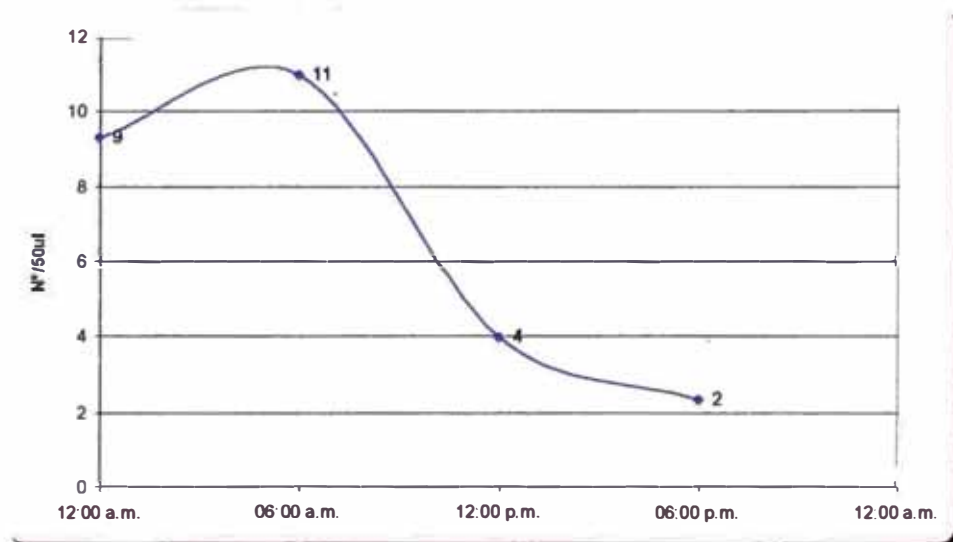


Gráfico 209:



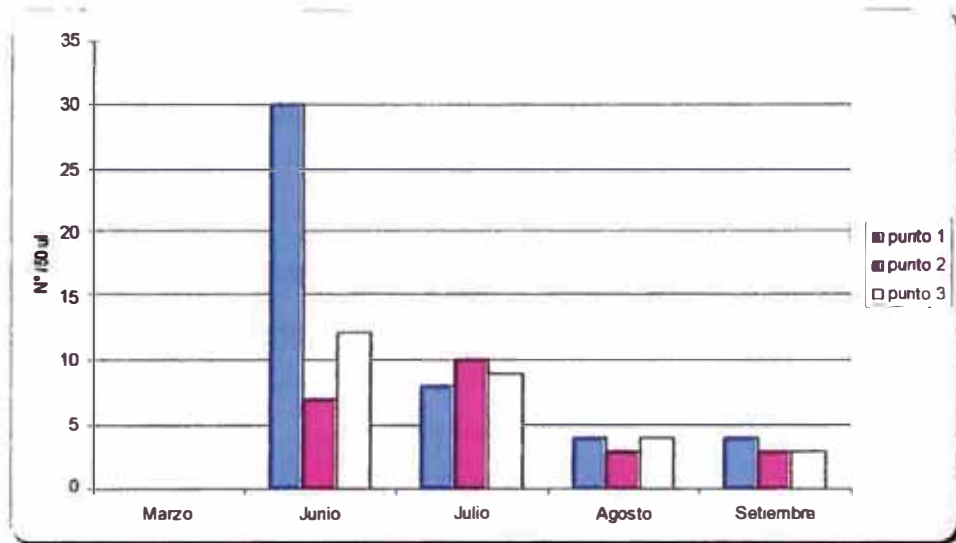
Según los valores para el comportamiento mensual tiene un gran parecido al modelo obtenido por el caudal promedio mensual, en el mes de marzo nos pudieron obtener datos.

Tabla 85:

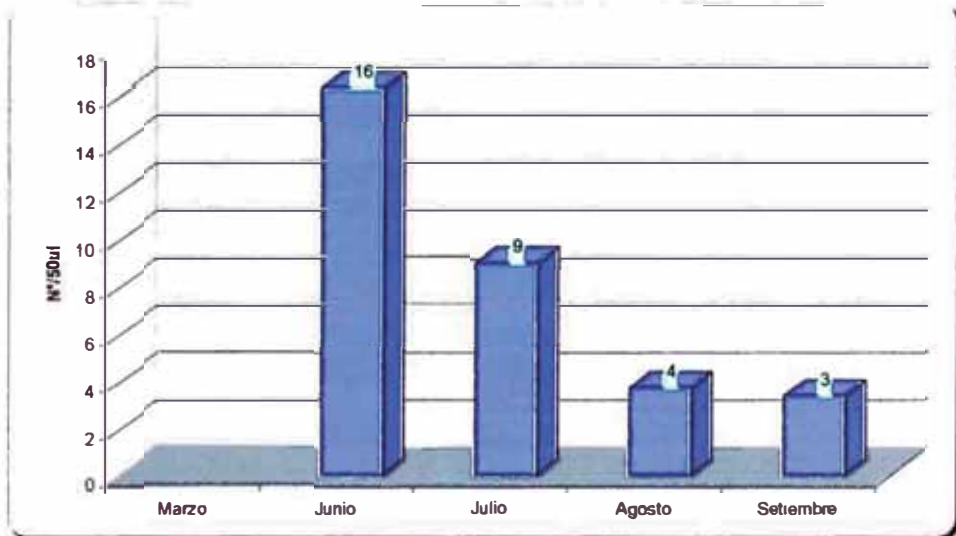
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1		30	8	4	4
punto 2		7	10	3	3
punto 3		12	9	4	3



**Gráfico 210:**



**Gráfico 211:**





### Laguna terciaria

Se presentara el comportamiento del numero de rotiferos, estos fueron contabilizados en la cámara de conteo Sedgwich Rafter como en la laguna secundaria.

#### Muestra tomada en la superficie (0.0mt)

Según los resultados obtenidos algunos guardan modelo continuo como se verán en la siguientes graficas

Gráfico 212:

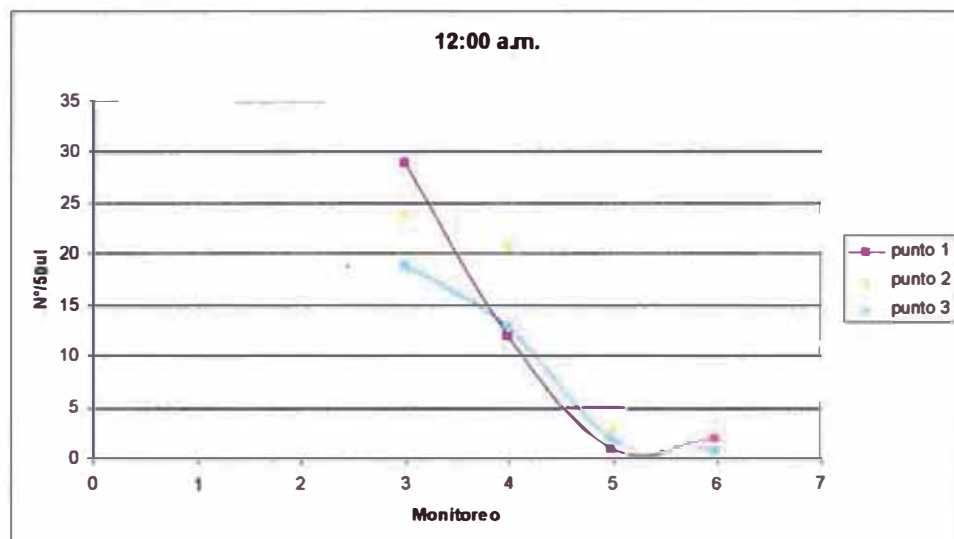


Gráfico 213:

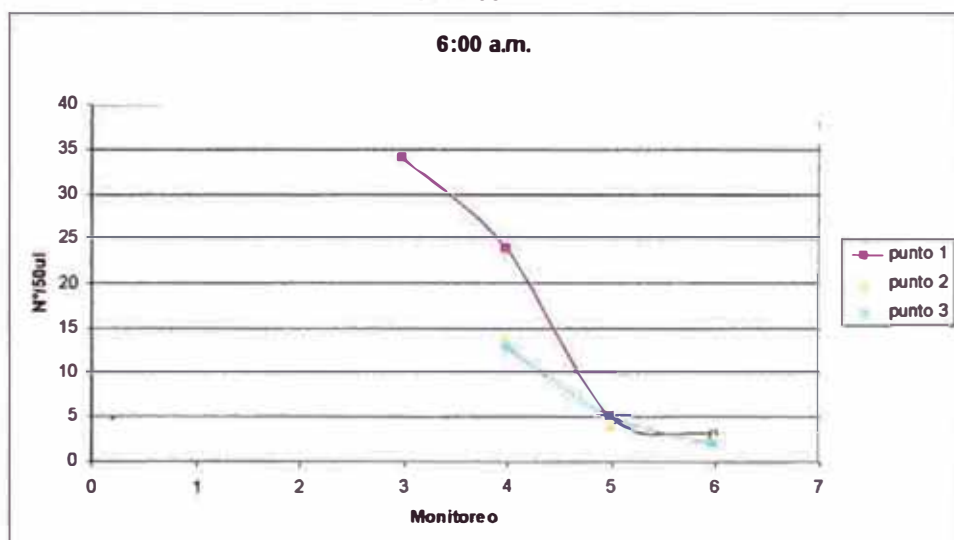




Gráfico 214:

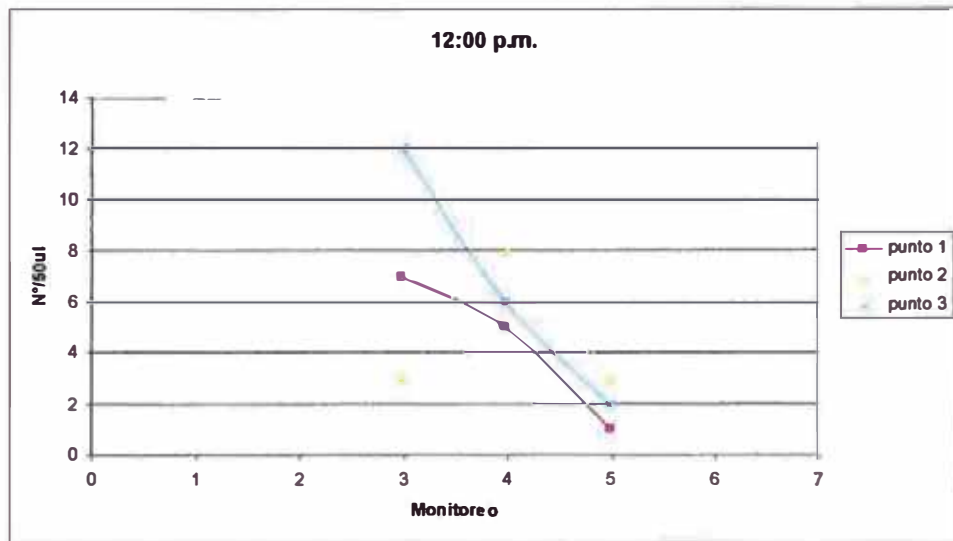
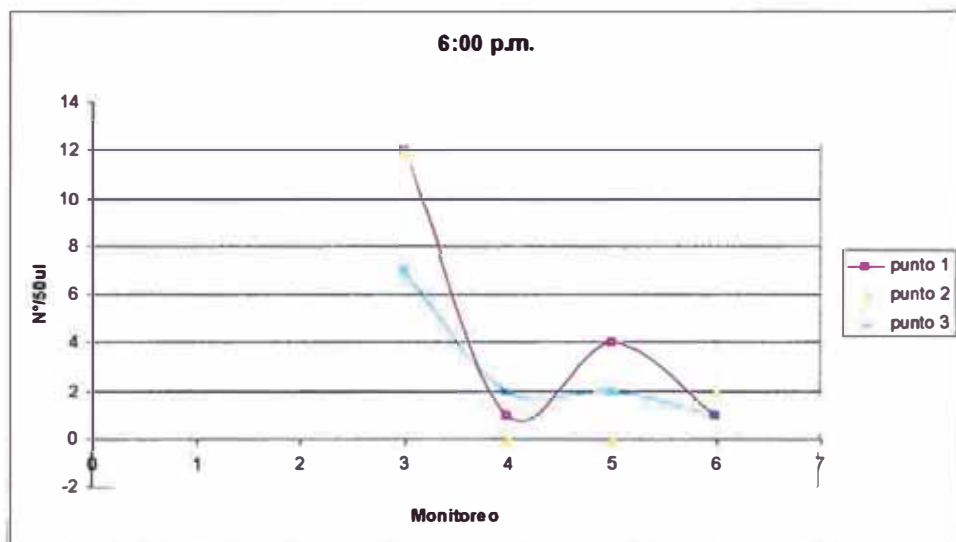


Gráfico 215:



Los valores obtenidos a lo largo del día no guardan una tendencia, como en el caso anterior con respecto a este análisis, seguidamente se muestra la grafica seguidamente el promedio de los valores

Tabla 86:

	12:00 a.m.	06:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.
punto 1	11	17	4	5
punto 2	12	7	5	4
punto 3	9	7	7	3



Gráfico 216:

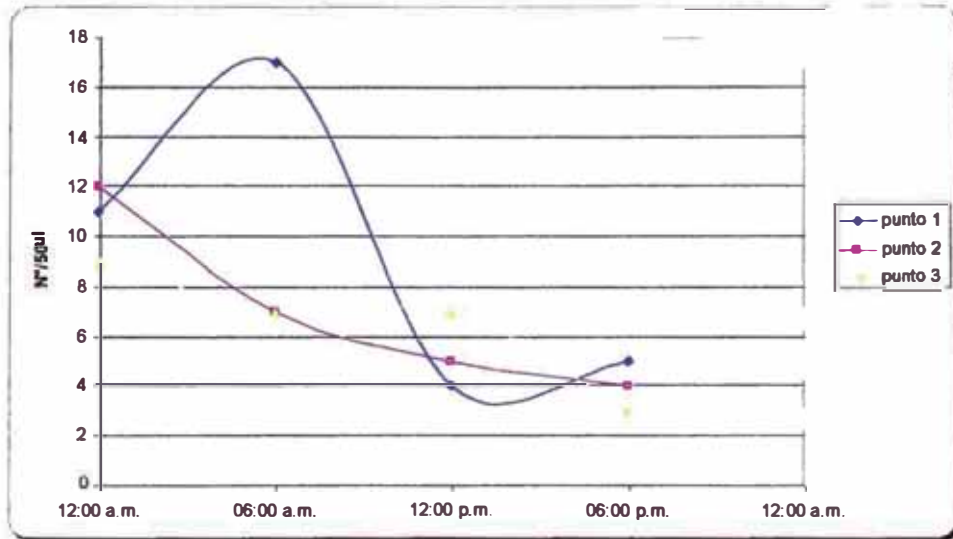
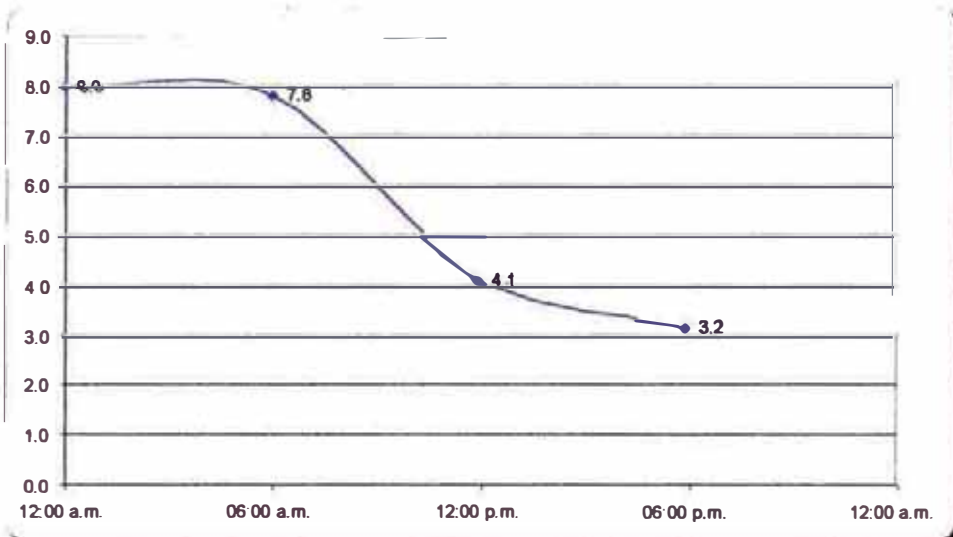


Gráfico 217:



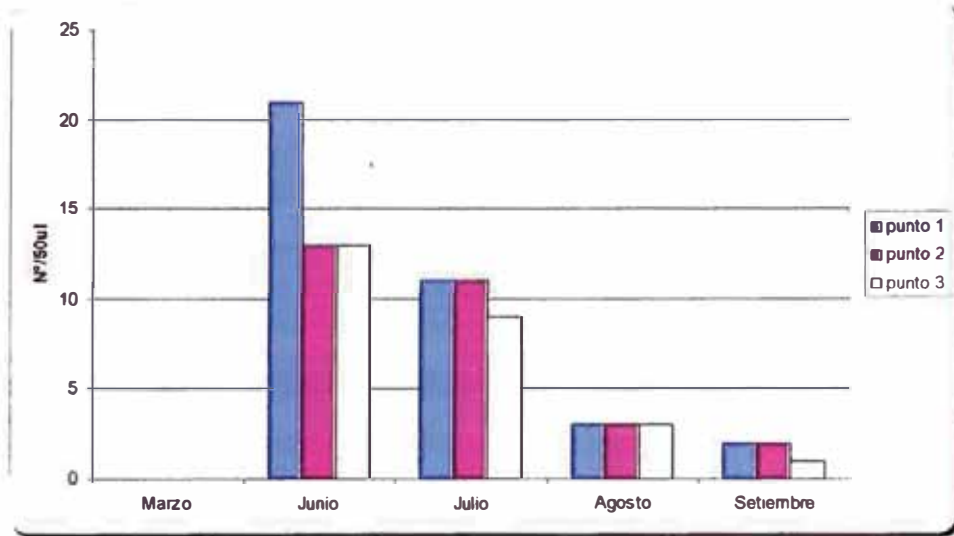
Según los valores para el comportamiento mensual tiene un gran parecido al modelo obtenido por el caudal promedio mensual e igualmente al de la laguna secundaria, en el mes de marzo no se pudieron obtener datos.

Tabla 87:

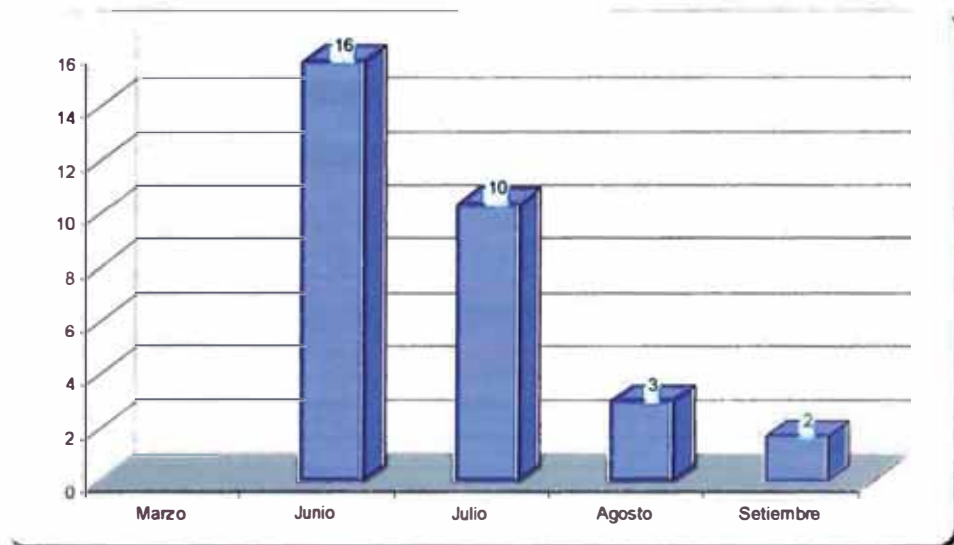
	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
punto 1		21	11	3	2
punto 2		13	11	3	2
punto 3		13	9	3	1



**Gráfico 218:**



**Gráfico 219:**





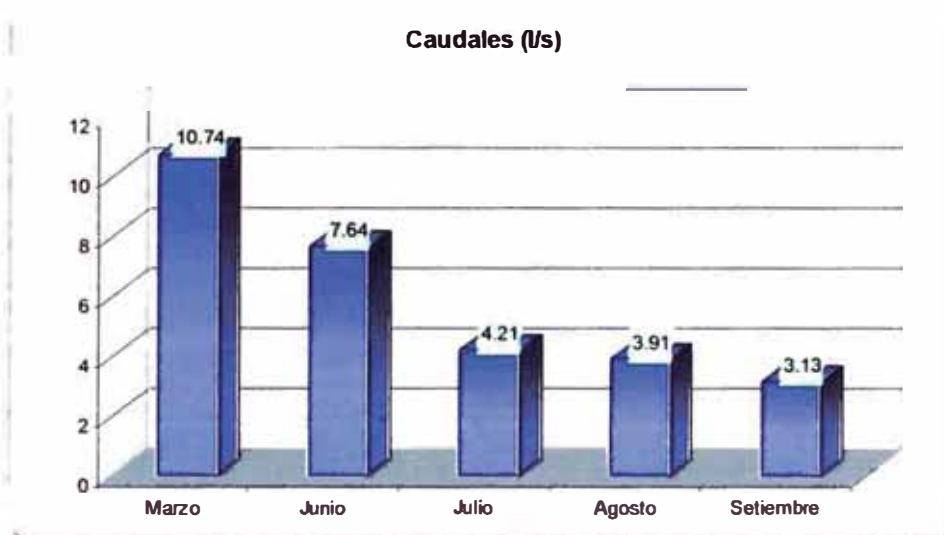
### 3.5.10.- CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES DURANTE LA ETAPA DE MONITOREOS

A continuación se muestran los datos promedios de caudales de cada mes que ingresa a la planta durante la investigación.

Tabla 88:

	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Caudales (l/s)	10.74	7.64	4.21	3.91	3.13

Gráfico 220:







## **4.- SEGUNDA ETAPA**

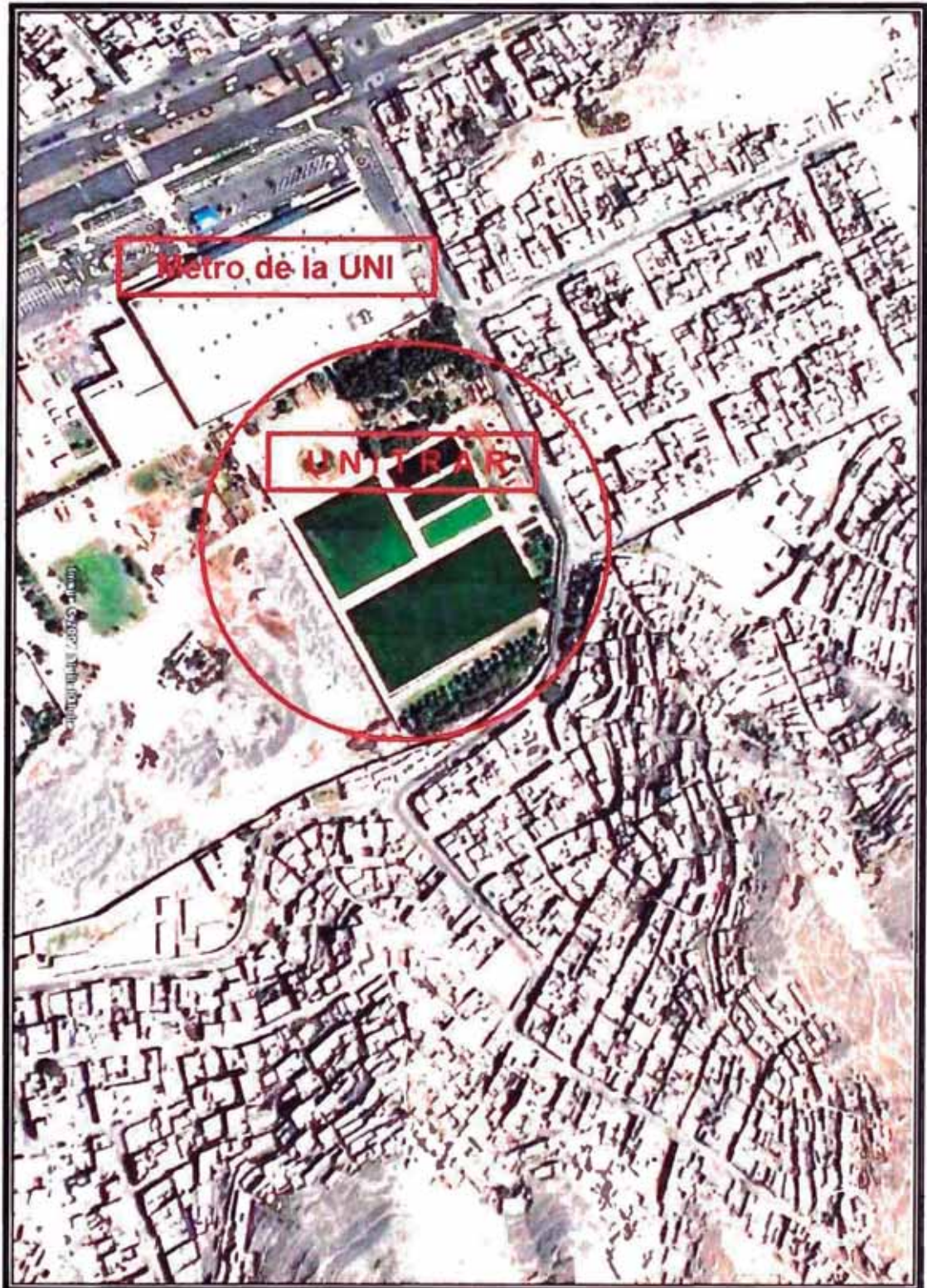
### **"VARIACION POBLACIONAL E IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE UNITRAR"**

Esta parte de la tesis se hizo con apoyo de la estudiante de biología DIANA WHELLAMS de la Universidad de Trent, (Canadá) durante los meses de enero, febrero y marzo del 2007; esta etapa se llevo a cabo en las instalaciones del laboratorio de investigación de la FIA como también en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNI - UNITRAR

El foco de esta parte del estudio esta en la laguna secundaria y la laguna terciaria. Estas lagunas son facultativas, es decir operan con una capa aeróbica (encima) donde ocurre la fotosíntesis y oxidación aeróbica y una capa inferior donde predominan procesos anaeróbicos. Estos procesos son llevados a cabo por diversos microorganismos que viven en las lagunas; entre ellos algas, bacterias, rotíferos, ciliados y protozoarios. Tales organismos y sus procesos bioquímicos forman un ecosistema complejo, diverso y dinámico. El objetivo del estudio es de identificar y cuantificar los microorganismos de la laguna secundaria y terciaria, así como también las fluctuaciones de los números y tipos de microorganismos según el tiempo de retención hidráulico del sistema, es decir durante el pasaje de la masa de agua por las lagunas mencionadas.



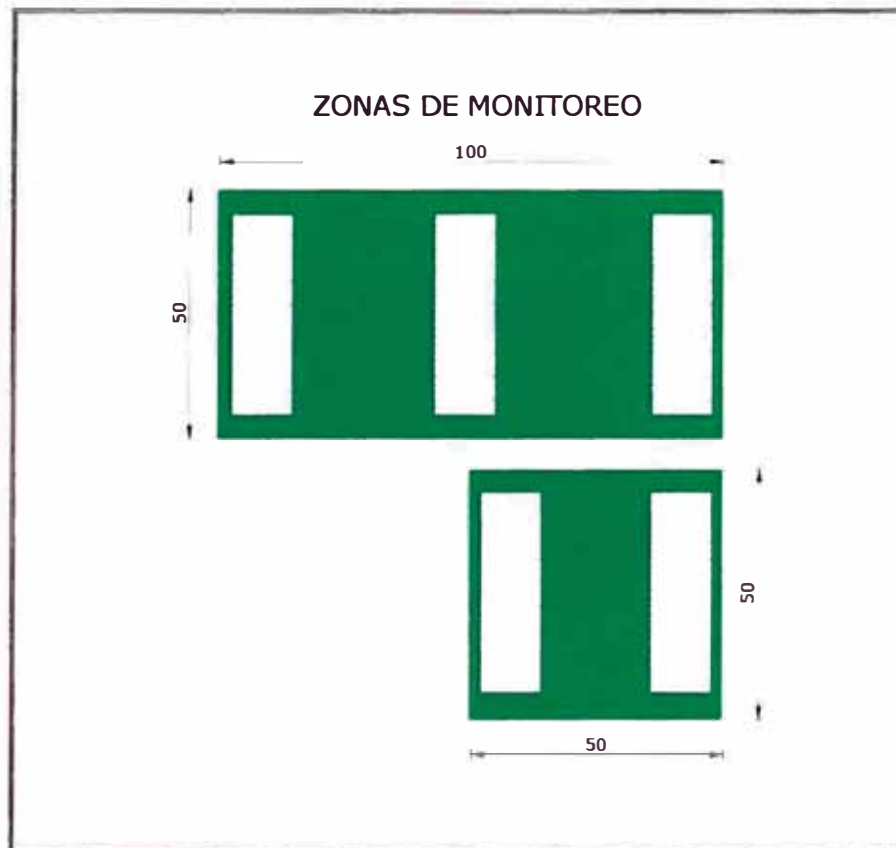
*Fig. 1: Ubicación de las Lagunas de UNITRAR vistas por el programa Google Earth.*

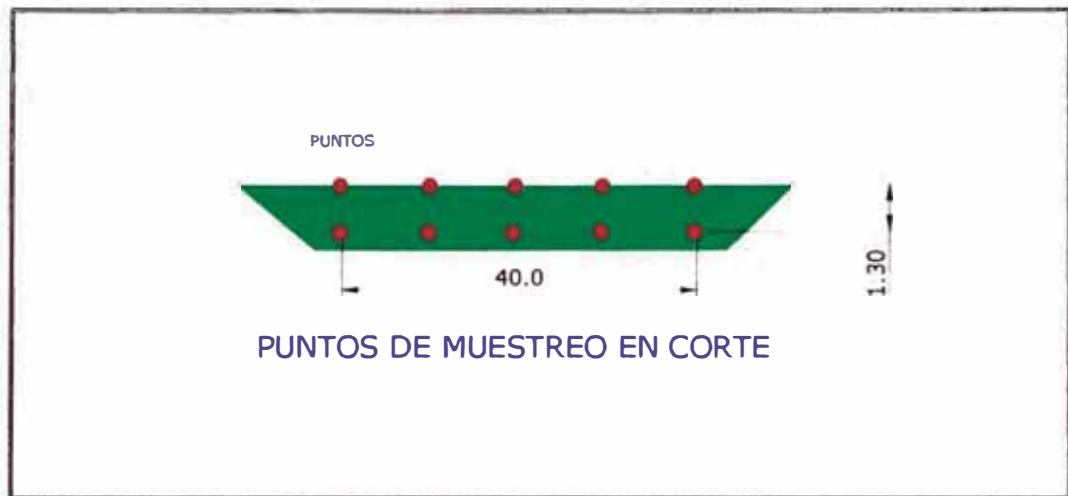




### 4.1.- MÉTODOS

Fig. 2, 3 y 4: Ubicación de las zonas de muestreo para el monitoreo en la laguna secundaria y terciaria de UNITRAR.





#### 4.1.1.- Ubicación de las zonas a monitorear

Como indicado en fig. 2, identificamos 5 zonas de 12m por 40m los cuales representaban la zona de entrada, medio y salida de la laguna secundaria como también la entrada y salida de la laguna terciaria. Dentro de estas zonas, tomamos muestras en botellas estériles a cada 4m de distancia dentro de los 12m; esas fueron juntadas en una sola muestra compuesta. Tales muestras fueron tomadas 5 veces a distancias separadas de 10m dentro de los 50m que forman la anchura de la laguna, excluyendo un margen de 5 m por cada lado. En resumen, en cada zona, 5 muestras compuestas, cada una consistiendo de agua de 5 puntos diferentes. Las muestras fueron tomadas en una balsa artesanal a dos profundidades. En la superficie fueron tomadas directamente y a la profundidad de 1,30m por un dispositivo casero que consistía de un tubo para recoger agua del fondo de las lagunas como se muestra en la Fig. 3. Se debe notar que en algunos casos a una profundidad de 1,30 m. se encontraba lodo y no agua; en esos casos la muestra fue omitida de la muestra compuesta. Todo el proceso fue repetido 3 veces (3 'ciclos') para describir el comportamiento de 3 masas de agua diferentes pasando por las lagunas.



*Foto 41: Vista de toma de muestras a una profundidad de 1,30 m*

#### **4.1.2.- Métodos de análisis para el conteo de bacterias**

La cuantificación de bacterias de las muestras fue hecha en dos formas diferentes. Debido a que gran porcentaje de bacterias de aguas residuales no crecen en medios sólidos, tomamos la decisión de teñirlas con una tinta epifluorescente para hacer un conteo directamente de la muestra líquida.

##### **Metodología de trabajo de laboratorio**

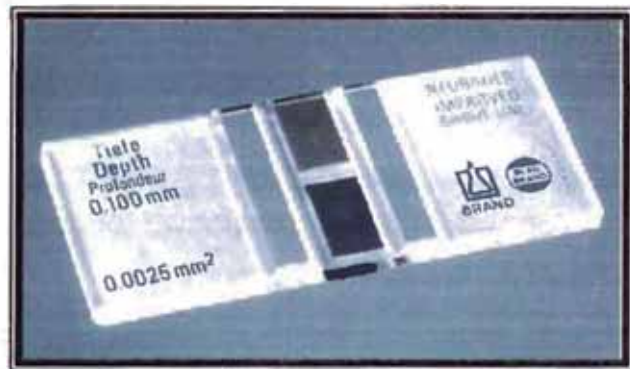
500  $\mu\text{l}$  de una dilución de  $10^{-2}$  (representando un total de 5  $\mu\text{l}$  de la muestra) fue cultivado en medio estándar en placas de Petri. La muestra fue puesta primero en la placa, luego se añadió el medio y se mezclaron ambos ligeramente. Las placas fueron incubadas a una temperatura de  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. La tinción de epifluorescencia fue hecha con tinta naranja de acridina en filtros policarbonatos de 0.2  $\mu\text{m}$  de abertura según las especificaciones de Hobbie et al, 1977. El conteo de las bacterias en el microscopio de epifluorescencia fue hecho en 5



campos escogidos al azar de cada filtro observado, obteniéndose el promedio de este valor.

#### 4.2.- CONTEO Y CLASIFICACIÓN DE ALGAS Y ROTÍFEROS

Para el conteo de algas usamos una celda de Neubauer, donde contamos las algas observadas en 5 de las 10 cuadrículas, como se puede ver en la fig. 5-6. La excepción fue en el ciclo 3 cuando solo se contaron algas dentro de una cuadrícula debido a la alta cantidad de algas. Para los rotíferos y protozoarios como *Lepocinclis* y *Euglena*, usamos la celda Sedgewick Rafter donde se contaron todos los microorganismos que se encontraron en una fila, el cual contiene 50  $\mu\text{l}$  de muestra.



*Fig.5 y 6: en la parte superior se muestra la celda celda Neubauer y en la parte inferior como se visualiza las diferentes algas en las cuadrículas para ser cuantificadas.*





La identificación de algas y rotíferos es difícil, por lo tanto se debe apreciar que el proceso a veces es tanto arte como ciencia. Muchas algas son parecidas y sin pruebas moleculares para confirmar los resultados puede haber errores en la identificación. Sin embargo, se hizo un esfuerzo para ser lo más preciso posible en la identificación y referimos a innumerables libros y sitios de la Web además de unos expertos en el campo.

#### **4.3.- MEDICION DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (D.B.O<sub>5</sub>)**

La D.B.O<sub>5</sub> de las muestras fue medido según los métodos estándar; cabe aclarar que estas muestras fueron filtradas para evitar D.B.O producida por las algas, pero la eliminación de las algas por filtración no fue tan eficiente debido a que algunas algas pasaban los filtros.

#### **4.4.- pH**

El pH fue medido minutos después que fueron tomadas las muestras con Corning pH/ion meter 450.

### **4.5.- RESULTADOS**

#### **4.5.1.- Conteo de Bacterias**

Usamos dos métodos para el conteo de bacterias, suponiendo que usando microscopia epifluorescente mostraría una población de bacterias que no pueden vivir en medios sólidos.

Como se puede ver en las graficas del 221 al 224, las curvas de números de bacterias contadas por cada método son muy distintas, dentro de ellos y también entre los ciclos 1 y 2. Esto puede sugerir que los métodos no están midiendo el mismo tipo de bacteria; sería lógico que en los cultivos en placas, donde las bacterias están expuestas a oxígeno, crecerían más bacterias aeróbicas que anaeróbicas aunque usando el método de epifluorescencia se podría ver ambos tipos.



Usando esta lógica se supone que habrá una mayor cantidad de colonias en las placas con las muestras extraídas de la superficie de las lagunas, lo que es el caso del ciclo 1 y 2 pero no en el ciclo 3. También se debe notar que el hecho de mezclar las muestras con agar líquido en lugar de utilizar placas petri encima del agar permitía el crecimiento de algunas, aunque pocas, bacterias dentro del agar en condiciones anaeróbicas. No tuvimos en cuenta esa diferencia al contar las bacterias en las placas.

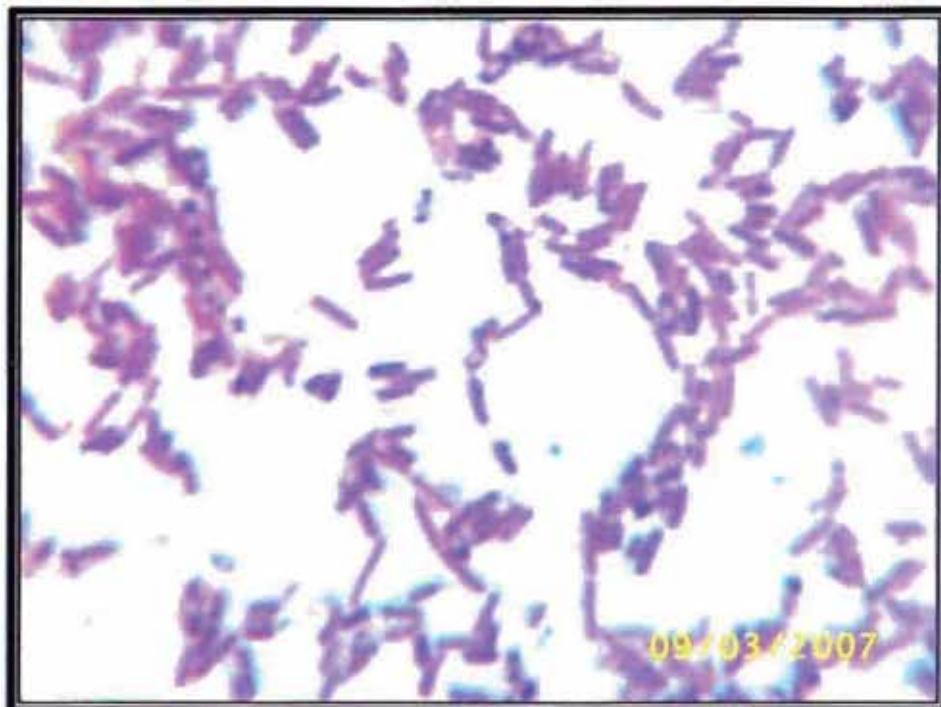
Se debe notar también que en observaciones subjetivas de muestras centrifugadas para congelación se notaba en las muestras de 1.30 m. de profundidad un color blanco-amarillo típico de una gran cantidad de bacterias.

Una alternativa para la caracterización de la comunidad bacteriana sería la extracción y amplificación de ADN para crear perfiles genéticos. Esta es la etapa siguiente que planificamos en el estudio, que nos ayudara también a aclarar la consistencia de los métodos de cultivo en placas petri y epifluorescencia.



*Foto 42: Aquí se muestran las bacterias observadas con el método de epifluorescencia en esta etapa*

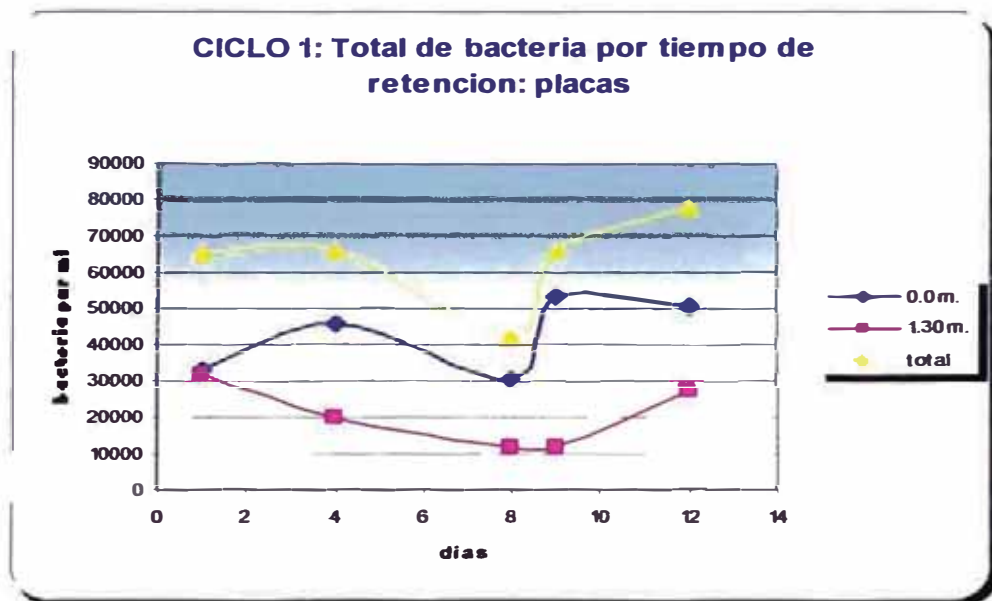




*Foto 43 y 44: En la parte superior observamos bacilos mucho mas alargados que en la parte inferior, estas bacterias son las que se encontraban en las muestras y se hizo la tinción Gram con la finalidad de ser observadas*



Gráfico 221:



En esta grafica superior podemos notar las variaciones de cantidad de población de bacterias en un tiempo de retención de doce días mediante el cultivo en placas petri; a diferencia de la grafica inferior que nos indica la variación en la cantidad de población pero con la técnica de epifluorescencia en la cual observamos diferencias de comportamientos; para continuar se analizara la misma forma de graficas para los otros ciclos restantes.

Gráfico 222:

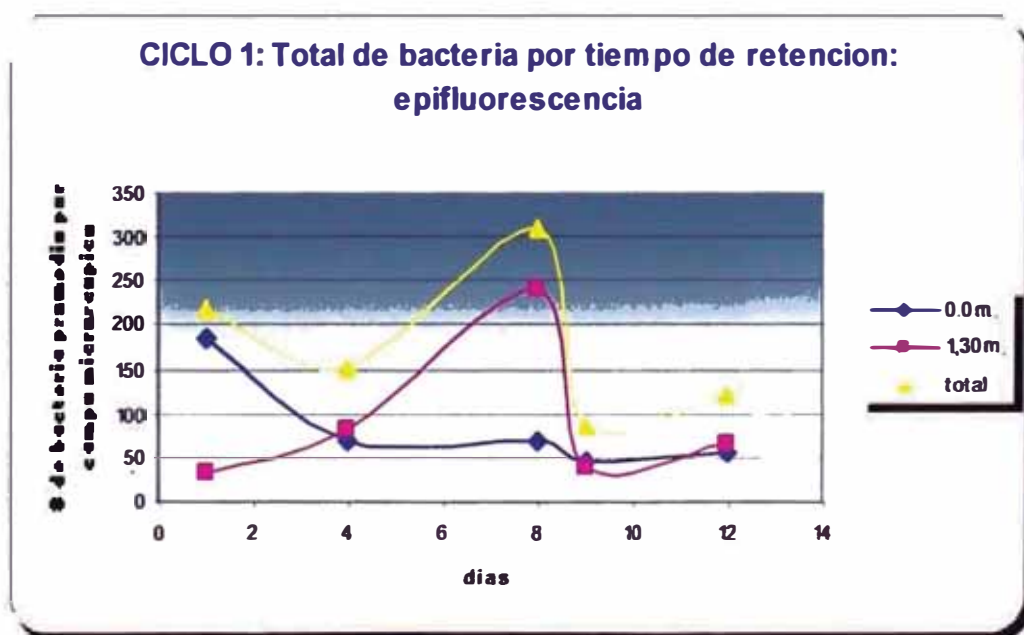
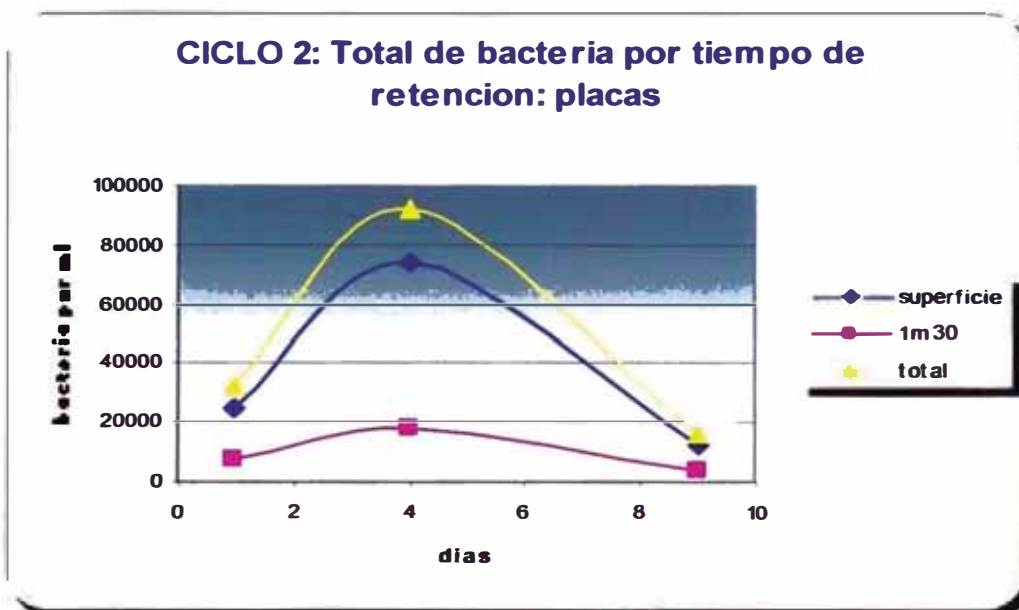




Gráfico 223:



Como en el ciclo anterior en el cual analizamos las graficas, en esta oportunidad observamos que la cantidad de bacterias en la superficie y a 1.30mt de profundidad tiene una tendencia de valores; a diferencia de la técnica de epifluorescencia donde también parece que existe una tendencia similar en las curvas, decimos parece por que faltaron dos mediciones que por motivos de examen de admisión de la universidad no se pudieron realizar.

Gráfico 224:

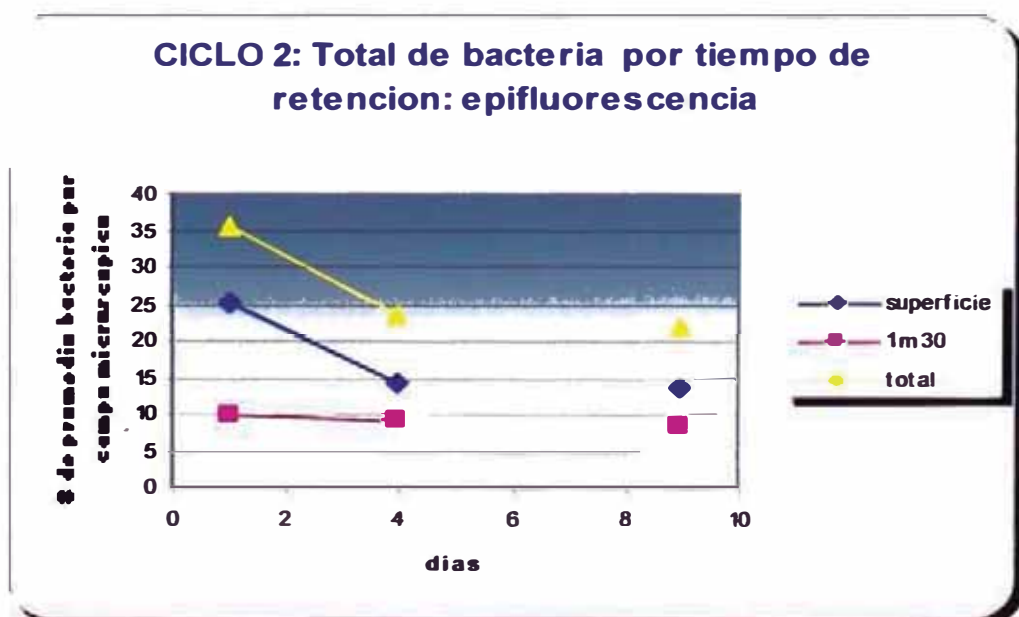
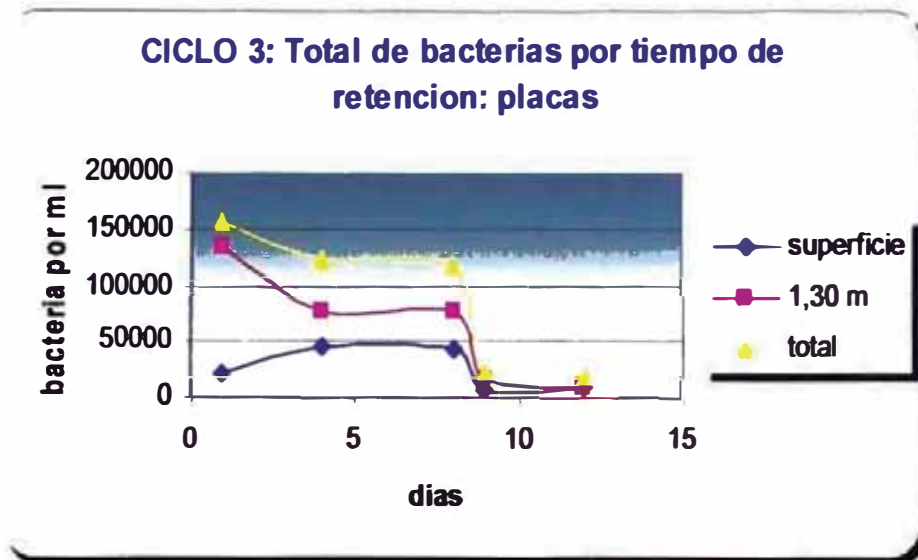


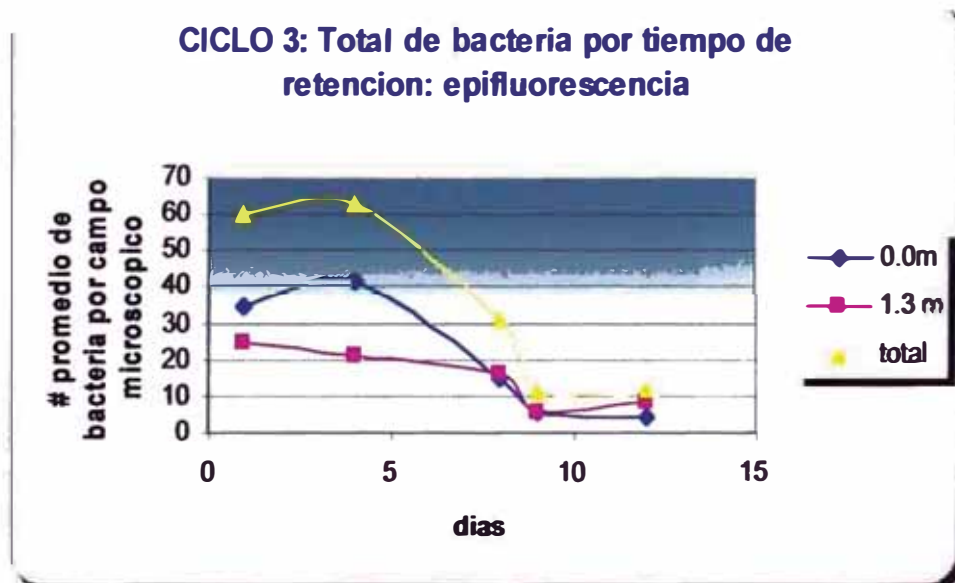


Gráfico 225:



Para este ciclo tercero notamos las ligeras tendencias que existen en ambas metodologías, cabe aclarar que en el método de epifluorescencia el conteo es por campo microscópico y no por un volumen determinado.

Gráfico 226:





#### 4.5.2.- Conteo de algas

La primera cosa que se noto observando las curvas totales de algas (graficas 227 al 229) es que la cantidad de ellas no es muy diferente entre la superficie de las lagunas y la profundidad de 1.30 m., lo que es sorprendente dado que las algas son organismos fotosintéticos que necesitan luz. Sin embargo, este fenómeno también ocurrió en la primera etapa. Es posible que la acción de la balsa afecte a la mezcla de las capas de agua en las lagunas, pero existen diferencias por profundidad en otros parámetros así que no es muy probable. También se nota que en todos los ciclos el pH de la superficie de las lagunas es mas alto que en profundidad. Normalmente esto se podría atribuir a una mayor cantidad de algas, como fijan  $\text{CO}_2$  y luego carbonato en compuestos orgánicos, pero solo hay una relación positiva entre la cantidad de algas y un pH mas alto en el ciclo 3, donde también el numero total de algas es superior a otro ciclos y el pH promedio es superior a otros ciclos, consistente con la teoría bioquímica. Sino que podemos atribuir un pH elevado al nivel más alto de fotosíntesis (y por lo tanto fijación de  $\text{CO}_2$ ) que ocurre en la presencia de más radiación solar.

Gráfico 227:

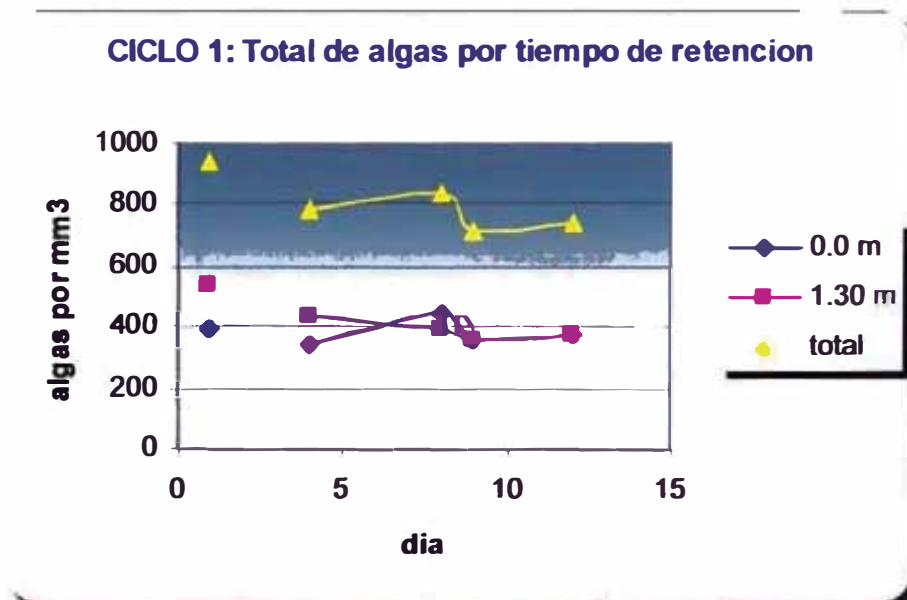




Gráfico 228:

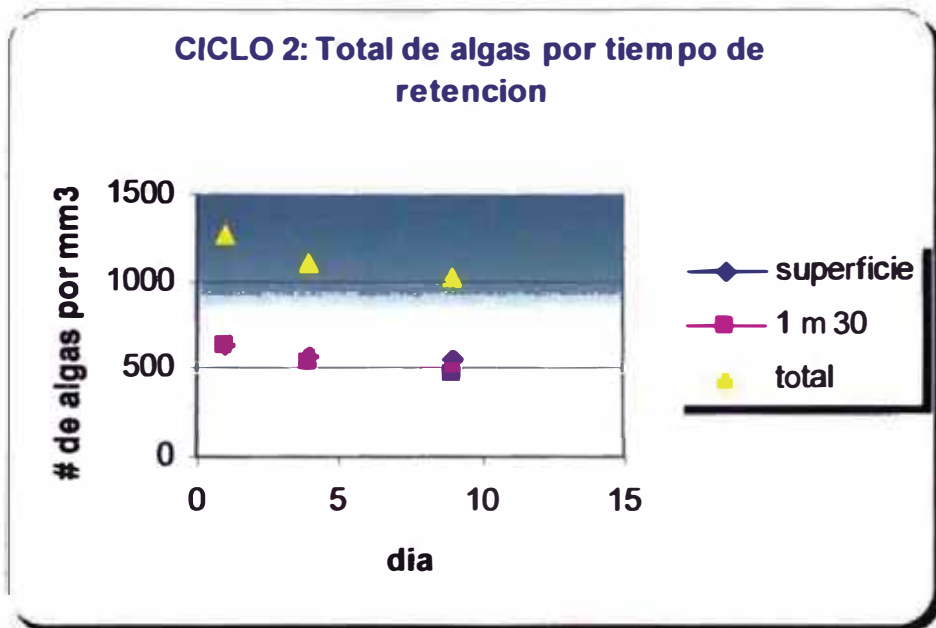
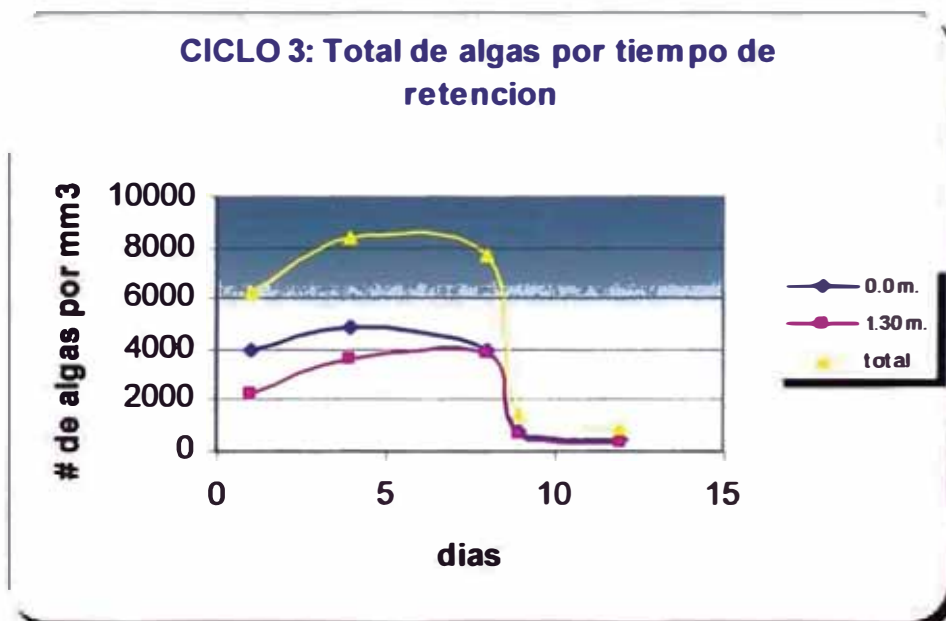


Gráfico 229:



En cuanto a la proporción de diferentes algas, en el ciclo 1 y 2 predominan las algas *Merismopedia* (Foto 45), *Chlorella* (Foto 46), *Kirchneriella* (Foto 47) aunque esta última disminuye en proporción con tiempo de retención. El índice de diversidad Shannon-Weiner en estos ciclos está dentro de 0.75 y 0.91 (un valor más alto indica mayor diversidad). En el ciclo 3 se ve la dominancia casi total del microorganismo que hemos identificado como la cianobacteria



Synechocystis; si se elimina Synechocystis de los datos de algas la curva es completamente distinta. El índice de diversidad del ciclo 3 es muy bajo, con valores entre 0.005 y 0.02.



Foto 45: *Merismopedia*

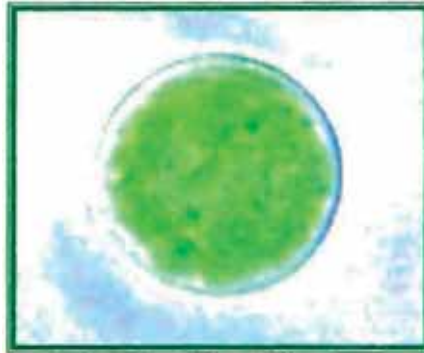
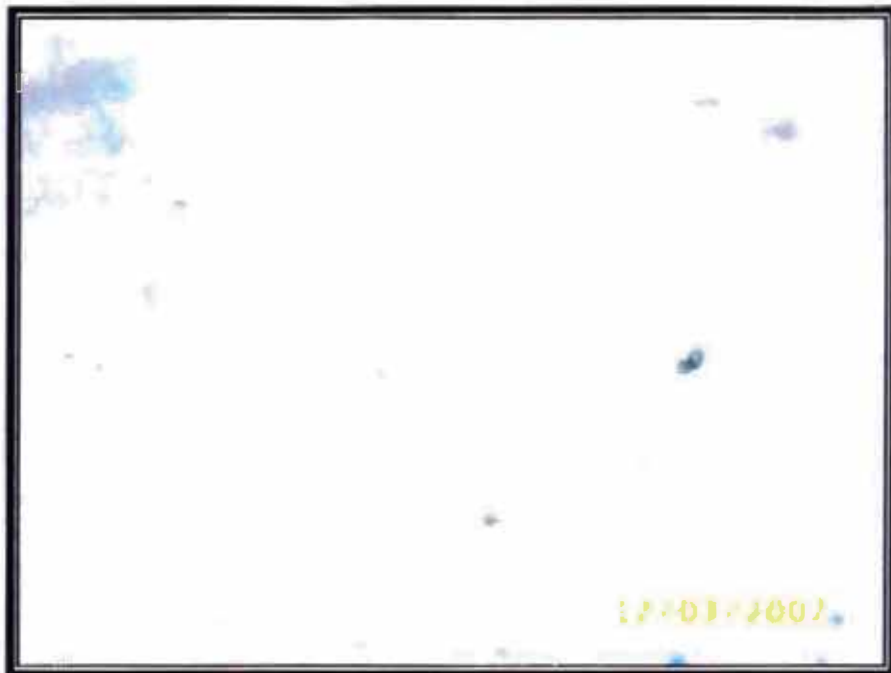


foto 46: *Chlorella*



Foto 47: *Kirchneriella*

La presencia de tan altos números de Synechocystis sugiere que posiblemente estaba ocurriendo una floración o 'bloom' de algas en la laguna secundaria. Generalmente, una floración sucede cuando existen cantidades masivas (de  $10^4$  a  $>10^6$  células·ml<sup>-1</sup>) (4) de una especie de alga. En nuestro estudio, las concentraciones de células alcanzaron hasta las 103 células por ml<sup>-1</sup>. Las floraciones están caracterizadas también por un cambio de color de las aguas, lo que en este caso fue un color verde brillante (fig. 21) a diferencia del color que normalmente suele tener. Las floraciones de Synechocystis se asocian según los datos obtenidos con altos valores de pH (4), que se observaron en el ciclo 3 en la laguna secundaria con valores entre 8 y 9.5 en contraste a valores entre 7.8 y 8.6 en previos ciclos.



*Foto. 48-49: En la parte superior se puede apreciar el color verde brillante durante la floración de *Synechocystis* y en la parte inferior tenemos a esta alga que están pequeña como las bacterias*

Las floraciones de algas están asociados con un estado eutrófico de las aguas, donde ocurre la adición de nutrientes limitantes como fosfatos o nitratos o el



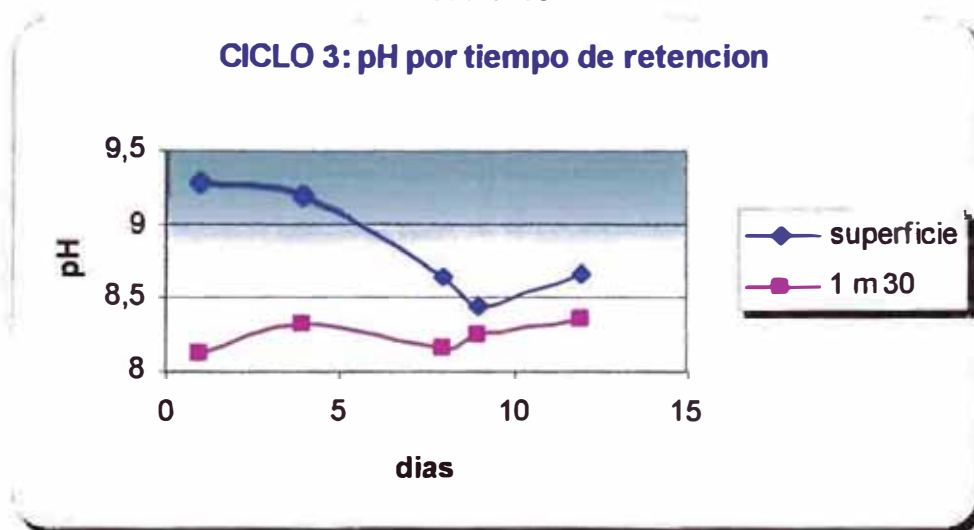


ingreso de una alta cantidad de materia orgánica. Este fenómeno puede ocurrir en lugares de cultivo debido al abono utilizado que por escorrentia llega a cuerpos de agua. Como en la planta UNITRAR las aguas residuales son de proveniencia de un asentamiento humano, es difícil decir que podría ser el ingreso que causo la eutroficación de la laguna secundaria, pero fertilizantes y detergentes son posibles orígenes. Las floraciones de algas también ocurren más con temperaturas altas, lo que es consistente con el calor del verano Limeño durante cual hemos hecho el estudio. Además, las floraciones conducen a un nivel bajo de oxígeno disuelto. No medimos el oxígeno disuelto en este estudio pero se recomienda hacer la medición en futuros estudios para confirmar la presencia de una floración.

Otra cosa descubierta en el estudio es que, aunque una parte de las aguas pasan de una laguna al siguiente correspondiendo con el tiempo de retención, otra parte se queda; por eso las características del ecosistema de cualquier laguna provienen de las aguas que entran en la laguna y de las que ya están. Este fenómeno se ve muy bien en las curvas del ciclo 3 (graficas: 225,226,229,230 y 231) donde en las 3 primeras muestras, las que representan la laguna secundaria, muestran una gran diferencia en valores de pH, niveles de algas y bacterias y DBO, mientras que los valores se parecen bastante dentro de las ultimas muestras, representantes de la laguna terciaria. La diferencia en las características de las 2 lagunas sugiere que el ingreso de caudal a la laguna secundaria en el momento cuando sacamos muestras fue suficiente para cambiar las condiciones de esta laguna hasta las necesarias para la floración de algas; en cambio se ve que el agua que llegó a la laguna terciaria todavía no pudo cambiar las condiciones de la misma manera. Es muy posible que, en tiempo, con la afluencia de suficiente agua de la laguna secundaria, la laguna terciaria hubiera empezado una floración de algas también, pero igualmente es posible que algunas características de las aguas de esta laguna pudieran contrarrestar la floración. El carácter tan dinámico de las aguas se puede ver en las fotos 50 y 51 donde se observan los colores diferentes entre lagunas y a veces dentro de lagunas.

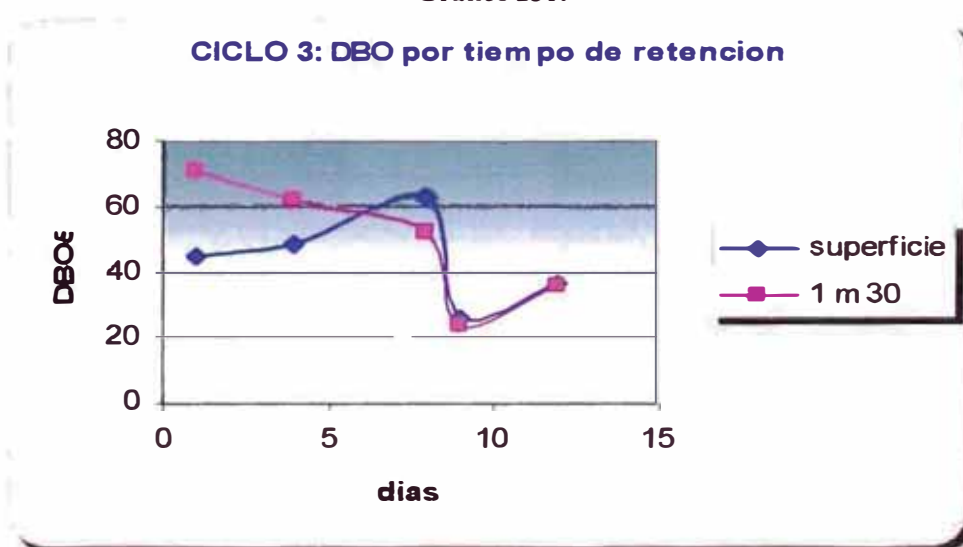


Gráfico 230:



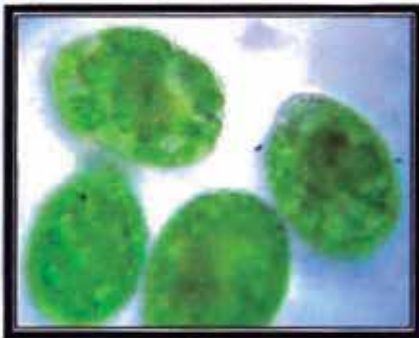
En la grafica superior se observan los cambios de valores del pH según el tiempo de retención hidráulica total, en el cual notamos una disminución en la superficie pero no sucede lo mismo a 1.30m de profundidad, pero si se nota un valor bajo en comparación con la superficie lo cual cumple con la teoría. En cuanto a los valores de DBO para la primera etapa correspondiente a la laguna secundaria no existe una tendencia clara pero si para laguna terciaria.

Gráfico 231:

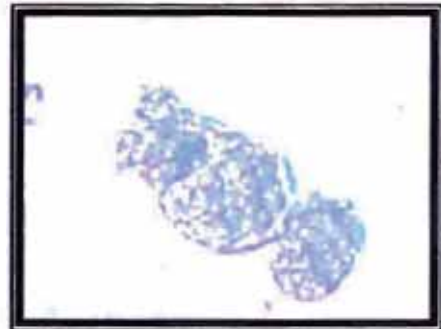




*Fotos 50 y 51: La laguna Terciara donde se visualiza dos formas de coloraciones por parte de las algas*



*Foto 52: El protozooario Lepocinclis*



*Foto: 53: El rotifero Brachionus*

Además de los organismos identificados arriba, hemos visto por lo menos 20 que no pudimos identificar.



## 5.- TERCERA ETAPA

### "EFECTO DE LA BIOMASA BACTERIANA EN LA DEGRADACION DE LA MATERIA ORGANICA"

EL objetivo esta etapa es evaluar el comportamiento de la biomasa bacteriana en la degradación de la materia orgánica en términos de  $DBO_5$  para ello dicha biomasa fue obtenida de las cepas que fueron aisladas durante la primera etapa.

#### 5.1.- Metodología

El aislamiento de estas cepas bacterianas se hizo de cada monitoreo de la primera etapa; la metodología era observar en las placas sembradas los diferentes tipos de colonias que crecieron en los medios de cultivo y de esta manera los separábamos y se sembraban en otras placas, este proceso se hizo constantemente durante la investigación; después de tener las placas con diferentes bacterias se procedió a cultivarlos en medios líquidos y después conservarlos a  $-70^{\circ}C$  por durante el tiempo que demoraría la segunda etapa.

Después de tener las cepas se utilizo tres sistemas batch calculando sus dimensiones de manera tal que tengan las mismas condiciones ambientales de las lagunas de estabilización que son la temperatura y radiación, en forma de peceras de  $20 \times 20 \times 30$ cm, los cuales serian llenados con muestras de la laguna secundaria; a estos bach los llamamos  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  en el cual el primero solo tenia muestra de laguna, el segundo tenia muestra de laguna mas una concentración de bacterias  $C_1$ , el tercero tenia muestra de laguna mas una concentración de bacterias  $C_2$  que es el doble de  $C_1$  ósea  $C_2=2C_1$ .

Cabe aclarar que para el ciclo 1 y ciclo 2 se utilizo las mismas cepas pero distintas para el ciclo 3 con la finalidad de obtener datos distintos de remoción de materia orgánica en términos de  $DBO_5$ .



*Fotos: 54 y 55: Este es el momento donde colocamos los sistemas batch, que son tres unidades con concentración de bacterias distintas*



## 5.2.- Ciclo I

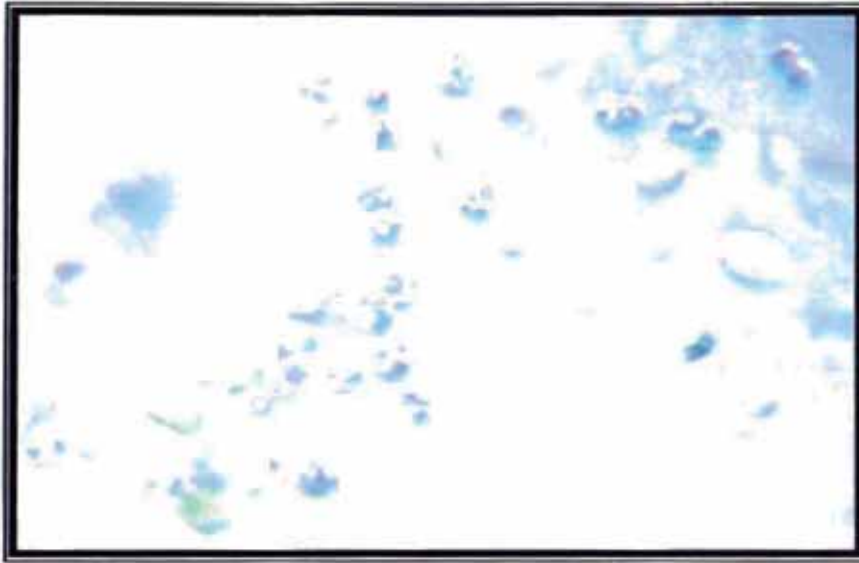


Foto 56: Especie de algas que se logro encontrar en los batch.

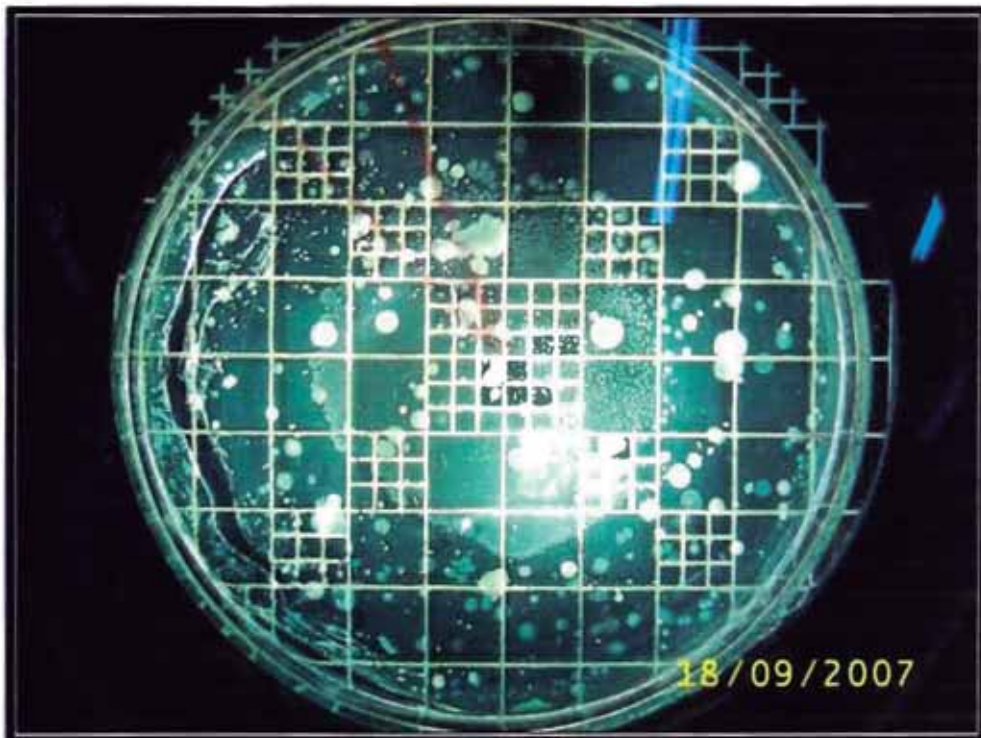
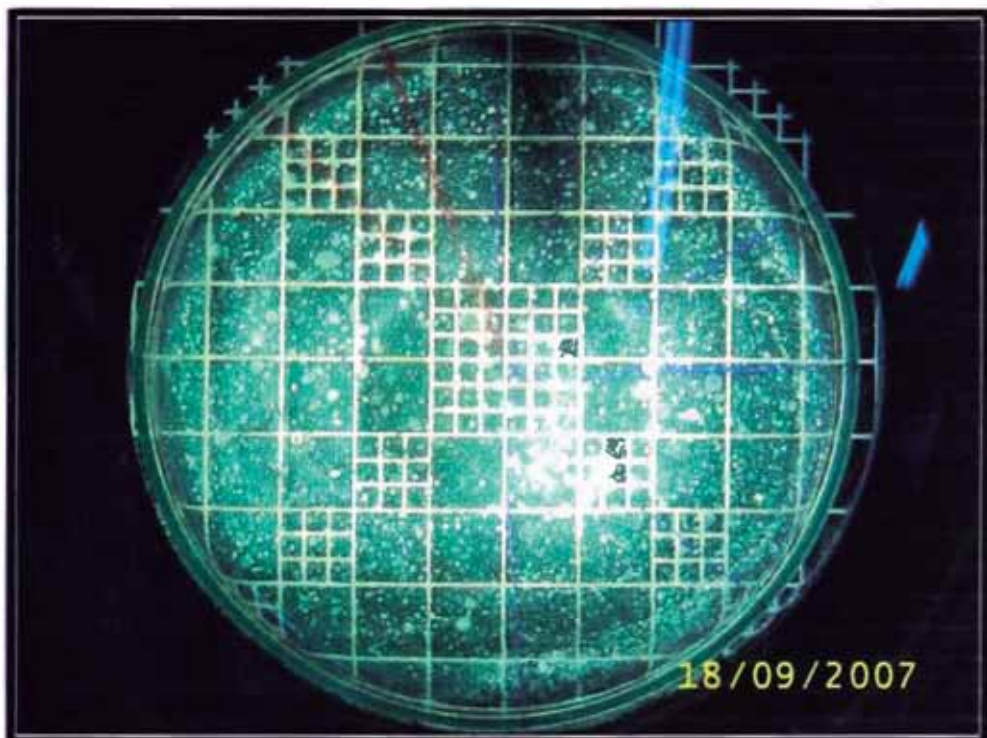
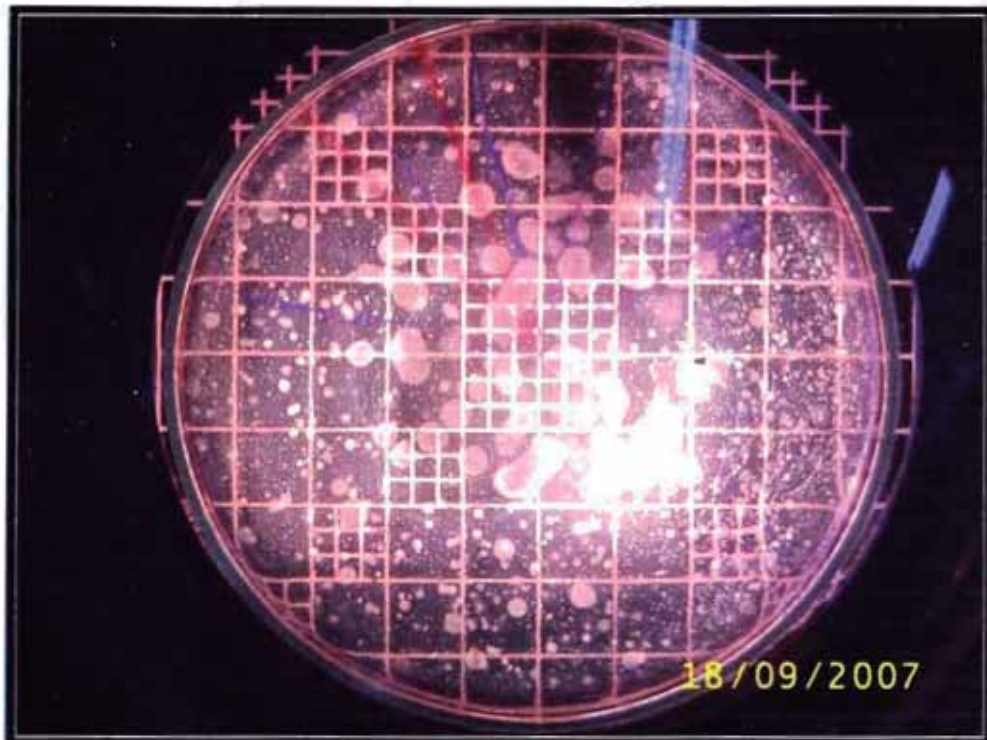


Foto 57: En esta fotografía podemos observar y cuantificar el numero de colonias que se obtuvieron al sembrar en medios de cultivo la muestra del batch1 ( $B_1$ ), el cual solamente es muestra de laguna.



*foto 58 y 59: En estas dos fotografías podemos observar las placas petri en las que se sembró muestras de los batch  $B_2$  y  $B_3$ , al cual se inocularon concentraciones distintas de bacterias  $C_1$  y  $C_2$ ; todo esto del ciclo 1.*

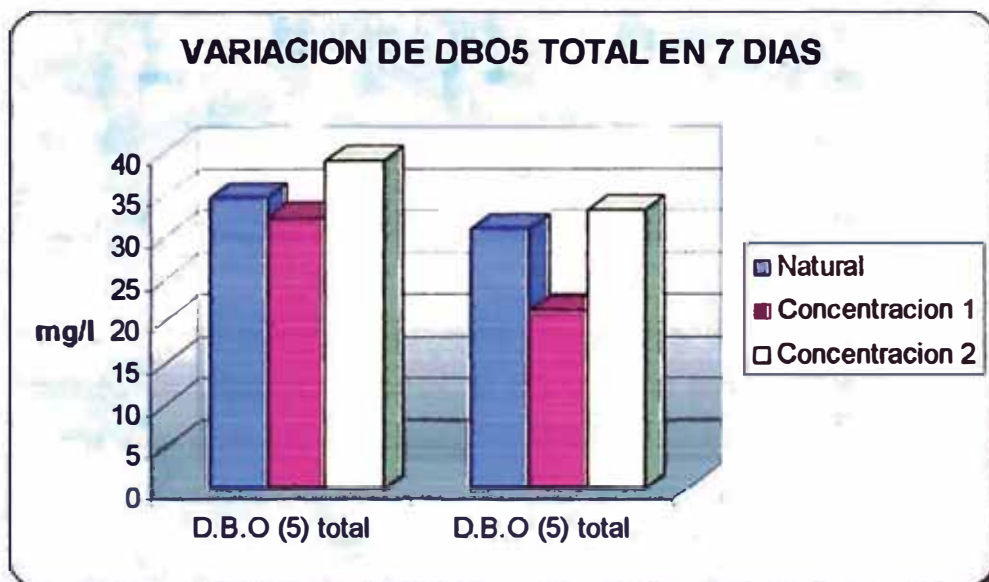


A continuación se presentan los resultados de este primer ciclo, en este caso no se pudo presentar datos de DBO<sub>5</sub> centrifugado ya que la centrifuga se dañó.

Tabla 89:

CICLO I					
D.B.O (mg/l)	INCIO		DESPUES DE 7 dias		% de remocion
	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) total
Natural	34.51		30.9		10.46
Concentracion 1	32.24		21.05		34.71
Concentracion 2	39.1		33.02		15.55

Gráfico 232:

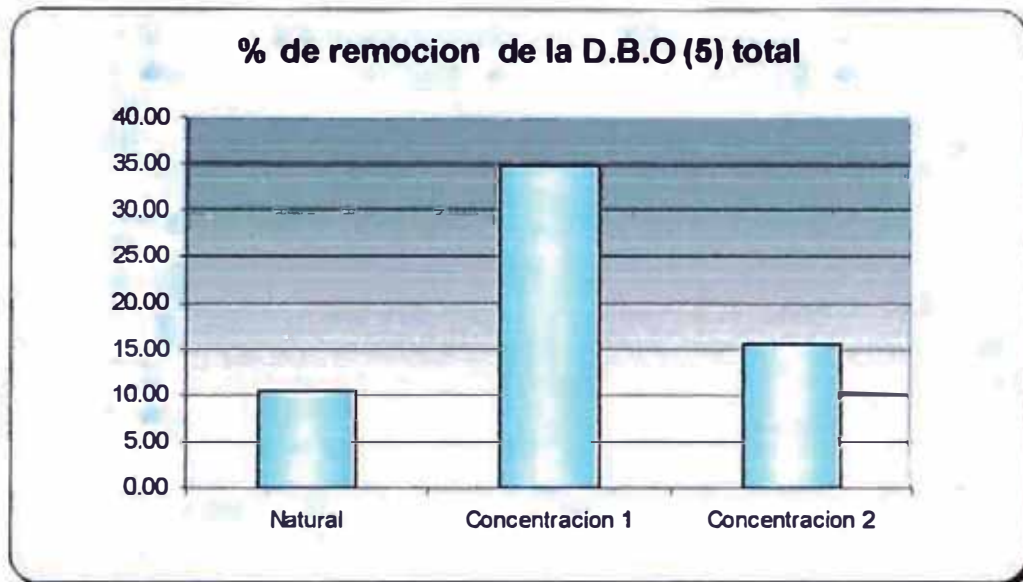


Según los resultados obtenidos notamos un porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> mayor en el batch 2 con concentración 1 de bacterias, recordar que  $C_2=2C_1$  y que el natural solo es muestra de la laguna secundaria; pero de igual manera según pasaron los 7 días existe una remoción de DBO<sub>5</sub> para los tres sistemas batch desde luego que en porcentajes distintos.





Gráfico 233:



De este grafico y del cuadro de datos del ciclo I, podemos decir que el porcentaje de remoción de  $DBO_5$  que es de 34.7% para la concentración 1 (Batch 2) siguiéndole la concentración 2 (batch 3) y el batch1.

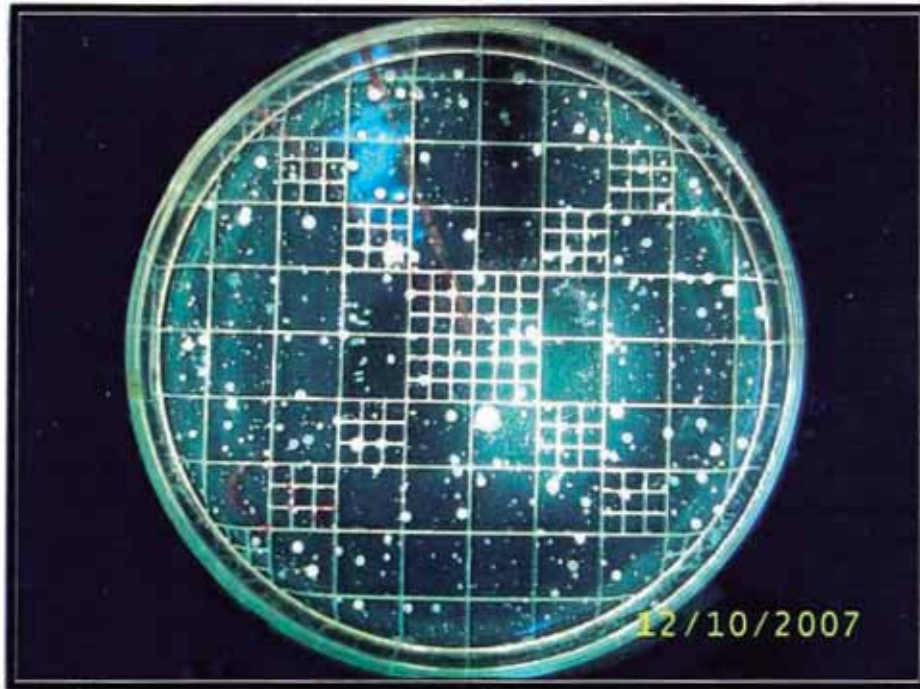


Foto 62: Aquí notamos la diferencia en cuanto a cantidad de colonias ya que esta es la muestra con mayor cantidad de bacterias; este es el batch3 con  $C_2$  ósea que  $B_3=3B_1$  en cuanto a concentración de bacterias

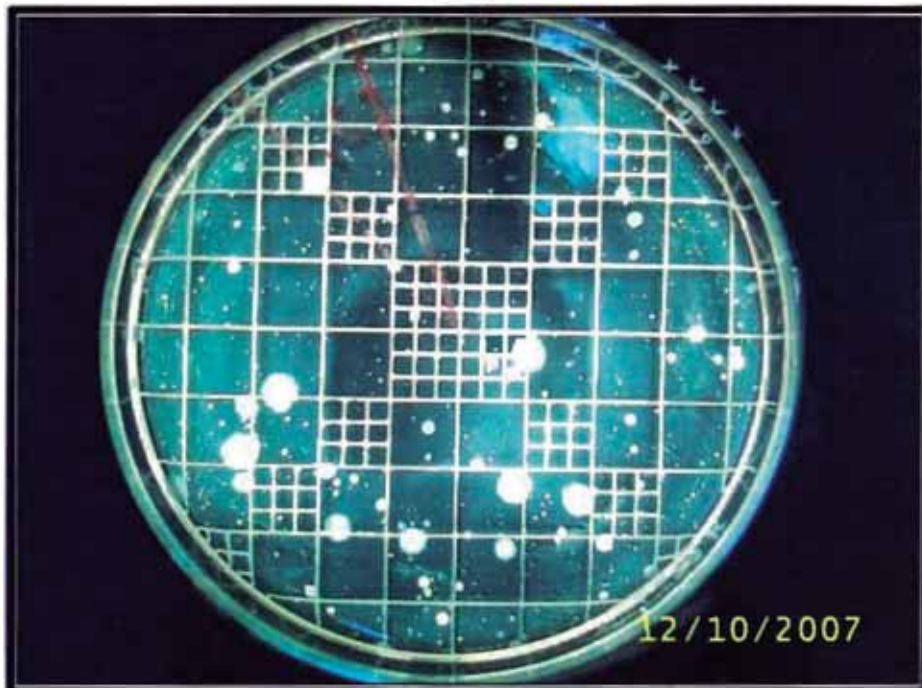
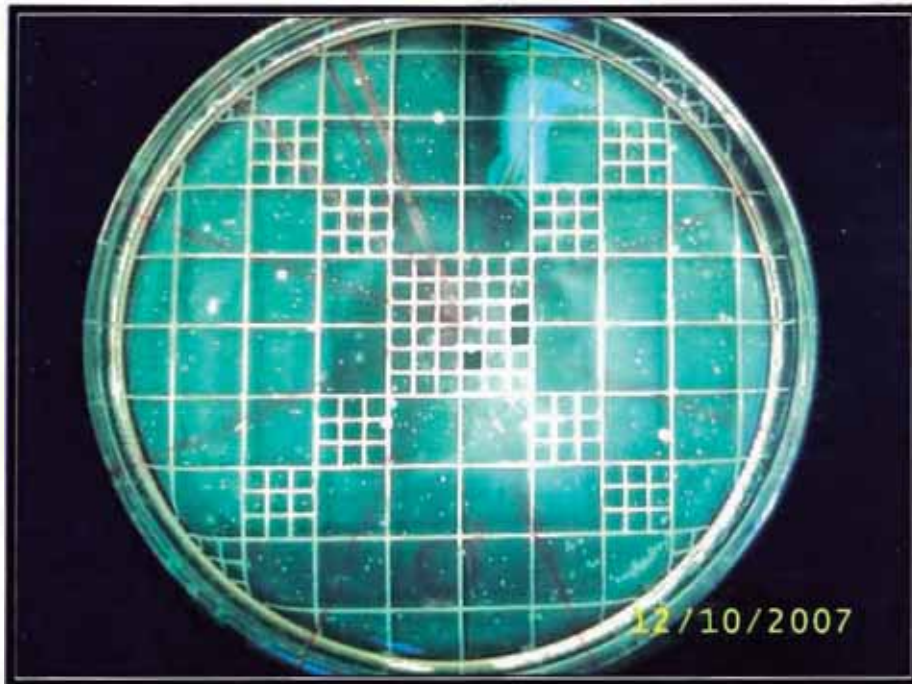
Se muestran los resultados del segundo ciclo donde si tenemos datos de la DBO centrifugada como también de la cuantificación de colonias en las placas petri.

Tabla 90:

CICLO II						
D.B.O (mg/l)	INCIO		DESPUES DE 7 días		% de remocion	
	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) t	D.B.O (5) c
Natural	39.25	22.84	56.65	22.64	-44.33	0.88
Concentracion 1	42.18	20.85	37.84	16.91	10.29	18.90
Concentracion 2	43.86	22.07	88.84	22.64	-102.55	-2.58



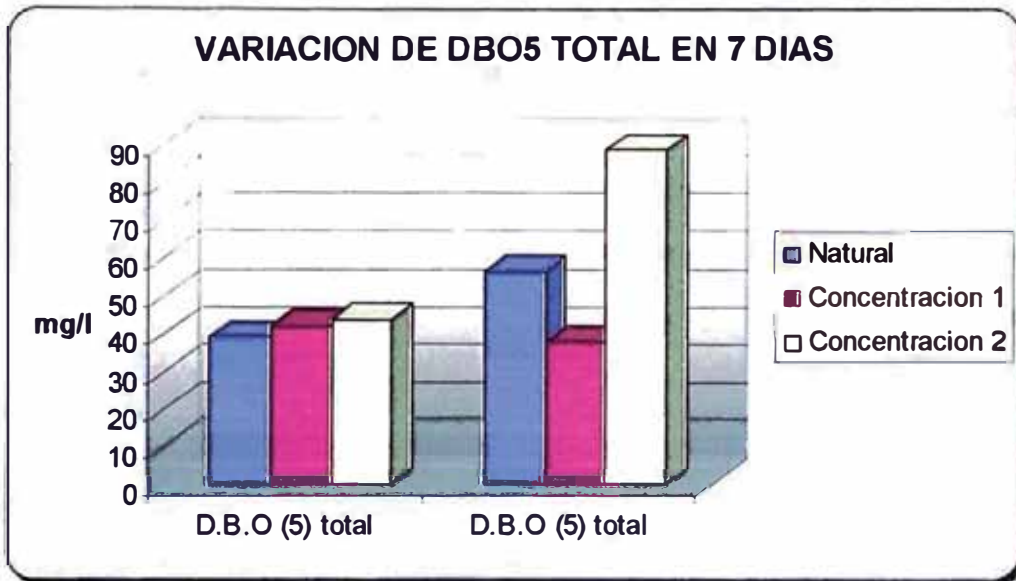
### 5.3.- Ciclo II



Fotos 60 y 61: Podemos apreciar el número de colonias que crecieron en los medios de cultivo de las muestras de los batch1 y 2 respectivamente, notar que  $B_2=2B_1$ , en cuanto a concentración de bacterias sembradas; todo esto en el ciclo2.

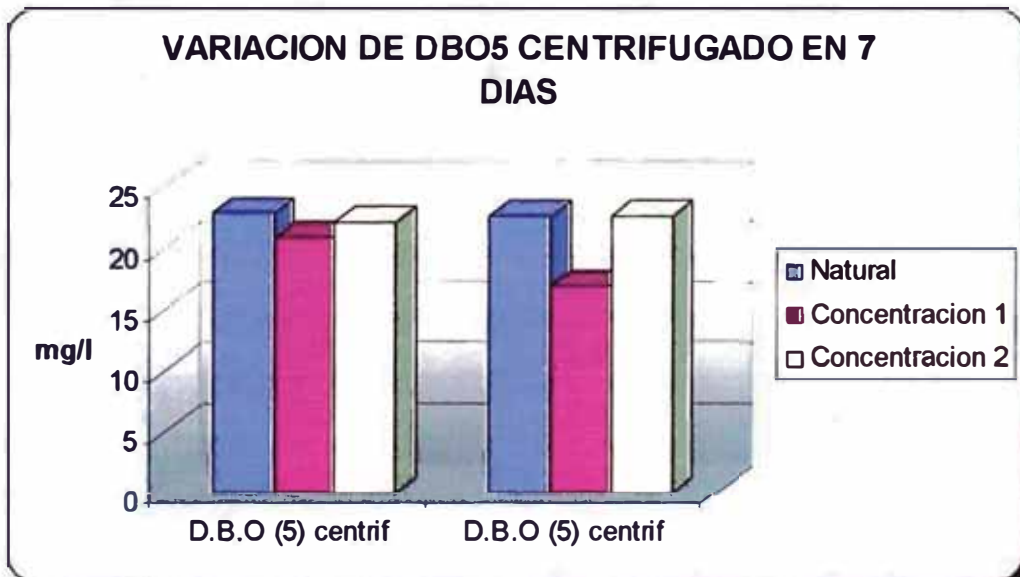


Gráfico 234:



Según estos resultados notamos otra vez que la concentracion1 es la que remueve mayor cantidad de DBO<sub>5</sub> total en comparación con los otros batch, que por las graficas se aprecia que la DBO aumenta, esto debido a diversos factores como aumento en el número de algas y demás organismos que hacen los valores de DBO<sub>5</sub> total aumenten.

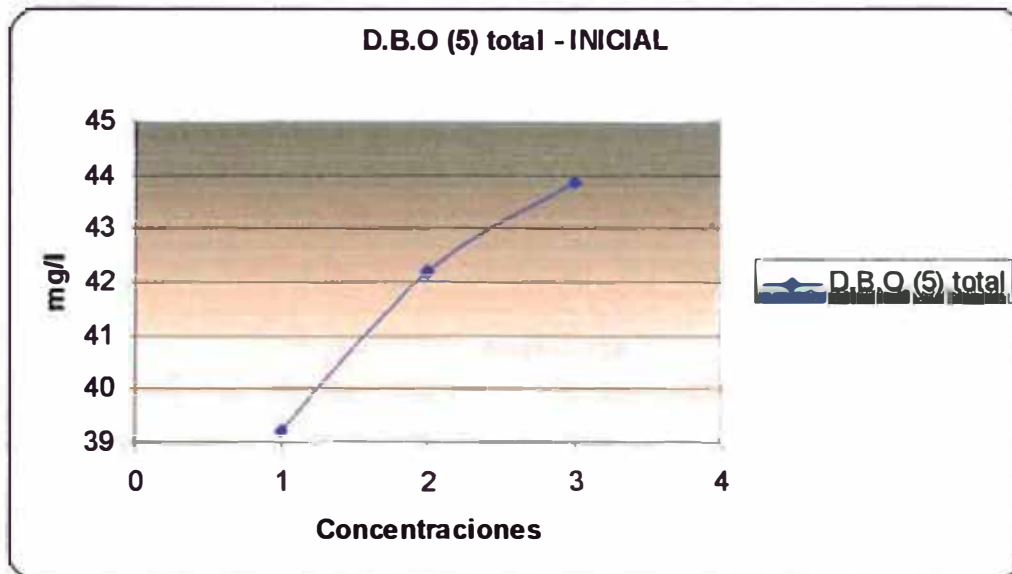
Gráfico 235:



Y según estos resultados que son de la DBO<sub>centrifugada</sub> también notamos que la remoción de la concentración 1 es el mejor.

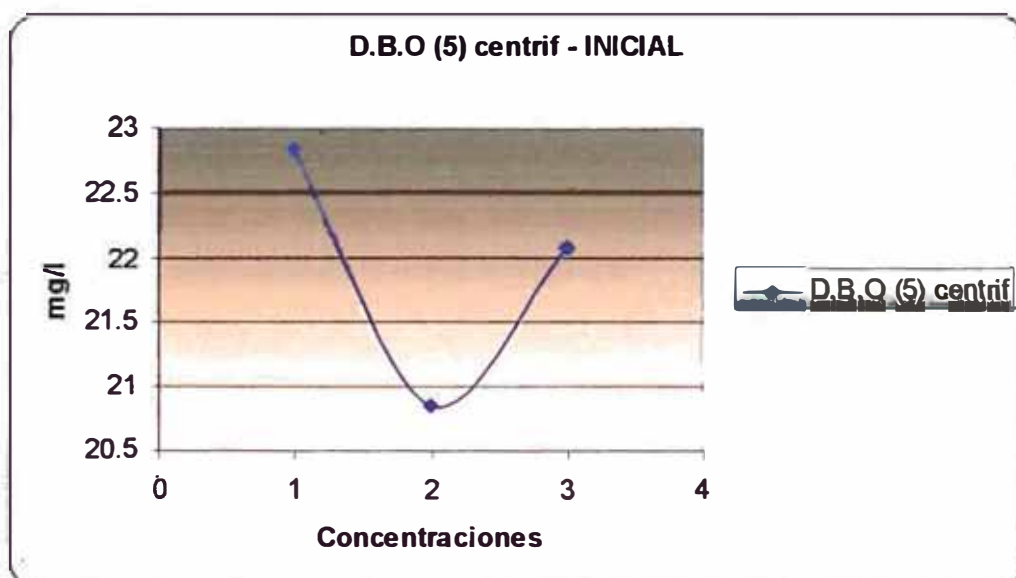


Gráfico 236:



En este grafico se coloco con la finalidad de relacionar la cantidad de bacterias que fueron inoculadas en los batch y como se ven reflejadas en los resultados de la DBO<sub>5</sub> total al inicio y según el grafico si existe la relación esperada.

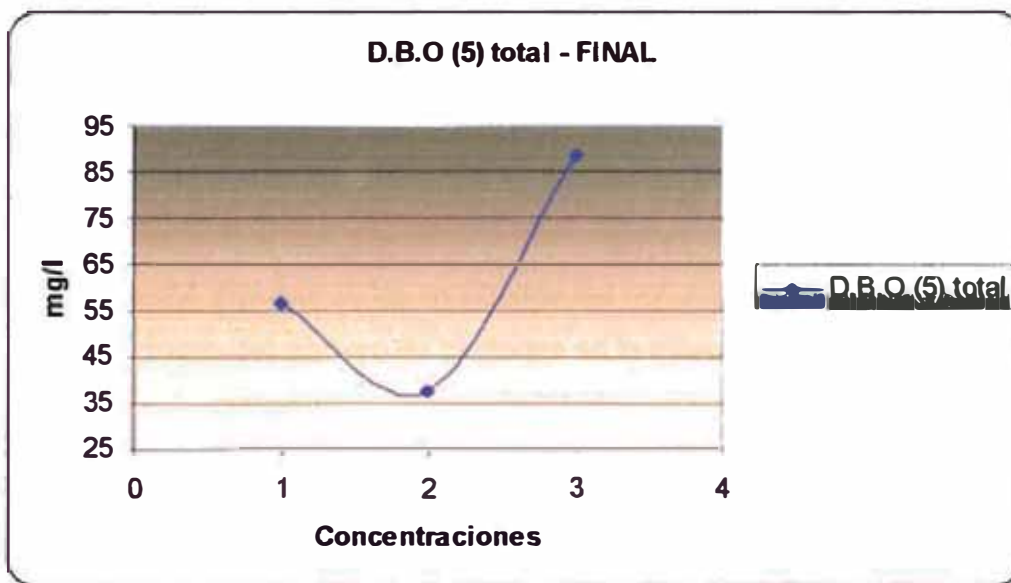
Gráfico 237:





Pero según este grafico tenemos valores distintos a los esperados ya que debió ser una recta parecida al grafico anterior, pero se justifica debido a que el tiempo de centrifugación fue distinta para las muestras analizadas; como también los valores son próximos donde se pueden tener márgenes de error de una a dos unidades de DBO. Cabe aclarar que en este grafico se espero valores que se aproximen a una recta de pendiente cero debido a que no se le dio el tiempo necesario para que las bacterias consuman la materia orgánica.

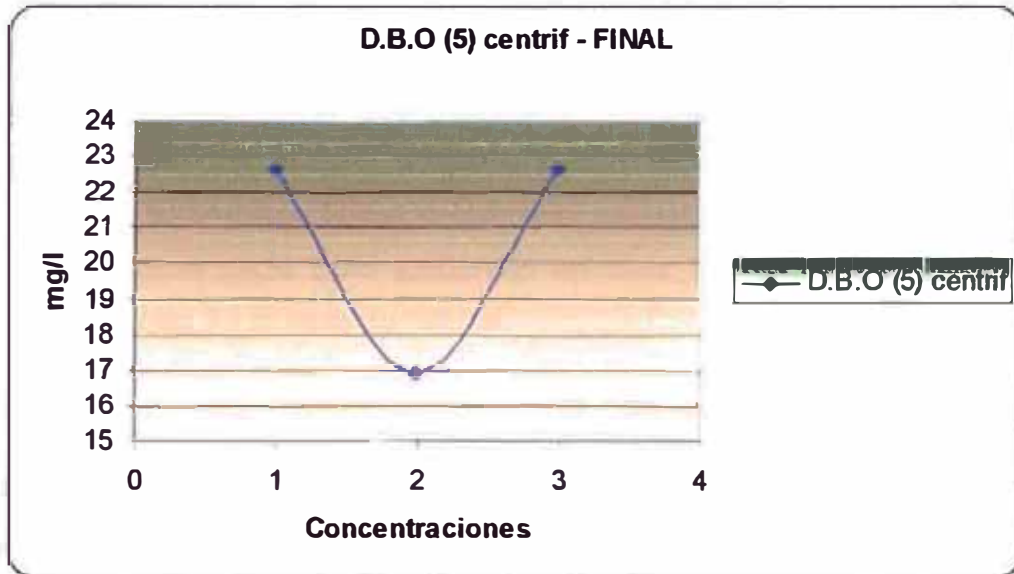
Gráfico 238:



Al observar las graficas arrojadas por los valores de la DBO total y centrifugada de las tres concentraciones notamos que presentan comportamientos similares notar que la grafica de inicio de DBO centrifugada no existía una variación notoria de valores de DBO pues para la DBO centrifugada final si existe variación que es debido al tiempo que permanecieron las bacterias y de demás organismos estabilizando la materia orgánica.



Gráfico 239:

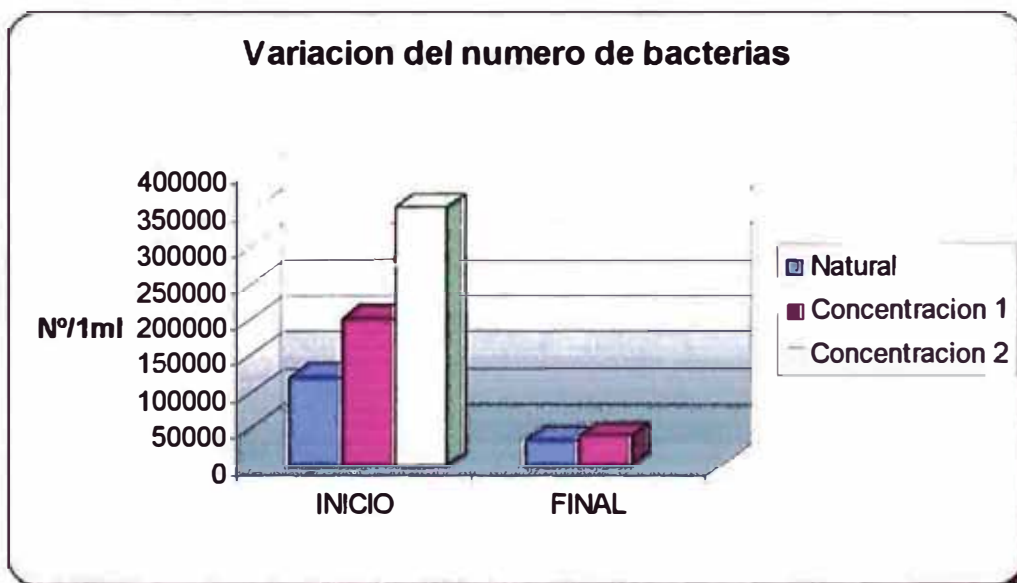


A continuación mostramos los resultados del número de colonias en las placas que es sinónimo del número de bacterias en la muestra

Tabla 91:

PLACAS	INICIO	FINAL
	N° de bacterias/1ml	
Natural	121600	33600
Concentracion 1	201600	40000
Concentracion 2	355200	

Gráfico 240:





En la parte de la grafica que representa el inicio nos podemos dar cuenta de la relación que existe con la grafica de la DBO total inicial, donde se aprecia una relación ascendente igual al de la de inoculación. Cabe destacar que al final no se obtuvieron los resultados esperados ya que no se pudo tener los datos de la concentración 2 y realizar la comparación respectiva, pero según los valores obtenidos y comparando con lo que tenemos el numero de bacterias disminuye en relación al inicio pero conservan un poco la relación numérica entre la concentración 1 y la muestra natural.





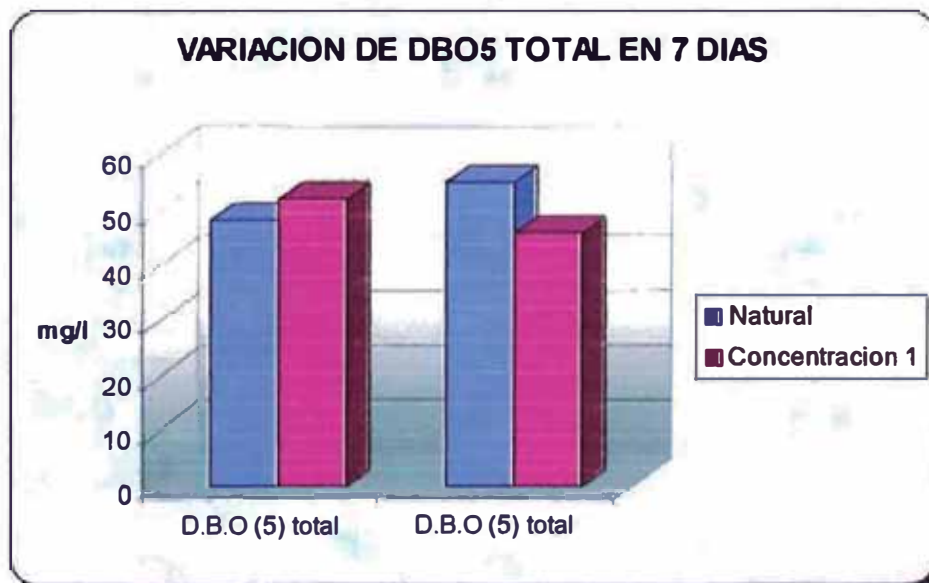
### 5.4.- Ciclo III

Se muestran los resultados del tercer ciclo donde también tenemos datos de la DBO centrifugada pero no de la cuantificación de colonias en las placas petri, como también faltan datos de la concentración 2 esto debido a que el batch correspondiente se sumergió completamente en la laguna perdiendo posibilidades de ser monitoreado.

Tabla 92:

CICLO III						
D.B.O (mg/l)	INICIO		DESPUES DE 7 dias		% de remocion	
	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) total	D.B.O (5) centrif	D.B.O (5) t	D.B.O (5) c
Natural	48.18	37.803	55.05	32.5	-14.26	14.03
Concentracion 1	51.94	31.2833	45.82	27.94	11.78	10.69
Concentracion 2						

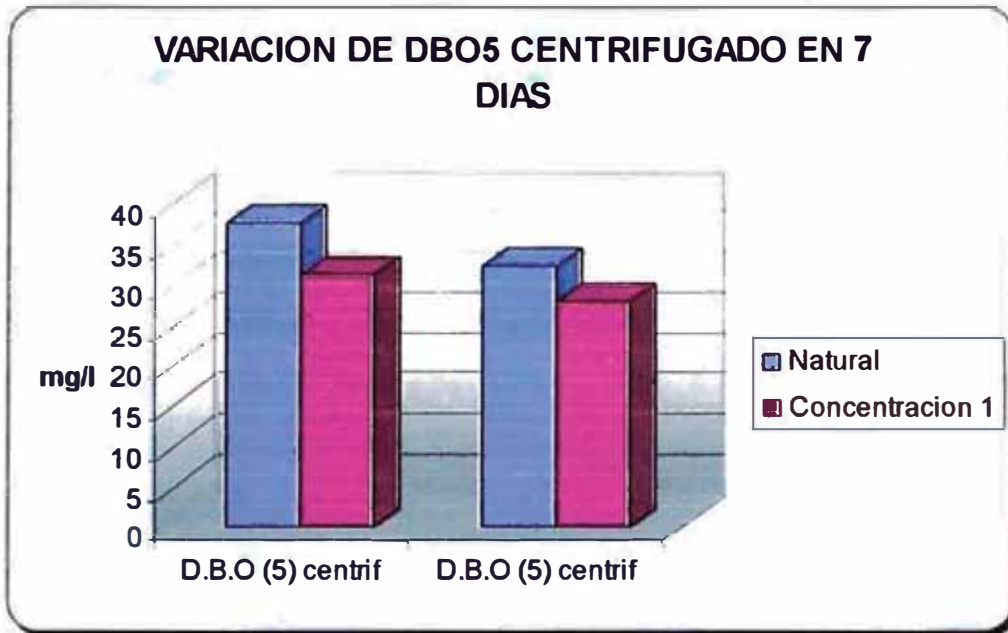
Gráfico 241:



Con la gráfica podemos apreciar las variaciones en cuanto a remoción de DBO total, se puede apreciar como la DBO de la muestra natural aumenta al final, a diferencia de la muestra con concentración 1 donde podemos notar según los resultados una remoción de la DBO en un 11.78%. Cabe aclarar que en este ciclo se utilizaron cepas distintas lo que es decir otro grupo de bacterias.

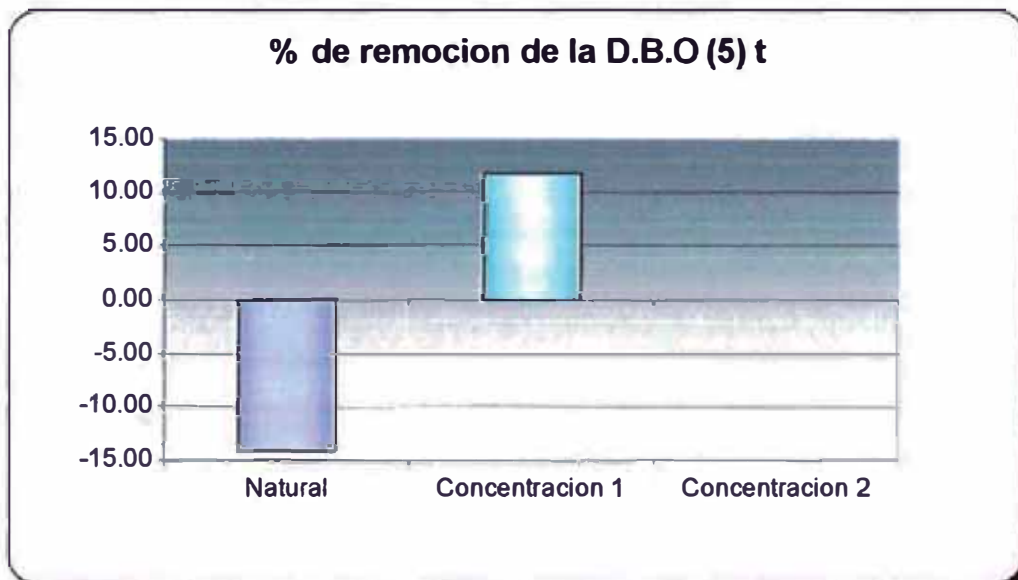


Gráfico 242:



Aquí podemos notar la evolución en cuanto a remoción de la DBO centrifugada, en el cual se trata de conseguir la materia orgánica disuelta.

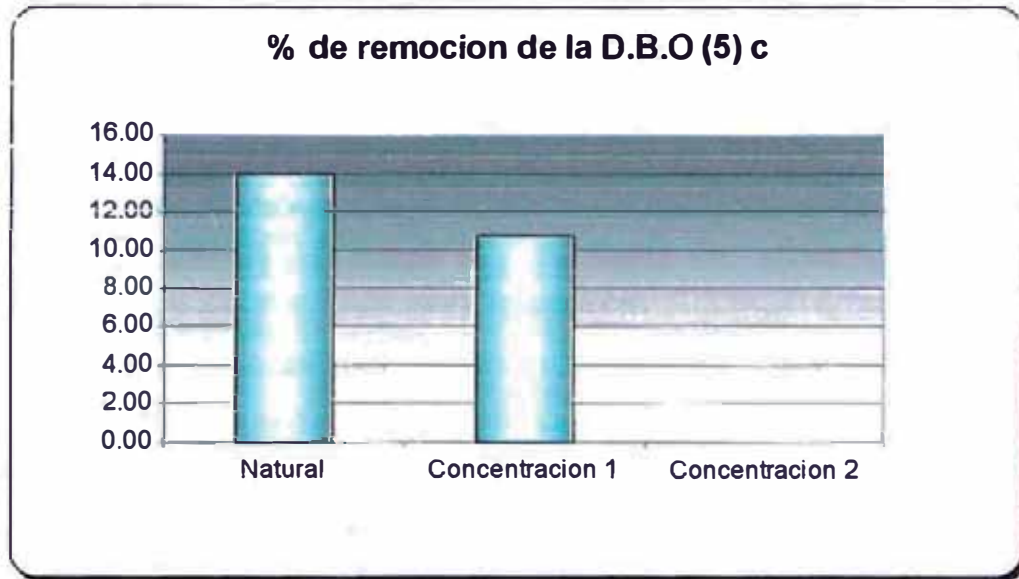
Gráfico 243:



Es en esta grafica donde notamos con claridad los porcentajes en cuanto a remoción de DBO total, en el cual se puede decir que se destaca la presencia de la actividad de las bacterias inoculadas; pero en la gráfica siguiente se demuestra que en la remoción de DBO centrifugada no es la esperada.



Gráfico 244:



La posible explicación es que la actividad de las bacterias que en este caso fueron inoculadas es distinta a las bacterias de los ciclos 1 y 2 que fueron un solo grupo. Según las graficas el mayor porcentaje de remoción se dio para la muestra sin bacterias inoculadas. Lo que en este caso se pudo rescatar es que en las muestras con análisis de DBO total si existe una buena remoción pero en DBO centrifugada no.

Tabla 93:

PLACAS	INICIO	FINAL
N° de bacterias/1ml		
Natural	55200	incontable
Concentracion 1	67200	incontable

Esta gráfica nos muestra la diferencia entre la cantidad de bacterias que existe en los batch, el cual tiene una relación directa con la cantidad de DBO total obtenido según la grafica 241 (lado izquierdo).



## 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1.- Conclusiones

- Los resultados obtenidos en la "**PRIMERA ETAPA**" de la identificación de los microorganismos acuáticos que habitan en la laguna secundaria y terciaria de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Ingeniería (UNITRAR) muestran la existencia de una diversidad de bacterias y algas que desarrollan actividades fotosintetizadoras, respiratorias, de metabolismo aerobio y anaerobio característicos, constituyendo una cadena trófica que transforma la materia orgánica que ingresa a las lagunas.
- De la abundante masa fitopláctonica y zoopláctonica que probablemente podrían estar presentes en estos procesos de tratamiento, solamente se pudo identificar totalmente cerca de 6% y parcialmente un 48% en el lapso de tiempo que corresponde a la presente información de reconocimiento.
- La identificación de bacterias capaces de crecer en medios de cultivo con agar ha sido posible utilizando los protocolos de identificación bioquímica tradicionales. Este resultado de los recuentos e identificación bacteriana solo está reflejando un porcentaje muy reducido (1% - 0.1% aproximadamente) de lo que en realidad existe en los sistemas de tratamiento lagunares de ahí que se ha pretendido aplicar una nueva forma de estudiar la diversidad total de los microorganismos acudiendo ya no al cultivo de los mismos sino a la caracterización del ácido ribonucleico ribosomal (ARNr) extraído de muestras de agua sedimentadas que comprenden a células microbianas cultivables y no cultivables.
- Este procedimiento indirecto de querer reconocer los grupos de microorganismos conformando consorcios que interactúan en el ambiente lagunar nos da una idea mejor de la existencia de otros grupos de



microorganismos que intervienen en la cadena trófica y en consecuencia en el sistema de tratamiento por lagunas.

- Por otro lado, las bacterias que habitan en las lagunas de estabilización corresponden a especies diversas reconocidas como Alcaligenes, Acinetobacter, Flavobacterium, Citophaga, Pseudomonas sp. y Enterobacterias, todas ellas cultivables y pasibles de identificación bioquímica.
- La identificación de algas ha sido posible mediante la observación y recuento al microscopio de luz y con un máximo de aumento de 1000X, que es lo que la facultad nos puede brindar para la investigación. Esta es una de las razones por las cuales muchas algas de menor tamaño no han podido ser fotografiadas adecuadamente para realizar su identificación.
- En otro concepto del estudio podemos notar que en las lagunas de estabilización de la planta UNITRAR se da una mezcla por zonas y por lo tanto no hay una presencia de flujo laminar.
- Se a observado igualmente la presencia de los mismos microorganismos desde la superficie hasta la profundidad de 1.30 metros, lo que corrobora el comportamiento hidráulico de las lagunas.
- El comportamiento que se ha observado en las lagunas de UNITRAR, es probablemente la consecuencia de las variaciones o discontinuidad de flujo o ingreso de agua que dificultan aun mas la posibilidad de comparar la relación de los diferentes parámetros tales como la  $DBO_5$  algas y rotíferos con la remoción de carga orgánica.
- Pero según los gráficos donde se relacionan el comportamiento por horas, días, mes y en algunos casos por las diferentes profundidades de muestreo se pueden observar modelos del comportamiento para todos los parámetros analizados; ello indica que no es dable analizar las



graficas donde reflejen el comportamiento o modelo para todos los puntos de muestreo como por ejemplo el bloque de gráficos 04 (Pág. 58) a diferencia del grafico 31(Pág. 103) que refleja el comportamiento del O.D. a las 6:00 a.m.

- Pero existen algunos gráficos que no guardan un comportamiento constante para las dos lagunas y aun mas para las mismas lagunas tampoco; esas variantes puede deberse a situaciones extremas de movimientos de masa liquida en la laguna que hace que al momento de extraer las muestras se cometa errores o confusiones de puntos que es común en una investigación y mas aun cuando es en las noches y madrugadas.
- Según las graficas que representan el comportamiento horario del oxigeno disuelto, nos indican que persigue un modelo constante. por ejemplo el (grafico 30) que representa al horario de las 12:00 a.m. para la laguna secundaria empieza en el mismo valor de 0.0 mg/l, en el tercer monitoreo tienden a subir hasta un valor promedio de 4 mg/l, después descienden hasta 2 mg/l y en el quinto monitoreo sube a un valor promedio de 8 mg/l, lo que implica un ascenso, descenso y ascenso; si comparamos este comportamiento con la D.B.O<sub>5</sub> en las mismas condiciones de análisis notaremos una relación inversa para ese horario que es de las 12:00a.m. ; analizando el comportamiento analogado con respecto a la hora y numero de monitoreo (meses) con la D.B.O<sub>5</sub> se puede concluir que la relación inversa seda para las 12:00 a.m. y 6:00 p.m., pero la relación directa es para las 6:00 a.m. y 12:00 p.m. pero no ocurre la mismo para la laguna terciaria pues en esta los datos de D.B.O<sub>5</sub> no tiene un modelo constante como en el caso de la laguna secundaria. Pero, analizando los modelos arrojados del oxigeno disuelto para las distintas horas de monitoreo con los de la laguna secundaria tiene el mismo modelo de comportamiento que el que se ha encontrado en la laguna terciaria.



- Analogando los datos para oxígeno disuelto y D.B.O<sub>5</sub> con respecto a las horas de monitoreo y con los meses como en el caso anterior, se puede notar una relación casi directa; se observará, que a las 12:00 p.m. se tiene el mayor valor tanto para oxígeno disuelto como para D.B.O<sub>5</sub>, tanto como en la laguna secundaria como en la laguna terciaria.
- La mayor carga de D.B.O<sub>5</sub> en el agua cruda se presenta regularmente a las 12:00 p.m., donde se espera que la mayoría de las personas utilizan los servicios de alcantarillado eliminando nutrientes en sus desechos líquidos, ese mismo comportamiento se observa en las lagunas secundaria y terciaria en proporción o proporcionalmente a la DBO reducida. En las lagunas estabilización por tener tiempo de retención establecido no se suele esperar una mayor carga en una hora determinada, pues teóricamente se espera que la carga oscilante que ingresa se degrade de manera oscilante según avance la masa de agua en la laguna de acuerdo al periodo de retención. En los resultados encontrados se observan valores altos de D.B.O<sub>5</sub> en las lagunas a las 12:00 p.m., pero igualmente se encuentran valores elevados para el oxígeno disuelto, debido probablemente a la mayor radiación que se suele tener al medio día, y por lo tanto la actividad fotosintética es mayor. El mayor valor de D.B.O<sub>5</sub> parece ser ilógico a esas horas del día, pues se suele pensar que a mayor oxígeno disuelto menor carga orgánica existente. Sin embargo, los resultados arrojan lo contrario, estos señalan que a las 12:00 p.m. a mayor D.B.O<sub>5</sub> mayor O.D. Esto se puede explicar, pues debido a que existe mayor actividad fotosintética (es decir, mayor cantidad de algas) la producción de O.D será mayor. Teniendo en consideración que las muestras de agua para la determinación de la DBO no se filtraron y se tomaron en la parte superficial de las lagunas, el aumento de la DBO en las muestras tomadas de las lagunas de deben exclusivamente a la alta concentración de algas.
- Otra cosa interesante que hay que observar del estudio, es que según las graficas obtenidas podemos apreciar que el incremento de bacterias en la superficie se da en horas de la madrugada, y no necesariamente durante



el día. Generalmente se suele pensar que la mayor cantidad de bacterias aerobias aparecen en el día cuando la concentración de oxígeno disuelto es alto; Sin embargo, se ha observado que la cantidad de bacterias varía también según la profundidad; por ejemplo, a las 6:00 p.m. se ha encontrado una mayor concentración de bacterias heterotróficas a una profundidad de 1.30 metros.

- Revisando las gráficas que reflejan el comportamiento de los coliformes para la laguna secundaria, se puede observar una tendencia a aumentar a las 6:00 a.m. para las profundidades entre 0.0 m y 0.65 m. Igualmente se ha observado que a 1.30 m de profundidad y a las 12:00 p.m., estos organismos tienen la tendencia a aumentar en número. Ese comportamiento puede ser explicado debido a que probablemente existe un pH adecuado para el crecimiento y/o reducción de los coliformes. En todas las pruebas de medición de pH en las profundidades de la laguna se ha observado que tiene un valor menor al pH superficial. Probablemente por ello, a las 12:00 p.m. donde la actividad fotosintética es fuerte el pH en la superficie es mayor y por lo tanto, los coliformes tienden a buscar la profundidad para sobrevivir. La laguna terciaria tiene el mismo comportamiento para las muestras extraídas de la superficie, solamente se han encontrado diferencias para las muestras de 0.65 m y 1.30 m de profundidad donde la mayor cantidad de coliformes se concentran a las 12:00 a.m. para posteriormente ir reduciéndose hasta las 6:00 p.m. Probablemente, ese comportamiento sea también debido a la variación de pH que es usual en las lagunas de estabilización.
- Los resultados encontrados respecto al desarrollo de Bacterias y el comportamiento de las lagunas en cuanto a la remoción de carga orgánica y otros parámetros, se han basado en la identificación de manera clásica de organismos vivos en medios artificiales. Es probable que por la falta de identificación y valoración de organismos probablemente saprofitos que existen en las lagunas de estabilización, y que sean actores importantes de remoción y transformación de la materia orgánica, no se han podido determinar la curva real que refleje el





comportamiento dinámico del proceso biológico durante las 24 horas del día. En el futuro, las técnicas biomoleculares son las que nos van a ayudar a identificar bacterias con mayor precisión, sin embargo todavía queda pendiente su cuantificación.

- Se pudo observar bacterias de manera directa sin necesidad de tinciones como las que se observan en las fotografías 33 y 34, pero a diferencia de estas fotos que muestran unas colonias específicas en particular; en diferentes oportunidades investigamos y observamos muestras directas de las lagunas y con la experiencia adquirida, se pudo demostrar visualmente que no todo lo que se observará a través del microscopio, se encontraba en los cultivos realizados. Lamentablemente debido a que las bacterias al estar vivas tienen movimiento, fue muy difícil fotografiarlas pero se pudo observar su apariencia, tamaño, forma de moverse, textura y formas de interactuar entre ellas y el medio que las rodea.
- Los zooplancton que son los rotíferos observados, también tenían movimientos característicos de cada especie, algunos no podían ser fotografiados por la misma movilidad que tenían. Para poder identificarlo, se agregó formol a las muestras donde se analizaban a los rotíferos y protozoarios. Igualmente, no se pudieron observar apropiadamente, debido a que el formol dañaba sus estructuras celulares y solo se observaban especies de caparzones mas no el "cuerpo" completo. Otros que si no se dañaban pudieron ser fotografiados sin ningún problema solo con algunas faltas en cuanto a resolución visual; entre estos tenemos: Brachionus, Epiphanes, Trichocerca, Chilodemella, Monomata, Proales, Macrochactus y Streptacephalus. De los 18 tipos de organismos encontrados, y que se pudieron fotografiar, solo 8 se pudieron identificar.
- Dentro de los fitoplancton que son las algas existieron algunas que solo se observaron increíblemente en una sola muestra, otras solo en ese monitoreo y otras que si se repetían constantemente; entre las que se pudieron identificar tenemos: Chlorella, Euglena, Closterium,



Ankistrodesmus, Actinastrum, Chlorococcum, Golenkinia Lepocinclis, Agnemellum, Ankistrodesmus falcatum, Anacystis, Anabaena Ankistrodesmus, Tetrastrum, Centritractus, Chroococcus, Nitzschia, Rhizolenia, Micractinium, Menismopedia, Gleocapsa, Oediganium, Schoederia, Oocystis, Coelastrum, Kirchreriella, Diplochlois, Protococcus, Chlamydomonas Trachelomonas, Coelosphaerium, Pleurochlois; de los 80 tipos de algas vistas solo 33 se pudo identificar de manera visual, ideal seria cultivar cada tipo de alga vista y corroborar de esa manera la identificación.

- Con todos los datos presentados y la experiencia vivida se concluye que la presencia de estos organismos es variante. En el caso de bacterias no se tiene un comportamiento total debido a que no todas son identificadas. Las algas tampoco han sido identificadas en su totalidad, y lo que es mas interesante, aparecen nuevas especies en cada monitoreo de igual manera para los rotíferos y demás organismos. Lo que demuestra que el ecosistema lagunar es variante, indefinido y en función de las condiciones medio ambientales.
- Según los resultados obtenidos en la "**SEGUNDA ETAPA**" se pueden observar que en los gráficos 221 al 224, las curvas que reflejan de bacterias contadas por cada metodología son muy distintas; esto puede sugerir que en los métodos no se está contabilizando el mismo tipo de bacterias; seria lógico que en los cultivos en placas Petri, donde las bacterias están expuestas a oxígeno, crecerían mas bacterias aeróbicas que anaeróbicas aunque usando el método de epifluorescencia se podría ver ambos tipos.
- Usando la lógica anterior se supone que habría una mayor cantidad de colonias bacterianas en las placas con las muestras extraídas de la superficie de las lagunas, lo que es el caso del ciclo 1 y 2 pero no en el ciclo 3 (graficas 223 y 226). También se debe notar que el hecho de mezclar las muestras con agar liquido en lugar de placarlas encima del agar permitía el crecimiento de algunas colonias, aunque pocas pero se



desarrollaron colonias bacterianas dentro del agar en condiciones anaeróbicas. No tuvimos en cuenta esa diferencia contando las bacterias en las placas. Al observar las muestras centrifugadas se notaba que en aquellas que fueron extraídas a 1.30 m. de profundidad poseían un color blanco-amarillo típico de una gran cantidad de bacterias.

- Observando las curvas totales de algas representadas en las graficas: 227, 228 y 229 es que la cantidad de ellas no es muy diferente entre la superficie de las lagunas y la profundidad de 1.30 m., lo que es sorprendente dado que las algas son organismos fotosintéticos que necesitan luz. Sin embargo, este fenómeno también se vio en la primera etapa. Es posible que la acción de la balsa afecte a la mezcla de las capas de agua en las lagunas, pero existen diferencias por profundidad en otros parámetros así que no es muy probable.
- Según los resultados notamos que en todos los ciclos el pH de la superficie de las lagunas es más alto que en profundidad. Normalmente esto se podría atribuir a una mayor cantidad de algas, como fijan  $\text{CO}_2$  y luego carbonato en compuestos orgánicos, pero solo hay una relación positiva entre la cantidad de algas y un pH más alto en el ciclo 3, donde también el número total de algas es superior a otros ciclos y el pH promedio es superior a otros ciclos, consistente con la teoría bioquímica. Sino que podemos atribuir un pH elevado al nivel más *alto* de fotosíntesis (y por lo tanto fijación de  $\text{CO}_2$ ) que ocurre en la presencia de más radiación solar.
- En cuanto a la proporción de diferentes algas, en el ciclo 1 y 2 predominan las algas *Merismopedia* (foto 45), *Chlorella* (foto 46), *Kirchneriella* (foto 47). En el ciclo 3 se ve la dominancia casi total del microorganismo que hemos identificado como la cyanobacteria *Synechocystis*; si se elimina *Synechocystis* de los datos de algas la curva es completamente distinta.



- Los valores altos en la cantidad de *Synechocystis* (foto 49) indica que posiblemente estaba ocurriendo una floración o 'bloom' de algas en la laguna secundaria. Generalmente, una floración sucede cuando existen cantidades masivas (de  $10^4$  a  $>10^6$  células·ml<sup>-1</sup>) de una especie de alga. En esta etapa, las concentraciones de células alcanzaron hasta las  $10^3$  células por ml<sup>-1</sup>. Las floraciones están caracterizadas también por un cambio de color de las aguas, lo que en este caso fue un color verde brillante (foto 48) a diferencia del color que normalmente suele tener. Las floraciones de *Synechocystis* se asocian además con altos valores de pH, que se observaron en el ciclo 3 en la laguna secundaria con valores entre 8 y 9.5 en contraste a valores entre 7.8 y 8.6 en previos ciclos.
- Otro detalle que se pudo encontrar es que una parte de las aguas pasan de una laguna al siguiente correspondiendo con el tiempo de retención, otra parte se queda; por eso las características del ecosistema de cualquier laguna provienen de las aguas que entran en la laguna y de las que ya están. Este fenómeno se ve muy bien en las curvas del ciclo 3 (graficas: 225, 226, 229, 230, 231) donde en las 3 primeras muestras, las que representan la laguna secundaria, muestran una gran diferencia en valores de pH, niveles de algas y bacterias y DBO, mientras que los valores se parecen bastante dentro de las ultimas muestras, representantes de la laguna terciaria. La diferencia en las características de las 2 lagunas sugiere que el ingreso de caudal a la laguna secundaria en el momento cuando sacamos muestras fue suficiente para cambiar las condiciones de esta laguna hasta las necesarias para la floración de algas; en cambio se ve que el agua que llegó a la laguna terciaria todavía no pudo cambiar las condiciones de la misma manera.
- Es muy posible que con la afluencia de suficiente agua de la laguna secundaria, la laguna terciaria hubiera empezado una floración de algas también, pero igualmente es posible que algunas características de las aguas de esta laguna pudieran contrarrestar la floración. El carácter tan



dinámico de las aguas se puede ver en fotos 50 y 51 donde los colores son diferentes entre las lagunas y a veces dentro de lagunas también.

- Según los resultados de la **"TERCERA ETAPA"** en el ciclo I, con respecto a la inoculación de bacterias, se obtuvieron buenos resultados pues según la cantidad de colonias en las placas petri (fotos 57, 58 y 59, Pág. 216 y 217) se encuentran en valores crecientes aproximadamente proporcionales a la cantidad de bacterias inoculadas.
- En los resultados obtenidos en el ciclo I de esta TERCERA ETAPA en cuanto a remoción de  $DBO_{total}$  para un periodo de siete días, el mayor porcentaje lo tiene la concentración 1(\*) con un valor de 34.71% en comparación del 15.55% que corresponde a la concentración 2(\*), seguido por 10.46% de la muestra de laguna sin inoculación de bacterias. Estos resultados son importantes ya que de se demuestra de esta manera que existen tipos de bacterias que tienen mayor eficiencia en cuanto a degradación de  $DBO_{total}$ . \*(Pág. 214).
- En el ciclo II también funciono la forma de inoculación de bacterias, según se observan en las fotos 60, 61 y 62 (Pág. 220 y 221) en las cuales la cantidad de colonias se encuentra en orden ascendente, que va de acuerdo a la cantidad de inoculación. También se puede corroborar en la grafica 240; este resultado esta reflejado en los resultados de la  $DBO_{total}$  al inicio según el grafico 234 (lado izquierdo) y 236.
- En el ciclo III solo obtuvimos resultados de la muestra natural y de la concentración 1 ya que el bach que contenía la concentración 2 se deterioró; los resultados de estos dos bacth con respecto a la inoculación de bacterias es también en forma creciente según el grafico 241, para este caso analizando la remoción de  $DBO_{total}$  a los siete días de puesta a prueba se obtiene un 11.78% de remoción en comparación al batch con muestra de laguna que fue de -14.26%, este valor negativo obedece a que los valores de  $DBO_{total}$  obtenido fue de 48.18% al inicio y de 55.05% a los siete días de prueba.



- Según los resultados de los ciclos II y III con respecto a la DBO centrifugada, observamos un mayor porcentaje de remoción (ciclo II) para la concentración 1; lo que es caso contrario para el ciclo III ya que la concentración 1 tiene un porcentaje menor al de la muestra natural; esto se puede explicar debido a que las cepas bacterianas fueron distintas al de los ciclos I y II.
- A pesar de las limitaciones en microbiología molecular, pudimos utilizar la microbiología clásica para aislar determinadas bacterias que si logran crecer en los medios de cultivo tradicional amparándonos a esto se obtuvo resultados sorprendentes pues existen ciertas familias de bacterias que tiene un poder de remoción de materia orgánica; lo cual implica que en la basta e incalculable clases de bacterias, existe una "combinación" de estas que permite "acelerar" la degradación de la materia orgánica como se observa en los resultados obtenidos; pues de las 60 cepas bacterianas aisladas solo hemos utilizado una parte.
- Por otro lado, los resultados de inoculación de bacterias en sistemas batch nos indica que la DBO no solo es un parámetro para medir concentración de materia orgánica, si no que es también sinónimo de "concentración de bacterias", lo que quiere decir que si nosotros tenemos una muestra de agua con bacterias inocuas al ser humano y nada de muestra de agua contaminada, arrojará un valor de DBO como si fuese agua contaminada.
- Toda esta investigación aparentemente pareciera no tener final ya que en la primera etapa notamos que los organismos como las algas son variables en el tiempo, ¿entonces quien nos asegura que las bacterias no varien?, creemos que las bacterias aisladas solo son parte de un cierto lapso de tiempo, después serán otras bacterias que tengan mayor capacidad y rapidez para degradar la materia orgánica.



## 6.2.- Recomendaciones

- Según los resultados de la *"primera etapa"* sería recomendable en el momento de toma de muestras tener dos balsas para no alterar la hora de monitoreo, pues en cada laguna se requirió aproximadamente de 30 a 40 minutos para el muestreo, lo que implica una modificación horaria en el tiempo anteriormente dicho.
- En cuanto a la identificación de algas, protozoarios, rotíferos, etc. sería ideal tener un microscopio de mayor capacidad visual con equipo para toma de fotografías y cámara de video para observar las interacciones de estos microorganismos entre ellos mismos y con el medio que les rodea; obteniendo así material académico importante que sea parte de la enseñanza para los alumnos, por que de nada vale ver si no se puede exponer
- Sería ideal tener un laboratorio para análisis microbiológico con los equipos necesarios en la misma planta UNITRAR para un análisis inmediato ya que es sabido que un análisis microbiológico tiene que ser más rápido que un análisis fisicoquímico, obteniendo así datos mucho mas confiables, por que el llevar la muestra al laboratorio implica en promedio 10 horas para realizar los análisis; se estuvo llevando los materiales de laboratorio como los medios de cultivo para la siembra de las bacterias pero para ello se requiere de un lugar adecuado para dicho trabajo.
- Sería muy recomendable seguir con la investigación para lograr obtener el comportamiento anual completando las graficas mostradas anteriormente en el informe , aunque algunas no tengan mucha relación pero otras si, por ello que requiere analizar mas a fondo cada una que si persigue un modelo en cuanto a comportamiento, como también el que no para saber por que no cumple con un modelo o quizás existan errores de análisis que sería muy usual en estos casos ya que se analizaron demasiadas muestras, cabe aclarar que en el día de muestreo se



obtienen 72 muestras para análisis microbiológicos donde cada una es para coliformes, bacterias heterotróficas, y otros. y todo ello de manera inmediata por tratarse de análisis microbiológicos por ello que quizás existan errores en cuanto a obtención de resultados.

- Por motivos operacionales de la planta no se pudo variar el caudal para lograr variar la carga orgánica notoriamente, por ello sería recomendable poder variar el caudal de ingreso a la planta obteniendo comportamientos diferentes de lo mostrado en el informe; cabe aclarar que se estipulo en el proyecto la variación de caudal; aunque obteniendo datos de los promedios mensuales de ingreso de caudal se puede notar que disminuye gradualmente (ver Pág. 194).
- Se recomienda seguir con la identificación de los organismos debido a que no fueron reconocidos en su totalidad mas aun cuando suelen aparecer nuevos según la temporada de monitoreo lo que quiere decir que no a todos lo hemos observado aun; por ello que se debe completar con un estudio anual y un poco mas quizás para demostrar que se trata de un ciclo de vida o mas aun si se trata de variación de caudal para la





mas fácilmente. Así se podría establecer un estándar para aplicar en el campo.

- Las floraciones de algas también ocurren más con temperaturas altas, lo que es consistente con el calor del verano, durante el cual se realizó esta etapa. Además, las floraciones conducen a un nivel bajo de oxígeno disuelto. No medimos el oxígeno disuelto en este estudio pero se podría hacer en futuros estudios para confirmar la presencia de una floración.
- Para confirmar la presencia de la floración de algas que hemos observado en los resultados, en futuro habrá que medir el oxígeno disuelto. Además, esto ayudara a establecer una relación entre valores de oxígeno disuelto y el pH, ayudando a determinar si un pH alto es la causa de la floración, o si la cantidad alta de algas causa la subida del pH. Previamente, se hizo una evaluación del efecto de la radiación solar sobre el pH de aguas provenientes de lagunas de estabilización. Futuros estudios podrían establecer una relación entre radiación solar, pH, y floración algal.
- Los resultados obtenidos en la tercera etapa nos muestran que tenemos necesidad de investigar más a fondo la capacidad de degradación de materia orgánica por parte de las distintas bacterias que están presentes en este proceso biológico de tratamiento, ya que cada grupo de bacterias debe tener una capacidad distinta de remoción.
- Con la microbiología clásica se pueden observar muchas clases de bacterias que lamentablemente no se pueden aislar; quizás con estas que no se pueden aislar se pueden obtener resultados sorprendentes lo que implica la necesidad de continuar trabajando en esta área del tratamiento con el respaldo y apoyo especializado.
- Tener precaución con el parámetro DBO ya que aparte de ser sinónimo de concentración de materia orgánica, puede ser sinónimo de concentración de bacterias.



## 7.- BIBLIOGRAFIA

- Lagunas de Estabilización, Ing. Sergio Rollin Mendoca, Colombia, 1999, OPS.
- Microbiología de las Aguas, Dr. Gerhard Rheinheimer, Alemania, Cuarta Edición, Editorial VEB 1987.
- Las Lagunas de Estabilización en Bolivia, Paz Rada Oscar, Rivera B. Grover, XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, octubre 1994, Buenos Aires.
- Manual Simplificado para el Diseño y Operación de Lagunas de Estabilización de aguas residuales; Colli Misset José, Rico Martínez Mauricio, Rivez Hernández Armando, Escalante Estrada Violeta, Luyendijk Rolf; México;1992.
- Studies on High Altitude Waste Stabilization Ponds in Perú; H.W Pearson, D.D. Mara, W Thompson, S.P Maber; Conference on Waste Stabilization Ponds, Lisboa, 29- 2 Julio, 1987.
- Curso sobre Lagunas de Estabilización y Zanjias de Oxidación; Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Ecuador, 1970.
- Manual de Métodos experimentales, "Evaluación de Lagunas de estabilización"; Dr. Fabian Yáñez Cossio, Perú, 1982, CEPIS.
- Experiencias de Lagunas de estabilización en Serie, Ing. Pedro Aliaga, Chile, 1974.
- Efecto de la biomasa algal en demanda bioquímica de Oxígeno de efluentes de Lagunas de estabilización; Sancho Fernández Ana, Chile, 1989.



- El Empleo de las Lagunas de Estabilización en el Tratamiento de Desagües; UNI, Perú, 1969.
- Distribución del oxígeno disuelto, pH y temperatura, de la laguna facultativa de la planta Maracaibo sur; Kwong Ch., Elsa. Escuela de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela.
- Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algal en lagunas de estabilización; Carlos Martínez Cruz, Carlos Quintal Franco - Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Evaluation of the units that conform the wastewater treatment plant south Maracaibo; Carmen Cárdenas<sup>1</sup>, Cristina Jaeger<sup>1</sup>, Héctor Villasmil<sup>1</sup>, Tomás Perruolo<sup>1</sup>, Suher Yabroudi<sup>1</sup>, Franklin López<sup>2</sup>, Lenin Herrera<sup>1</sup> y Olga Castejón<sup>2</sup> - <sup>1</sup>Centro de Investigación del Agua. Universidad del Zulia. Escuela de Ingeniería Química. <sup>2</sup>Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM), Venezuela 2004.
- Lagunas facultativas, evaluación, cinética y modelos alternativos para su diseño; Violeta E. Escalante Estrada y Hugo César Noriega García Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac No. 8532.
- Tratamiento de aguas residuales en el trópico mediante lagunas de estabilización y su reuso para riego agrícola; Alberto Trujillo (1), Carmen H. Cárdenas de Flores, Maximiliano Valbuena, Lenin Herrera, Ismenia Araujo, Luisa Saules - XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Comportameto de lagoas facultativas secundárias no tratamento de águas residuárias domésticas; Gilson Barbosa Athayde Júnior, Salena



Tatiana Silva Ataide, Salomão Anselmo Silva (1) - 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

- Use of Nucleopore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy. Applied and Environmental Microbiology Hobbie, J.E; Daley, R.J y S Jasper 33(5) May 1977 p 1225-1228.
- Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrífico (Pao-Cachinche, Venezuela): abundancia, biomasa y producción primaria Interciencia González, Ernesto J.; Ortaz, Mario; Peñaherrera, Carlos y Maria L. Matos. 29(10), 2004
- Guide to the Study of Freshwater Biology. Holden-Day: Needham, James G. y Paul R. Needham. A , San Francisco, 1962.
- Tratamiento de Aguas Residuales. Ediciones Vega: Caracas, Rivas Mijares, G. 1978.
- Alarcón Cóndor, Juan Carlos. Evaluación del comportamiento del pH y temperatura de la laguna secundaria de la planta UNITRAR, Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.