

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA – LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
“EDGARD MUNGUIA ALVAREZ”**



**ANALISIS DEL FITOPLANTON EN LAGUNAS
SECUNDARIAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES “ EL COCAL” – LEON**

PRESENTADO POR: BRA MARTHA EVIDELIA PERALTA DIMAS

REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGIA

TUTOR: LIC. SALVADOR ORTEGA URROZ MSC.

**ASESORES: LIC. SILVIA HERNANDEZ CIRA-UNAN MANAGUA
LIC. NINOSKA CHOW CIRA – UNAN MANAGUA**

NOVIEMBRE 2000

INDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
LITERATURA REVISADA.....	4
Estudio de fitoplancton.....	4
Ecología del fitoplancton.....	5
DISPERSIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS MICROALGAS.....	5
GRUPOS TAXONÓMICOS.....	6
División Cyanophyta.....	7
División Chlorophyta.....	7
División Crysophyta.....	8
División Euglenophyta.....	9
Algunos elementos que inhiben el crecimiento de las microalgas.....	10
Biomasa.....	11
AGUAS RESIDUALES.....	11
ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES.....	12
Sistema de tratamientos.....	13
Tratamiento Primario.....	13
Tratamiento Secundario.....	13
Sistema de plantas acuáticas.....	14
Tratamiento terciario.....	14
Macrófitas.....	14
Descripción del sistema.....	18
Toma de muestras.....	20
Análisis de muestras.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIONES.....	35
RECOMENDACIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

ANEXOS	39
CYANOPHYTA	41
CHLOROPHYTA.....	41
CRYSOPHYTA.....	41
EUGLENOPHYTA	41
CYANOPHYTA.....	42
CHLOROPHYTA.....	42
CRYSOPHYTA.....	42
EUGLENOPHYTA	42
CYANOPHYTA.....	43
CHLOROPHYTA.....	43
CRYSOPHYTA.....	43
EUGLENOPHYTA	43
ORGANISMOS ACOMPAÑANTES.....	61
TAXONOMIA DE LAS MICROALGAS	62
(FITOPLANCTON)	62
CYANOPHYTA	62
CHLOROPHYTA.....	62
EUGLENOPHYTA.....	64
CRYSOPHYTA	64
FOTOS	68
GLOSARIO.....	72

DEDICATORIA

Se la dedico a DIOS por haberme dado la fuerza y el coraje hasta éste momento tan importante de mi vida como es el de concluir mí tesis.

A una persona en especial el cual me dio apoyo incondicional. Así como a mí tía, la cual siempre estuvo a mi lado aconsejándome a que no me detuviera ante nada y que siempre siguiera adelante, las cuales fueron palabras suficientes que me hacían estar firme ante cualquier caída o tropiezo.

A mis padres que a pesar de las indiferencias, yo sé que rezaron porque todo me saliera bien durante mi gran camino, el cual hoy llega a su fin. Pero esto no termina aquí ya que viene lo más difícil, que es, enfrentarme a una sociedad la cual siempre exige personas eficientes y capaces de realizar las grandes tareas de mí campo profesional.

AGRADECIMIENTO

A mí DIOS por haberme prestado vida hasta éste día, así como el de mantenerme con buena salud, para poder llegar al final de mí primera meta.

Al C.I.R.A. como una institución, de la cual obtuve un asesoramiento hasta el último instante de mi trabajo, el cual me apoyo en los análisis del área a estudiar: Especialmente a la Lic. Silvia Hernández y Ninoska Show, entre otros.

Al proyecto Macrofitas por haberme dado apoyo económico con el cual conté hasta el final de mí trabajo. Y le agradezco principalmente al Lic. Rolando Dolmus quien sirvió de intermediario para la obtención de esta ayuda, que sin ella no hubiese sido posible la realización de mí Monografía.

A mí tutor ya que me ayudo mucho para una mejor presentación de mi trabajo, el cual no lo hubiese logrado sin él, por su experiencia.

A los diferentes profesores que durante mi carrera me apoyaron y me enseñaron sus conocimientos el cual hoy, mañana y siempre estará en mí y me servirá para enfrentarme a los diferentes obstáculos que la vida nos pone en el camino. Ya que ellos son nuestra principal fuente de aprendizaje para cada uno de nosotros.

A los diferentes amigos en especial al Ing. Benito Morales Salmerón y a mí novio el Br Armando Camacho que de una u otra manera me ayudaron en la finalización de mi trabajo.

RESUMEN

Este estudio se realizó en las lagunas de tratamiento de aguas residuales (desechos domésticos diluidos) conocido con el nombre de “El Cocal” ubicado al sur-oeste de la ciudad de León. Las lagunas solamente reciben aguas servidas o residuales provenientes de la zona Sur de la ciudad, correspondientes al barrio de Guadalupe, Residencial Guadalupe y repartos aledaños. Este trabajo se hizo para conocer la influencia que tienen las MACROFITAS acuáticas flotantes del género *Lemnaceae* y emergentes del género *Phragmites* con la presencia del fitoplancton durante el período de cuatro meses (4) (Junio – Octubre. Se identificaron cuatro diferentes Divisiones: CYANOPHYTA, CLOROPHYTA, CRYSTOPHYTA y EUGLENOPHYTA. Distribuidas en dieciocho géneros (18) y diecinueve especies (19), durante el estudio se tomaron en cuenta otros factores como temperatura, pH, Turbidez, Oxígeno, con el fin de determinar si algunos de ellos tienen cierta influencia con el crecimiento de las Microalgas o Fitoplancton. Durante el período de estudio se dieron ciertos cambios en la recolecta de las muestras por motivo a que había cambios con las plantas que estaban siendo utilizadas en estudio del tratamiento de aguas residuales, de las dos (2) antes mencionadas, solo una de ellas sé esta utilizando y es la *Phragmites* (plantas emergentes) La *Lemnaceae* se elimino debido a que esta se marchito, el factor que provoco perdida no pudo ser detectado, se piensa que el factor temperatura sea el causante de dicha perdida pero esto no fue estudiado por falta de tiempo ya que la cual oscilaba entre 27 y 30°C al inicio del estudio, pero entre los meses de Agosto y Septiembre los datos obtenidos de la temperatura fueron altos. Por esta razón se cree que este es el factor ambiental que presento una mayor influencia en las densidades de las microalgas. La MACROFITA *Phragmites* emergente es la que tuvo gran influencia positiva en la dinámica de las microalgas por obtener del sedimento los nutrientes y este a su vez los excreta al medio acuático el cual pasa a ser disponible al fitoplancton así como no interferir en la radiación solar que incide en el cuerpo de agua. La MACROFITA flotante tuvo influencia negativa por tener incidencia en la radiación solar en el cuerpo de agua lo que permitió competir por nutrientes, luz y espacio con las microalgas (Fitoplancton). Este cambio en las plantas utilizadas nos permitió obtener dos resultados diferentes, los cuales fueron obtenidos por separado, pero permitió hacerse una comparación entre estos dos períodos de estudio los cuales serán observados durante el desarrollo del trabajo, a través de gráficos, tablas y cuadros.

INTRODUCCIÓN

Las plantas acuáticas (Microalgas) como productores primarios, forman la producción en pie (Biomasa) y determinan la productividad (tasa de producción orgánica) para todas las comunidades. Algunas de estas sirven como hábitat para animales de importancia económica, aunque otras actúan como filtros y estabilizadores de las aguas y sedimentos oceánicos. Cada una de estas funciones dependerán principalmente de las especies predominantes. Además otra particularidad es que también pueden ser indicadoras de aguas contaminadas por metales presentes. La información que hoy existe relativo a las algas, en lo que respecta a las aguas contaminadas, se limita a las aguas residuales. Antes y después de tratadas las aguas, las algas participan en algunas reacciones que de cierta manera son consideradas de gran importancia. Durante un proceso de purificación, las algas oxigenan el agua y utilizan también los subproductos del proceso de depuración (Mervin, 1962).

Existen diferentes especies de algas que toleran la riqueza orgánica que se encuentran presentes en aguas contaminadas. También las algas son habitantes comunes y normales de aguas poco profundas, es decir que se pueden encontrar en cualquier suministro de agua que este expuesto a la luz solar. Las algas pueden generar olores y sabores, además tienen importancia por otros motivos, entre los cuales se cuenta su capacidad para modificar el **pH**, la alcalinidad, el color, la turbidez.

Una de las principales razones que hacen importantes a las algas es su capacidad de generar grandes cantidades de materia orgánica en el agua. La presencia de la mayor parte de las algas en pequeña concentración suele considerarse beneficiosa, más que inconveniente en las aguas crudas (Mervin,1962)

Además se puede señalar que en tratamientos de aguas residuales las algas juegan un papel importante ya que pueden disminuir los niveles de contaminación, también pueden ser indicadoras, es decir que nos indican que elementos se encuentran presentes, esto se debe a que ellas pueden consumir ciertos nutrientes presentes en las lagunas ya sean de estabilización o bien de tratamientos secundarios.

En la Ciudad de León a partir del año 1997 se ha puesto en funcionamiento un programa de tratamiento de aguas residuales, basado en el uso de plantas MACROFITAS para evaluar su efectividad en la remoción de carga orgánica y coliformes fecales.

El siguiente trabajo monográfico se realizó con el fin de conocer por grupos taxonómicos, la abundancia de microalgas (**fitoplancton**) presentes en las lagunas de oxidación ubicadas en El Cocal, así como la relación que existe entre ellas y las plantas MACROFITAS presentes. Dentro del proyecto se han ejecutado algunas etapas y actualmente sé esta en la validación de este sistema; por lo que es de suma importancia conocer el comportamiento de las algas en este sistema de tratamiento ya que las microalgas imprimen ciertas características a las aguas (color) que no es muy aceptable en el resultado final del tratamiento.

OBJETIVOS.

Objetivo general

-Determinar si el tratamiento de aguas residuales con plantas MACROFITAS emergentes y flotantes influyen en la dinámica poblacional del fitoplancton.

Objetivos específicos.

-Cuantificar los grupos taxonómicos y las especies de microalgas más comunes en las lagunas de tratamiento secundario.

-Establecer relaciones entre los factores físico-químicos y la abundancia de microalgas en las lagunas de tratamiento secundario.

-Analizar que tipo de MACROFITA, flotante o emergente tiene mayor influencia en la composición florística de las microalgas.

LITERATURA REVISADA

Estudio de fitoplancton

Los estudios de rutina del plancton comprenden determinaciones de características extensivas, que tienen que ver con poblaciones y biomasa, apreciadas de distinta manera (número de células, contenido en carbono o en otros elementos, contenido de clorofila, otros) y características intensivas, que miden procesos (dinámica de población, medida de fijación de carbono, y de otros elementos, intensidad respiratoria, otros). Una forma habitual para estudiar el fitoplancton, es: a base de Recuentos de células, determinación de pigmentos, y de la producción primaria. Es decir a través de un análisis cualitativo (Margalef,1983).

Para su estudio, el fitoplancton se recolecta con redes de malla fina (60 μ m) aunque hoy en día se usan redes de (30 μ m) que sólo retienen las algas de tamaño relativamente grandes o que están reunidas en colonias extensas. Este método puede proporcionar indicaciones útiles sobre especies de abundancia variable, que tienen gran valor como indicadores ecológicos, pero no sirve para estudios cuantitativos. Para esto hay que estudiar todo el fitoplancton contenido en un volumen de agua determinado, separándolo por centrifugación, filtración o sedimentación. El método más apropiado para combinar el estudio taxonómico de los organismos presentes en el plancton con su evaluación cuantitativa, es la sedimentación, y examen al microscopio invertido, según el método de **Utermöhl** (Margalef,1983).

El mantenimiento de una determinada población, expresada en números de individuos o en biomasa, se puede considerar como una medida del éxito de la ocupación de ciertos ambientes por una especie.

Ecología del fitoplancton

El **fitoplancton** representa una agrupación heterogénea de pequeños organismos microscópicos vegetales que contienen clorofila (*a*) y estructuras reproductoras simples. Su distribución en un ecosistema acuático está condicionado en un cuerpo de agua por las corrientes ya que carecen de movimiento y las que poseen son muy limitadas. Dado que aproximadamente $\frac{3}{4}$ parte de la tierra está cubierta de agua, el fitoplancton es el grupo más importante de productores primarios sobre el planeta.

Fitoplancton: plancton vegetal. Formado fundamentalmente por **Cianofíceas**, **Esquizomiceto**, **Peridineas** y **Diatomeas** (= diatomos). Cortados en dos partes. Nombre con el que se conoce a las especies de las clase **Bacilariofíceas**.

Como se sabe el **fitoplancton** representa un sistema eficiente para la bioconservación de la energía luminosa, en materia orgánica, alimento disponible para el resto de la biota acuática: Además contribuyen en la base de la cadena alimenticia, proporciona aproximadamente el 70% del oxígeno atmosférico, juega un papel importante en el reciclaje de nutrientes, y algunas especies son utilizadas como indicadoras de calidad de agua.

DISPERSIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS MICROALGAS

En cuanto a la **dispersión y extensión**, las diatomeas, por la naturaleza silíceas de sus valvas y, especialmente, si hay alguna secreción mucilaginosa externa pueden resistir ausencia de agua por más o menos tiempo, y de esta manera se propagan de un lugar a otro. Sin embargo, algunas diatomeas producen forma de resistencia de valvas duplicadas o engrosadas, con poros total o parcialmente obliterados, que se pueden considerar como especialmente preadaptadas a la dispersión a través del aire.

En cuanto a la dispersión las algas pueden hacerlo a través del polvo atmosférico, o bien por los insectos o las aves, es por esta razón que no es difícil entender que en una nueva charca aparezcan especies de algas, porque estas llegan ya sea por lo antes mencionado o bien por otro factor que es el suelo. Aunque este último no permite que se multipliquen tanto en el agua. El aire contiene desde 0 a más de 200 células vivas por m³, y los géneros que se citan como más frecuentes son: *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Gloeocapsa*, *Lyngbya*, *Mycrocystis*, *Microcoleus*, *Nostoc*, *Ocollatoria*, *Prormidium*, *Plectonema*, *Schizothrix*, *Scytonema*, del grupo de las **Cianofíceas**, *Ankistrodesmus*, *Asterococcus*, *Chlamydomonas*, *Chlirella*, *Chlorococcum*, *Chlorosarcina*, *Gloeocystis*, *Hormidium*, *Microspora*, *Nannochloris*, *Oocystlis*, *Palmella*, *Planktosphaeria*, *Pleurococcus*, *Protosiphon*, *Rhizoclonium*, *Scenedesmus*, *Spongiochloris*, *Stichococcus*, *Trebouxia*, *Ulothrix*, las **Clorofíceas**, *Hantzschia*, *Navícula*, y *Nitzschia* las **Diatomeas**. Entre los **protozoos** acompañantes, los géneros *Amoeba*, *Bodo*, *Colpoda*, *Entosiphon*, *Euglena*, *Monas*, *Oikomonad*, *Paranema*, y *Pleuromonas* son los que más se repiten. (**Schlichting**) (Darley,1987)

GRUPOS TAXONÓMICOS

Las Algas se incluían en una sola categoría. En general las algas comprenden varias líneas de evolución paralela. Cada División tiene una característica en común que las distingue de otras divisiones de plantas. Las Algas poseen clorofila y son fotosintéticas, algunas no realizan la fotosíntesis, pero puede observarse en la mayoría de los casos que han derivado de formas portadoras de clorofila. Existen algas que pueden ser autotróficas o heterotróficas, pero esto dependerá de las condiciones a las cuales estén expuestas. Otra característica distintiva de las algas es la ausencia de un auténtico sistema vascular.

También las algas hacen posibles importantes cambios químicos y actividades metabólicas en el agua, gracias a la liberación de oxígeno durante las horas diurnas. El **pH** también puede aumentarse a medida que lo hace la actividad fotosintética de las algas durante las horas del día, después, el **pH** decrece durante la noche cuando las algas no realizan la fotosíntesis, sino que liberan anhídrido carbónico al respirar.

División Cyanophyta

Son algas verde-azules, entre sus pigmentos poseen ficobilinas, clorofila “a”, y varios carotenoides, son tolerantes a diferentes factores, los que les permite adaptarse a condiciones difíciles. Este grupo se caracteriza por ser fijador de nitrógeno (N₂), se presenta normalmente en medios alcalinos, de reproducción asexual, algunos representantes producen toxinas, que provocan la muerte a otras algas, peces, aves e invertebrados planctónicos. Dentro de las algas productoras de toxinas *Anabaena*, *Mycrocystis*, otros. Otras son usadas como alimento *Spirulina*, *Nostoc*, y *Chroococcus*. Los géneros más comunes que se pueden encontrar en agua dulce son: *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Mycrocystis*, *Merismopedia*, *Spirulina*, *Nostoc*, *Chroococcus*, otros. (Ramírez, 1987) Nunca se encuentran células flageladas, aunque, en algunas especies filamentosas desprovistas de vaina (*Oscillatoria* y *Spirulina*), el talo muestra cierto movimiento.

División Chlorophyta

Son denominadas algas verdes, poseen clorofila “a” y “b” que enmascaran a los carotenos y xantofilas. Son almacenadoras de almidón, al igual que las Cyanophytas, se desarrollan bajo una variada gama de condiciones por lo que muchas han sido utilizadas como indicadores de contaminación. Es el grupo más diversificado en las aguas dulces, la división constituye un grupo muy amplio tanto de células unicelulares, como de vida colonial y filamentosa. La colonial varía desde formas que originan asociaciones laxas como *Ankistrodesmus*, hasta formas fuertemente asociadas a manera de cenobios (*Scenedesmus*) En el agua dulce es típicas la forma colonial (*Volvoc*, *Dictosphaerium*, *Eudorina*). Las células que representan a este grupo poseen en general 2 ó 4 flagelos en posición anterior, los flagelos son lisos y de igual longitud, pueden ser móviles y no móviles unicelulares, hasta formas coloniales, la reproducción es sexual pero no en todos los grupos representativos.

El Género **Chlorella**, comprende células esféricas o un poco ovales, independientes, de pequeño tamaño, frecuentes en aguas eutróficas. No se puede decir que sea frecuente en el plancton de los lagos donde, sí aparece, se comporta como oportunista, en respuesta a alguna fertilización brusca. Su calidad de “mala hierva” le ha conquistado el aprecio de los laboratorios de investigación fisiológicas. Se supone que *Chlorella* puede producir alguna sustancia (Chlorelina, ácido graso, foto-oxidado) inhibidoras de otras algas formas disgregadas y de células redondeadas de *Scenedesmus* se pueden confundir superficialmente con *Chlorella*, pero la estructura de la membrana, más complicada en *Scenedesmus*, suele bastar para diferenciarlas. La pared celular de las **chlorellas** no es simple y, por encima de una capa fundamentalmente celulósica, hay un estrato muy resistente a la acetólisis, que podría ser esporopolenina. La resistencia de sus cubiertas hace que sea un organismo poco aconsejable para obtener proteínas o para usarla en la alimentación de animales (Darley,1987)

Las **Chlorellas** se pueden cultivar a la oscuridad total, con alguna iluminación de vez en cuando, según las cepas, con substratos orgánicos. Las **Chlorellas** tienen formas diversas y presentan simbiosis con animales, las cuales son exclusivas de las aguas dulces. Un grupo de géneros se caracteriza por tener largas espinas setiformes implantados sobre la membrana, entre ellas se encuentra *Golenkinia* en ella se ha descrito la reproducción sexual, que es **Oogama** (Darley,1987)

División Cryosphyta

Se denominan pardo-amarillentas, poseen clorofila “a” y “c”, caroteno α y β y algunas xantofilas. Estas pueden ser células desnudas o con pared. En agua dulce existen 3 Clases de las 5 que presenta esta División (Chrysophyceae, Bacillariophyceae y Xantophyceae). Las Bacillariophyceae se reproducen vegetativamente o por división celular o sexualmente, estas asimilan crisosa y lípidos y eliminan el sílice de la zona fótica y este se acumula en las capas más profundas con las diatomeas que se sedimentan. Las diatomeas son autotróficas y son indicadoras de contaminantes, los alimentos que almacenan lo hacen en forma de grasa y aceites. Además gozan de una amplia distribución, y se pueden encontrar libres en el plancton o bien fijadas sobre los sustratos sólidos. Las **Diatomeas** son

productoras primarias del fitoplancton. Estas además suelen constituir una fracción importante del fito lacustre. En ellas domina exclusivamente la forma cocal o celular. Sus membranas, impregnadas de sílice se conservan con facilidad, mostrando el fino detalle de poros y grabaduras que les dan una gran belleza y que indudablemente, han sido un incentivo para su estudio, relativamente muy adelantado, por lo menos en lo que se refiere a la descripción de la forma. Para el estudio taxonómico el material que contiene diatomeas se trata con ácido clorhídrico para eliminar el calcio, se lava, y luego se hierve con sulfúrico concentrado; la materia orgánica que oscurece la solución se oxida añadiendo poco a poco cristallitos de nitrato potásico. Las diatomeas más delicadas se tratan con soluciones saturadas de permanganato de potásico en caliente, añadiendo luego ácido oxálico hasta la pérdida de calor o también con agua oxigenada, o con fermentos (Margalef,1983).

División Euglenophyta

Son órgano flagelados, desnudos y grandes. El número de flagelo varía de 1 a 3 siendo generalmente 2, uno mayor y más visible que el otro. Poseen clorofila “a” y “b”, β caroteno y xantofilas, predominando en agua dulce. Ellas reservan Paramilo, son abundantes en charcas y lagunas con abundante contenido de materia orgánica, tienen reproducción asexual. Dentro del grupo son conocidos *Euglena*, *Phacus*, *Lepocindis* y otros. Este grupo es considerado como uno de los más primitivos, de hecho, diversas especies de *Euglena* se encuentran entre las más tolerantes de las condiciones de polución. Además las Euglenophytas son especialmente importantes en el fitoplancton de las aguas dulces, ya que algunos géneros se encuentran, en condiciones aeróbicas, en los depósitos de aguas residuales en donde probablemente desempeñan un cierto papel en la degradación general de las sustancias orgánicas complejas contenidas en dichas aguas.

En cuanto a los **Dinoflagelados** se encuentran extremadamente diversificadas, y en zonas acuáticas son muy abundantes y variados en cambio en las aguas dulces estas son menos variadas. La mayoría de las especies de agua dulce son de células muy asimétricas, en relación con los tres ejes. En los siguientes géneros ya no se reconoce la organización flagelada.

Algunos elementos que inhiben el crecimiento de las microalgas

En primer instancia se puede mencionar a los diferentes tipos de nutrientes que puedan llegar al cuerpo de agua. Así como ciertos elementos y compuestos (silicio, manganeso, vitaminas) que limitan el crecimiento de las algas, pero lo único que realmente las perjudica es el nitrógeno y fósforo. En la mayor parte de los lagos, el elemento limitado suele ser el fósforo, porque la cantidad de este utilizable biológicamente no basta para satisfacer las necesidades de las algas, de modo que los aumentos de fósforo incrementan la productividad. Si el nitrógeno llega a imponer limitaciones, y supuesto que el fósforo no, algunas algas verdes pueden fijar nitrógeno y crecer. En el agua de mar las limitaciones suelen provenir del nitrógeno.

La mayor parte de los nutrientes contaminantes llegan a ríos y lagos provenientes de estaciones depuradas, vertidos sin depurar o residuos agrícolas. La fuente puede ser discreta, como es el caso de una emisión específica, o difusa, como, por ejemplo, un cultivo situado en la zona de captación. Como otros factores tenemos el Silicio el cual estimula el crecimiento de las Diatomeas.

Las bacterias presentes descomponen la materia orgánica biodegradable, produciendo CO_2 , amoníaco NH_3 y nitratos, sustancias utilizadas por las algas, junto con la luz solar, para la fotosíntesis, proceso que libera O_2 , permitiendo así que las bacterias descompongan cantidades mayores de residuos. Los estanques de oxidación no sólo purifican los residuos, sino que sirven también para generar energía. Las algas se caracterizan por un rendimiento de conservación energético del 3-5%, y al ser recolectadas se pueden dar directamente a los animales, fermentar para producir metano, o quemar para producir electricidad. La fermentación es capaz de producir 11.6 Kg^{-1} de energía de algas, suficiente para generar el 5% del metano consumido. (Sáenz, 1958)

Biomasa

La biomasa es un carácter extensivo, con las dimensiones de masa por unidad de espacio. Puesto que la energía entrante y que soporta a la biomasa es proporcional a la superficie, a veces la biomasa no se refiere a unidad de volumen, que pareciera lo más natural, sino a unidad de superficie, integrando la biomasa contenida en una columna vertical de sección unidad, que va desde la superficie del agua hasta el fondo. La renovación de la biomasa, o productividad, es un carácter intensivo y tiene la dimensión del inverso del tiempo.

En el término biomasa, hay que considerar que el tamaño de las células es muy diverso según las especies puede decirse que la mayor parte de los valores se escalonan entre 10 y 1000 μm^3 y que más que de la mitad de las células quedan entre 100 y 1000 μm^3 . Esta variación es considerable y apenas puede decirse que la biomasa sea proporcional al número de células. Por esta razón, es práctica frecuente multiplicar las densidades de las distintas especies por un valor determinado aproximado del volumen medio de las células respectivas, para expresar el fitoplancton como volumen. Metcalf –Eddy (1981)

AGUAS RESIDUALES

Las **Aguas Residuales** son todas aquellas aguas originadas por las actividades humanas y estas a su vez pueden ser de tipo doméstico, industrial o bien comercial que puede ser por lavados de carro, restaurantes, tiendas, lavanderías, bares y algunas procedentes de las industrias las cuales pueden presentar o no pretratamiento y que a su vez entran al sistema de aguas municipales, existe otro tipo de aguas residuales que se pueden originar de la actividad Agrícola. Las aguas de los desechos municipales consiste en la combinación de aguas de uso doméstico que proceden de oficinas, restaurantes, domésticas y de pequeñas industrias, las de ciudades domésticas incluyen sólidos, una mezcla del 33% de jabones y sólidos, 20% de orina, 18% de desechos de comida, 16% de S fecales y 7% de papel, (Metcalf end Hedí, 1991) y el remanente 5% de sólidos en las aguas domésticas se origina del suministro de papel. Las aguas de tormenta o lluvias son intermitentes, las

concentraciones dependen de la duración y frecuencia de las lluvias. Normalmente son mezcla de sólidos, nutrientes, minerales y sales disueltos. (Kadlec, 1996). Las aguas residuales pueden caracterizarse o clasificarse en fuerte, media, o débil. Aquí la materia orgánica (M.O), y la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O), entre otros compuestos se ven totalmente afectados cuando hay lluvia, porque la intensidad de las aguas aumenta, y esto es porque las corrientes de agua de lluvia, arrastran una gran cantidad de sedimentos.(Metcalf end Hedí, 1991)

ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

El análisis de las aguas residuales puede ser de tipo físico, químico y biológico. Estos sí pueden variar desde precisas determinaciones químicas cuantitativa, hasta determinaciones cualitativas de aspectos biológicos y físicos.

Los tratamientos de acuerdo a la tecnología pueden ser de tipo convencional, esto consiste en la compilación de procesos químicos, físicos y biológicos. Muchos de estos procesos se encuentran en la naturaleza y pueden funcionar dentro de una variedad de esquemas de tratamiento.

Existen factores que son utilizados para el análisis de las aguas residuales como:

La turbidez que consiste en una forma de ensayo para determinar la calidad del agua o bien para conocer que cantidad de luz se trasmite en un cuerpo de agua.

La **temperatura**, es un factor importante, no sólo porque influye en la actividad metabólica y la conducta de los animales, sino porque puede alterar el estado físico-químico del contaminante. Los efectos de la temperatura sobre la toxicidad han sido estudiados (Metcal,1977). La temperatura de las aguas residuales suele ser más altas que las aguas de suministros, esto suele ser un parámetro importante por su efecto en la vida acuática, reacciones químicas, y velocidad de reacción. El oxígeno suele ser menos soluble en el agua de mayor temperatura que en agua fría (Metcalf,1977).

Sistema de tratamientos

Tratamiento Primario

Este tratamiento es considerado como la primera línea de defensa, porque es el escenario para la mayoría de técnicas de tratamientos biológicos. Este tratamiento consiste de filtrado, remoción de arena y sedimentación primaria. El filtrado y la remoción de arena pueden ser referidos como tratamiento preliminar, porque remueve sólidos y partículas minerales, también remueve el filtrado de grandes partículas de sólidos que pueden interferir con otros procesos o técnicas, tales como válvulas y areadores. El filtrado puede hacerse de diversas formas (Rejillas o Rejas). Las partículas consisten de sólidos orgánicos e inorgánicos que entran al sistema colector que incluye materiales como: arena, grava, semillas, desechos de café y otros sólidos orgánicos que pueden ser descompuestos todo esto puede ser removido mediante diferentes sistemas, rejas, des-arenadores y otros. La sedimentación primaria es utilizada para reducir las altas concentraciones de sólidos totales suspendidos, además incorporan típicamente diques para la remoción de materiales flotantes llamadas nata (papel, pelos, plástico y aceites) estos son sacados fuera, incinerados o bien quemados.

Tratamiento Secundario

Estos son considerados el nivel mínimo requerido para descargar agua a los cuerpos receptores. Este consiste en la remoción de sólidos y materia orgánica disuelta a través de la actividad microbiológica. Es un proceso esencialmente biológico en el que bacterias y hongos son estimulados para crecer en lagunas, estanques, piscinas, pilas o sobre superficies determinadas. La principal tecnología para el tratamiento secundario son las lagunas facultativas, lagunas aeróbicas, aeretion basins con reciclamiento sólidos (lodo Activado), filtros trampa y reactores biológicos. Otra técnica que se puede mencionar es el crecimiento de poblaciones microbianas para extraer carbón soluble y nutrientes de los efluentes primarios.

Sistema de plantas acuáticas

Los sistemas de plantas acuáticas son considerados como un sistema de tratamiento secundario. Las lagunas con plantas acuáticas flotantes o sumergidas, pueden captar parte de los diferentes elementos que se encuentren o llegan en las aguas circula a través de unas pequeñas lagunas que poseen plantas flotantes en una primera etapa y plantas emergentes en una segunda etapa, estas se usan para modificar la calidad del agua, y estas actúan de la siguiente forma:

a)-**Raíz y Tallos**: Funcionan facilitando la proliferación de bacterias, como filtradoras y adsorbe doras de ciertos sólidos en una columna de agua.

b)-**Tallo y Hojas**: Funcionan atenuando la luz del sol, evitando así la proliferación de algas, reduciendo también los efectos del viento en el agua, (Ej: transferencia de gases entre la atmósfera y el agua), también juegan un papel en la importancia de gases hacia las partes sumergidas de la planta. Manual de diseño (EPA,1988).

Tratamiento terciario

Este va más allá de los residuos de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), sólidos suspendidos, fósforo, nitrógeno, además estos pueden ser también llamados tratamientos avanzados. Metcalf – Hedí (1981)

Macrofitas

Es una palabra griega, que significa planta, con el prefijo macro; se dice de cualquier planta visible a simple vista. Se opone a micrófito. (Diccionario Botánico); Dr. P. Font Quer. Se les considera plantas acuáticas por presentar un hábitat acuático, actualmente son llamadas Macrofitas, y están representada por todo aquel tipo de vegetación que crece en la zona litoral de lagos, embalses, y ríos, ya sea en la zona de interfase agua-tierra, sobre la superficie del agua o totalmente sumergidas. Se dice que estas plantas acuáticas se

convierten en maleza y causan problema en el manejo de los ecosistemas acuáticos. (Wetzels,1983).

Las Macrofitas acuáticas son vegetales que durante su evolución retornaron del ambiente terrestre para el acuático. En consecuencia presentan variadas características de vegetales terrestres, presentan una gran capacidad de adaptación y gran amplitud ecológica, este hecho posibilita que una misma especie colonice diferentes tipos de ambiente.

Investigaciones realizadas en regiones templadas y tropicales por, (Mitsch y Gosselink,1986 ; Menezes,1984) mostraron que las macrofitas acuáticas representa una de las comunidades más productivas y que a través de su actividad metabólica, son capaces de producir grandes interferencias en el ambiente.

Dada la Heterogeneidad filogenético y taxonómica de las Macrofitas acuáticas, son preferiblemente clasificadas en cuanto a su biotopo.

a) Macrofitas acuáticas emergentes: son plantas enraizadas en el sedimento y con follaje fuera del agua, Género; Typha, Phragmites.

b) Macrofitas acuáticas con follaje flotante: son plantas enraizadas en el sedimento y con follaje flotante en la superficie del agua. Género; Vitoria.

c) Macrofitas acuáticas sumergidas y enraizadas: Son plantas enraizadas en el sedimento, que crecen totalmente sumergidas en el agua. Género; Elodea.

d) Macrofitas acuática sumergidas libres: Son plantas que tienen raíces poco desarrolladas y que permanecen flotando sumergidas en el agua en lugares de poca turbulencia. Género; Utricularia.

e) Macrofitas acuáticas flotantes: son plantas que flotan en la superficie del agua. Género; Lemna.

Las Macrofitas acuáticas tienen una gran importancia en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, principalmente en la mayoría de los lagos que son poco profundos, ya que posibilitan la formación de regiones litorinas, y estas pueden ser colonizadas por diferentes comunidades de Macrofitas. Su alta productividad es uno de los principales

motivos para poseer un gran número de nichos ecológicos y una gran diversidad de especies de animales, y así constituyéndose en uno de los compartimentos del lago más importante haciéndolo más complejo. Otro factor importante en la determinación de la complejidad ecológica es el hecho de que la región litorina es el resultado de la interacción entre el ecosistema terrestre y el acuático. Por lo tanto hay una gran influencia de las Macrofitas acuáticas sobre el metabolismo del ecosistema (Perfound,1956 ; Bernatowicz,1969).

Entre las Macrofitas acuáticas más utilizadas industrialmente esta *Phragmites communis*, es utilizada como materia prima para la producción de celulosa y para la construcción de bolsos y diversos artefactos de uso personal y de decoración. (Schwarzbold,1975)

La posibilidad de utilizar Macrofitas acuáticas como medio de reducir la concentración de compuestos orgánicos, metales pesados, fosfatos y compuestos nitrogenados (Schwoerbel,1968) estudió *Callitriche hamulata*, mostró que esta especie de Macrofitas acuática es capaz de reducir en 6 horas aproximadamente el 60% de la concentración de fósforo de una solución conteniendo desecho domestico diluido.

Actualmente existe una gran información con respecto al uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales, pero de un análisis de ellas se deduce que hay varios aspectos aún no resueltos que limitan la aplicación de estos sistemas para tratamientos. Sin embargo la mayor posibilidad de aplicación parece estar en el uso de lagunas con Macrofitas flotantes para mejoramiento de la calidad del afluente de lagunas especialmente diseñadas para tal efecto. Se debe enfatizar que el uso de plantas flotantes no es aplicable a lagunas tratando desechos crudos, debido a que las lagunas son diseñadas de formas especiales incompatibles con las requeridas por unidades primarias para una adecuada remoción de sólidos (Yáñez,1993). Los estanques de oxidación se emplean en los países de climas cálidos para purificar los fangos, y el proceso consiste en una interacción entre bacterias y algas. Los estanques son poco profundos, oscilan en

términos medio de 1 m de profundidad. El fango asentado dura de dos a tres semanas en atravesar los estanques, en cambio el crudo se retiene hasta 6 meses.

Las Macrofitas o organismos productores en el medio acuático pueden ser de dos clases:

1-**Las plantas enraizadas o grandes plantas flotantes** (crecen en aguas someras).

2-**Diminutas plantas flotantes**, generalmente algas, las cuales son llamadas: **Fitoplancton**. Estas se distribuyen por todo el cuerpo de agua y llegan hasta donde penetra la luz. Cuando el **Fitoplancton** abunda, le confiere al agua un color verdusco, pero en muchos casos, estos productores no son visibles. Además este suele ser más importante en cuanto a la producción de alimentos básicos para el ecosistema que la vegetación enraizada.

El cultivo de plantas acuáticas como **Lemnaceae**, es usado para el tratamiento de aguas, y son fuente alimenticia excelente para cría de aves y peces. Son también consideradas como consumidoras de sales: Se dice que la planta Phragmites, es capaz de introducir entre 5 y 12 Mg de oxígeno por m² por día. Los rizomas bien desarrollados de estas pueden llegar hasta una profundidad de 1.5 m después de 2 ó 3 años, es una planta perenne y crece a temperaturas entre 30 y 35 ° C, requiere una zona de alta humedad, tolera sequías, e inundaciones, crece en suelos firmes y arcillosos de contenido mineral. Tolerancia salinidades, no necesita fertilización. Proliferan en Febrero, y resiste luz solar intensa. Se comporta como una maleza en drenajes y canales de riego, domina sobre otras especies. (Mervin,1962)

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sistema

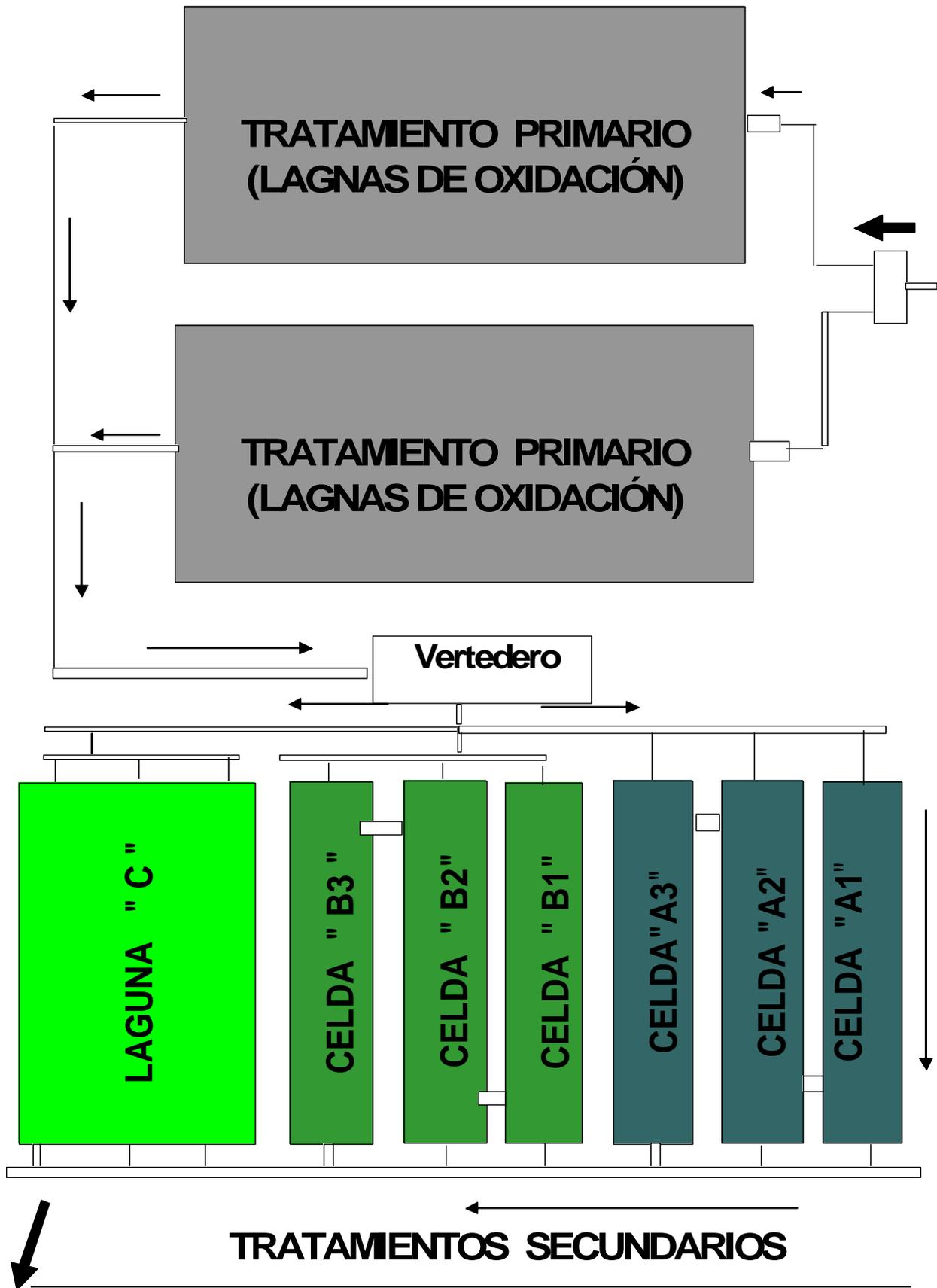
El trabajo se realizó en dos fases en las lagunas de tratamiento de aguas residuales, ubicadas en El “Cocal” al sur-oeste o periferia de la ciudad de León. El sistema de tratamiento consiste de dos lagunas de tratamiento primario que reciben directamente las aguas residuales de uso domésticos del sur de la ciudad de León (Guadalupe) y tres lagunas de tratamiento secundario conocidos como lagunas ”A” y “B”y “C” (Fig. 1), alimentadas por las aguas provenientes de las lagunas de tratamiento primario

Las lagunas primarias han estado funcionando desde 1974. A partir de 1992 fue que se les dio mantenimiento, drenando el sustrato para eliminar así la acumulación de sedimentos que se encontraba en exceso.

Las lagunas Secundarias: fueron construidas en 1997 y funcionan desde 1998 con el fin de darles tratamiento a estas aguas crudas, tratar que el agua que drena al Río Chiquito tenga un nivel de contaminación un poco más bajo, no se espera que el agua salga limpia o descontaminada por completo, pero si con menos metales pesados, materia orgánica en suspensión y otros elementos que sean contaminantes al ecosistema acuático.

En la primera fase se trató de determinar cual de los sistemas de tratamiento con plantas era más efectivo en la remoción (cambio de especies) de algas, en esta fase el sistema de lagunas “A” estaba subdividida en A1, A2 y A3. La celda A1 contiene plantas flotantes de la Fam.: *Lemnaceae*, la A2 plantas emergentes (*Phragmites*), y la A3 es un testigo (sin plantas), que servirá para hacer comparaciones con las demás.

Las lagunas (**A1**, **A2**, y **A3**) están construidas para tener una profundidad de 1.20 m de agua pero en el ensayo tenían un nivel de agua de 60cm, con un período de retención de 7 días, es decir, una vez por semana. Con relación al ancho del espejo de agua es de aproximadamente 10 m, y el largo es de 130 m, los taludes de dichas lagunas están revestidos de piedra y cemento, el fondo es totalmente de arcilla.



En la segunda etapa del estudio el tratamiento consistió en evaluar la efectividad de *Phragmites* en la remoción de algas, para ello la laguna “A” servía como testigo sin plantas, la laguna “B” con *Phragmites* y la laguna “C” como laguna facultativa o testigo. Todas las lagunas se encontraron operando con un nivel de agua de 0.60m de profundidad.

Toma de muestras

Para la ejecución del trabajo se procedió con la toma de muestras en horas de la mañana una vez por semana durante cuatro meses, las muestras se colectaron en el vertedero de salida de cada laguna a una profundidad de 10 cm, criterio tomado con la cuerda del disco de Sechi y en el vertedero principal de las lagunas primarias, se utilizó un succionador que consiste en un pequeño tubo de un volumen de 45 ml y un diámetro de 2 cm, la muestra total tomada en cada una de las lagunas y el vertedero principal fue de 100 ml, las muestras, se colocaron en frascos de vidrio previamente rotulados y forrados con papel de aluminio para evitar que la luz solar incidiera en cada una de las muestras, y luego se trasladaron en un recipiente (termo) con hielo al laboratorio de análisis de agua ubicado en Managua (C.I.R.A) Centro de Investigación de Recursos Acuáticos, para su respectivo análisis.

Análisis de muestras

El análisis de las muestras se efectuó en un microscopio invertido para ello, se procedió de la siguiente manera: Las muestras se sedimentaron en cámaras de volúmenes de 5ml dependiendo de la cantidad de organismos presentes. Si las concentraciones de organismos observados son muy altas, se procede a realizarse disoluciones en serie y de esta manera reducir el número de organismos, facilitando así el conteo y su clasificación, para el conteo las muestras fueron preservadas con lugol, dejándose reposar por 2 horas antes de ser colocadas en las cámaras de conteo, el tiempo permisible para que la muestra se sedimente es de 12 horas en el que se deja reposar la muestra, las muestras que no

podían ser contadas el día de la toma de muestra se dejaban en refrigeración para evitar su deterioro. Esto se realizó durante los cuatro meses de muestreo.

Durante la colecta, también se midieron algunos parámetros como: Temperatura con un termómetro de mercurio, el Ph con papel Ph, también se analizó por el laboratorio de “El cocal” otros parámetros como: turbidez con un Turbidímetro en base a materia en suspensión (D.R.T - 15 CE portátil), el oxígeno, con un Oxímetro (D.O 4000 O₂) y la D.Q.O (Demanda química de oxígeno) por el método llamado Título Métrico.

Las algas encontradas se determinaron a través de corrido de claves para su identificación taxonómica, con ayuda del Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos (C.I.R.A.) quien dio asesoría para la realización del trabajo.

Los resultados obtenidos en relación con el número de especies, familias y número de individuos se analizaron mediante métodos estadísticos que permiten establecer la diferencia entre los tratamientos y sitios de colecta; Así como establecer correlaciones entre los factores físico-químicos y la dinámica del fitoplancton.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de estudio de la primera fase (Junio-Julio) fueron encontradas cuatro (4) Divisiones de Algas: CYANOPHYTA con cinco (5) géneros, CLOROPHYTA con nueve (9) géneros, CRY SOPHYTA con dos (2) géneros y EUGLENOPHYTA con dos (2) géneros.

En la Tabla 1 se expresa la frecuencia absoluta de los géneros encontrados en la primera fase del estudio. Aquí se trabaja con dos tipos de plantas, *Lemnaceae* y *Phragmites*.

En la laguna A1 y sus divisiones que contienen *MACROFITA* de la Familia *Lemnaceae* el porcentaje de frecuencia de géneros presentes por la división CYANOPHYTA esta en el rango de 40 – 80 %, los géneros de la división CLOROPHYTA esta en el rango de 20 – 60 % y la CRY SOPHYTA en un 20 % de frecuencia.

En la laguna A2 que contiene plantas *MACROFITA* emergentes del género *Phragmites* el porcentaje de frecuencia de la división CYANOPHYTA esta en mayoría en un 80 %. Las CLOROPHYTAS en su mayoría esta en una frecuencia de 80 – 100 % y las CRY SOPHYTA entre 40 – 60 %, en cuanto a las EUGLENOPHYTAS su frecuencia no fue muy visible.

La laguna A3 que esta considerada como testigo por la ausencia de *MACROFITAS* la frecuencia de la división CYANOPHYTA esta en el rango de frecuencia de 20 – 80 % y la CLOROPHYTA esta en el rango de 20 – 60 % de frecuencia.

El estudio realizado muestra que las *MACROFITAS* juegan un papel importante en la presencia de los diferentes géneros de Microalgas encontradas, de las cuales se distribuyen en cuatro diferentes divisiones: Cyanophyta, Chlorophyta, Crysophyta y Euglenophyta.

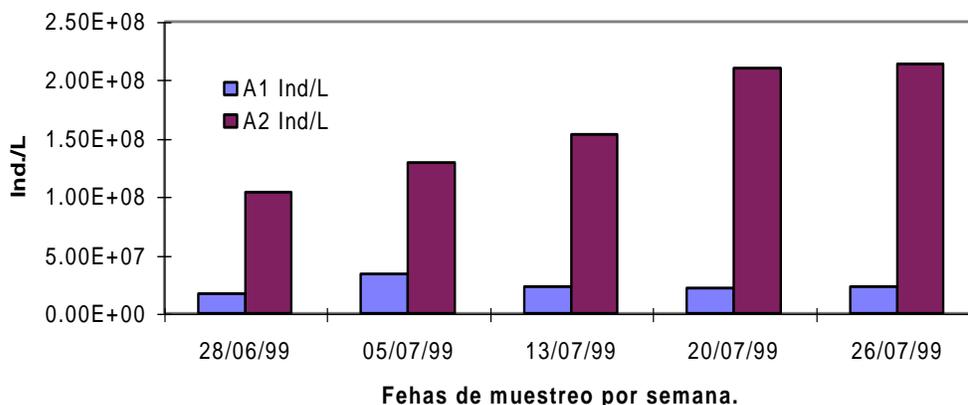
FASE I

TABLA 1: Frecuencia absoluta de los géneros encontrados en la laguna de tratamiento secundario de aguas residuales en cinco semanas de muestreo durante, la primera fase (Junio - Julio) El “Cocal” - León. 1999.

Divisiones	Laguna A1 (Plantas flotantes) Lemnacea y sus divisiones.		Laguna A2 (Plantas emergentes) Fhragmite.		Laguna A3 (Testigo)	
	Nº de apariciones	Frecuencia (%)	Nº de apariciones	Frecuencia (%)	Nº de apariciones	Frecuencia (%)
Cyanophyta						
Merismopedia	3	60	4	80	1	20
Oscillatoria	4	80	1	20	4	80
Anabaena	2	40	4	80	1	20
Closteryopsis	4	80	4	80	3	60
Spirulina	----	----	----	----	----	----
Chlorophyta						
Chlorella	1	20	5	100	----	----
Dictyosphaerium	----	----	5	100	----	----
Gonium	2	40	1	20	1	20
Golenkinia	2	40	4	80	2	40
Dicloster	3	60	5	100	3	60
Ankistrodesmus	3	60	4	80	2	40
Eutetramorus	1	20	2	40	1	20
Eudorina	3	60	1	20	3	60
Volvox	----	----	----	----	----	----
Crysophyta						
Nitzscha	1	20	3	60	----	----
Navícula	1	20	2	40	----	----
Euglenophyta						
Phacus	----	----	1	20	2	40
Euglena	----	----	----	----	----	----
Total	13		15		11	

Total de muestras: 5 analizadas en la cámara, en el cuadro se presenta el número de apariciones por género. Ej. El género *Merismopedia* de cinco muestras analizadas se logró observar el género en tres de ellas. El total de muestras durante todo el período de estudio fue de 1 por semana la cual se hace un total de 24 muestras, pero como se analizaron diferentes puntos en la laguna, máximo 3 esto hace un total de 72 muestras. De las cuales 36 fueron analizadas en un período de 3 meses (Junio-Agosto) y las otras 36 por el mismo tiempo (Septiembre-Noviembre), esto se debió al cambio en los tratamientos de la laguna en estudio.

En cuanto a la frecuencia absoluta con relación al género la laguna que presentó una mayor frecuencia fue la A2. Esto se debió a que las microalgas no se encontraron siendo influenciadas por el tratamiento que en ella se encontraba (Plantas emergentes). En esta laguna las densidades de fitoplancton (microalgas) se mantuvieron altas y muy estables en dicho sistema. En cambio en la laguna A1 la frecuencia de géneros no fue muy variante pero a medida que se analizaban las muestras las densidades de estas bajaban en el sistema de tratamiento (Plantas flotantes) a medida que las plantas presentaban una mayor cobertura, lo que indicó que el tratamiento estaba influyendo fuertemente en la composición florística del fitoplancton. Esto se puede observar mejor en el siguiente gráfico.



Graf. 1 Comparación de los totales de las densidades de microalgas entre dos tratamientos (Lemnaceae y Phragmites) en el período de Junio/Julio de 1999.

En la laguna A1 y sus divisiones que contienen MACROFITAS flotante que son de rápido crecimiento absorben gran cantidad de nutrientes del medio acuático afectando la

frecuencia porcentual de las algas ya que compiten con las condiciones ambientales y nutrientes, entre otros efectos negativos aumenta el déficit de oxígeno y crea condiciones para la formación de ácido sulfhídrico H₂S (Wetzel,1975)

En la laguna A2 que contiene MACROFITA emergentes, del género *Phragmite* la competencia por los nutrientes fue menor, debido a que ellas están enraizadas en el sedimento del que absorben los nutrientes y su posterior liberación a la columna de agua por excreción, favoreciendo la presencia de los géneros de las divisiones encontradas.

Los resultados de la laguna A3 (testigo) confirman claramente la influencia de los tratamientos con MACROFITA en la frecuencia de las algas debido al menor porcentaje presente que oscila entre 20 –80 %. Entre los diferentes géneros encontrados por División no presentaron diferencia entre géneros, es decir los géneros encontrados en las 3 lagunas fueron los mismos, lo que se diferencio entre ellos fue la cantidad.

En el gráfico 1 se expresa las densidades de microalgas presentes en las lagunas tratadas con MACROFITA del género *Lemnacea* y *Phragmite*, donde se muestra que las MACROFITA emergentes (*Phragmites*) favorecen la presencia de las microalgas por no competir por el espacio, ni por nutrientes, no así las flotantes (*Lemnacea*) que compiten por espacio, luz y nutrientes.

En los cuadros del 2 al 5 de la **Fase 1** se reflejan los datos de la presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 que fueron tratadas con MACROFITA flotantes, relacionándolas con la presencia de los géneros de microalgas a la entrada de las lagunas tratadas. (Anexo 1)

Estos cuadros son el resultado de las muestras tomadas cada semana para observar el desarrollo de las MACROFITAS flotantes y su influencia en la presencia de los géneros de microalgas tomando como referencia la entrada del agua a las lagunas tratadas. Los géneros presentes confirman con la presencia y la ausencia de algunos géneros que las MACROFITA flotantes *Lemnaceae* tienen cierta influencia en las microalgas.

En los cuadros del 7 al 11 de la **Fase I** se expresan de manera cuantitativa, individuos por litro (Ind/L) para tener una idea más clara de los resultados de la influencia de las MACROFITAS en la presencia ó ausencia de algunos géneros de microalgas. (Anexo 1)

En la **segunda fase** del estudio solamente se trabajo con un solo tipo de planta y fue la *Phragmites* en la laguna B. La laguna A se considero como testigo ya que nos permitiría establecer comparaciones con la laguna en estudio “B” los grupos y géneros de microalgas encontradas en la laguna A fueron los mismos, y en la laguna B que posee siempre las plantas emergentes o MACROFITAS del tipo *Phragmite* también se identificaron los mismos grupos y géneros. Esto se puede observar en **Anexo 1** a partir del cuadro 12 al 16, de la **Fase II** esto en cuanto a presencia y ausencia; en cuanto a número de individuos o datos cuantitativos representados en individuos por litro (Ind/L) para ver los resultados de una manera mucho más clara lo observamos en los cuadros 17 al 21. Para la obtención de estos datos numéricos se hizo uso de un valor dado, denominado factor que aparece en la parte superior del cuadro. La formula que nos permite obtener este dato es la siguiente.

$$\text{Ind. / L} = \text{F} * \text{Ind. contados}$$

$$\text{F} = \text{Factor} = 26545$$

$$\text{Ind. / L} = \text{Individuos por litro}$$

En la Tabla 2 se expresa la frecuencia absoluta de géneros encontrados, aquí solo tenemos un tratamiento y es con plantas emergentes (*Phragmites*). En la laguna con plantas emergentes la frecuencia de la división CYANOPHYTA esta en el rango de 80 – 100 %, las CLOROPHYTA esta al 100 % y las CRYSOPHYTA y EUGLENOPHYTA en un 80 %.

En la laguna testigo “A” las CYANOPHYTA presentó una frecuencia de rango entre 20 – 100 %, las CLOROPHYTA de 80 – 100 %, las CRYSOPHYTA en 40 % y las EUGLENOPHYTA en un rango de 40 – 100 %. Como se puede ver se dio una diferencia en cuanto a la primera fase. Como se puede observar la diferencia entre ambas lagunas es un poco mayor debido a que las MACROFITAS emergentes no tiene influencia negativa en

la presencia de microalgas encontradas, debido a que los nutrientes los toman del sedimento donde están enraizadas y por su posterior liberación a la columna de agua por el proceso de excreción, aumentando el contenido de nutrientes disponibles.

FASE II

TABLA 2: Frecuencia absoluta de los diferentes géneros de microalgas encontrados durante cinco semanas de muestreos en lagunas de tratamiento secundario de aguas residuales en una segunda fase en el período de (Agosto - Septiembre) en El “Cocal” - León. 1999. Solo se presenta un tipo de planta acuática (*Phragmites*).

División	Laguna A (Testigo)		Laguna B (Plantas emergentes)	
	N° de apariciones	Frecuencia (%)	N° de apariciones	Frecuencia (%)
Cyanophyta				
Merismopedia	4	80	5	100
Oscillatoria	1	20	5	100
Anabaena	5	100	4	80
Closteryopsis	5	100	5	100
Spirulina	----	----	----	----
Chlorophyta				
Chlorella	5	100	5	100
Dictyosphaerium	5	100	5	100
Gonium	----	----	----	----
Golenkinia	5	100	5	100
Dicloster	5	100	5	100
Ankistrodesmus	5	100	5	100
Eutetramorus	4	80	5	100
Eudorina	----	----	----	----
Volvox	----	----	----	----
Crysoophyta				
Nitzscha	2	40	4	80
Navicula	2	40	4	80
Euglenophyta				
Phacus	5	100	4	80
Euglena	2	40	4	80
Total	14		14	

La cantidad de muestra es igual al de la primera fase, tanto en número como en cantidad. En cuanto a la frecuencia absoluta de la presencia de géneros en la segunda fase se pudo observar que se mantuvo estable tanto para la laguna A (testigo) como para la laguna B (plantas emergentes) el cual tiene tratamiento. De los 4 grupos los géneros con mayor

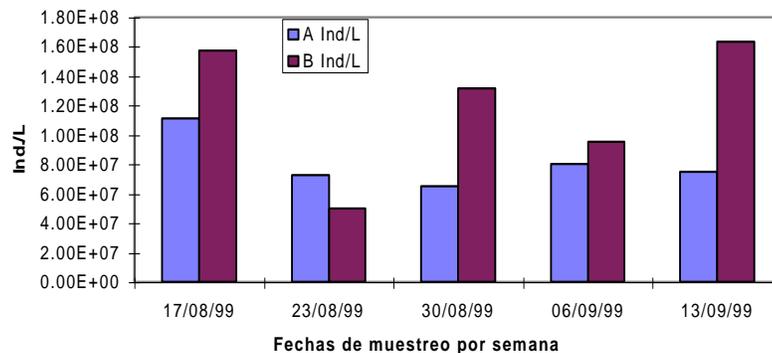
frecuencia en ambas fueron los de la División Chlorophyta. Entre los géneros más representativos son: *Chlorella*, *Dicloster* y *Ankistrodesmus*.

En el gráfico 2 se expresan las densidades de microalgas presentes en las lagunas tratadas con *Phragmites*. Esto confirma que las densidades de microalgas son mayores con la presencia de MACROFITA emergentes por no presentar competencia por nutrientes ni luz con las microalgas, sino más bien aportan nutrientes, el cual es disponible por el proceso de excreción.

En los cuadros del 12 al 16 (Anexo 1) de la **Fase II** se expresan los datos de la presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y la laguna B con tratamiento con plantas emergentes (*Phragmites*), relacionados con la presencia de los géneros de microalgas encontrados en la entrada de la laguna o Vertedero Principal (V.P).

Estos datos confirman como se puede observar en la columna B que la presencia de los géneros en la mayoría es constante debido a la no-afectación negativa en la presencia de nutrientes y en la competencia por espacio y luz con las MACROFITA emergentes.

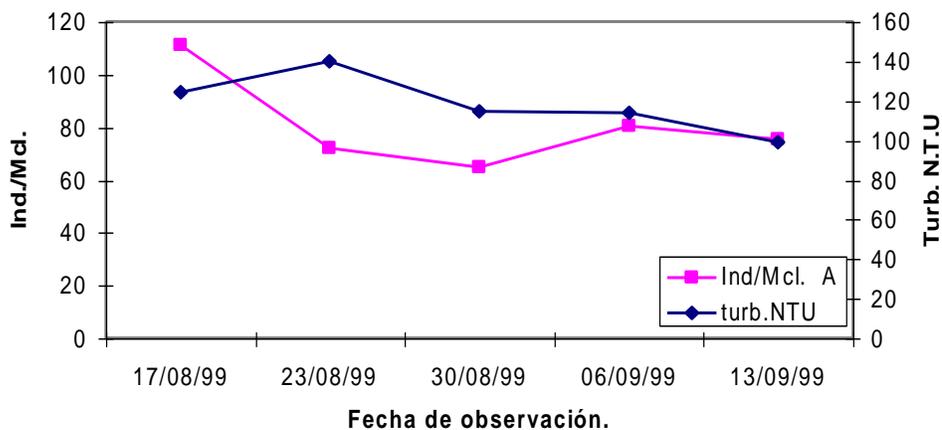
En los cuadros del 17 al 21 se expresa de manera cuantitativa individuos por litro (ind/l) para tener una idea más clara de los resultados, de la no-competencia por espacio, nutrientes y luz de los . géneros encontrados



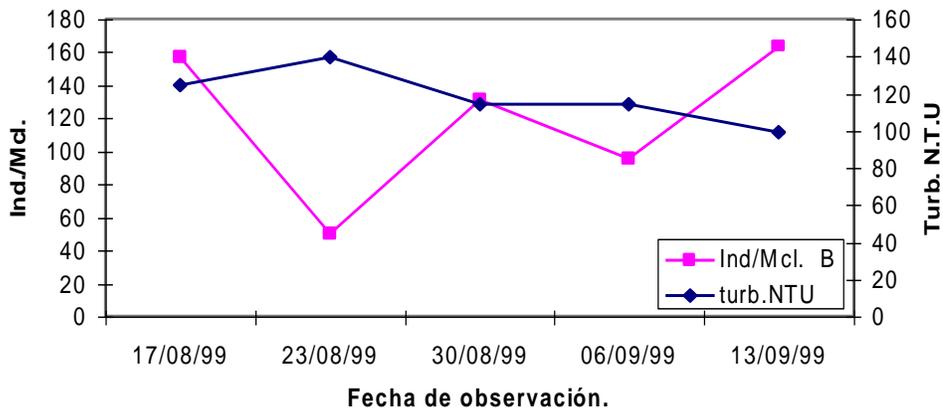
Graf.2 Densidad total de las microalgas con un solo tipo de tratamiento (*Phragmites*) y se coparan los datos con una laguna sin tratamiento, en el período Agosto - Septiembre de 1999.

En el gráfico 3, el factor ambiental como la turbidez del agua expresa que al inicio de la toma de muestra en la laguna A sin la presencia de MACROFITAS nos indica que si tiene influencia en la densidad del Fitoplancton, pero a medida que pasa en tiempo la densidad de microalgas llega a formar parte de la materia disuelta y flotante en la laguna. Esto nos indica que a una mayor turbidez la densidad de microalgas es baja, pero si la turbidez es baja o constante la proliferación de estas se mantiene. Si observamos bien la gráfica, nos daremos cuenta que se mantienen.

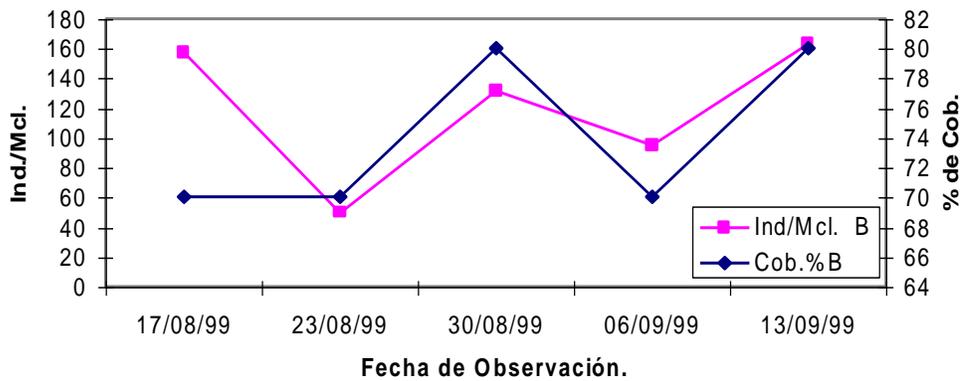
En el gráfico 4, se muestran los resultados de las comparaciones de las densidades de microalgas en la laguna B que son tratadas con MACROFYTAS emergentes, al inicio del estudio la turbidez tiene una gran influencia en la penetración de luz solar, al final del estudio muestra el crecimiento debido a que la materia flotante en la laguna a precipitado y las MACROFYTAS no afectan negativamente la densidad de las microalgas. En esta gráfica se observa un poco más claro el resultado en cuanto a la anterior, y es por que al inicio se observa una baja en el crecimiento de las microalgas, la cual esta siendo afectada por la materia en suspensión, pero después esta recupera su estabilidad y logra que las microalgas proliferen.



Graf. 3 Comparación de la turbidez con las densidades de microalgas en la laguna A sin tratamiento.

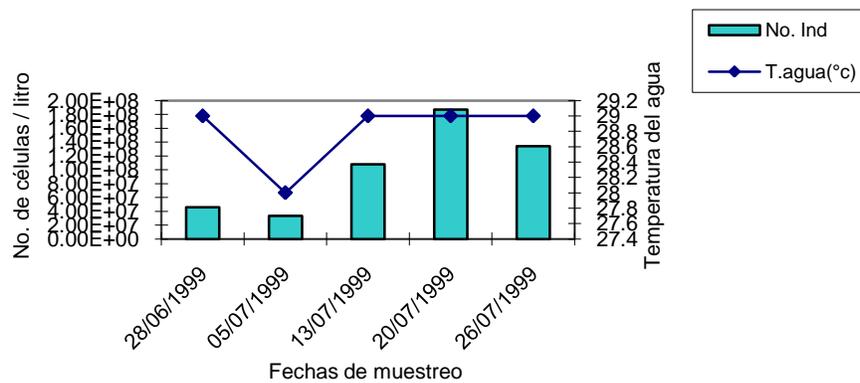


Graf. 4 Comparación de la turbidez con densidades de microalgas de la laguna B, con tratamiento con plantas emergentes.



Graf. 5 Comparación de las densidades de Microalgas de la laguna B con tratamiento con plantas Emergentes y la Cobertura de la misma.

Este gráfico 5 muestra que las plantas emergentes con relación a la incidencia solar no tiene influencia a medida que las MACROFITA crecen.

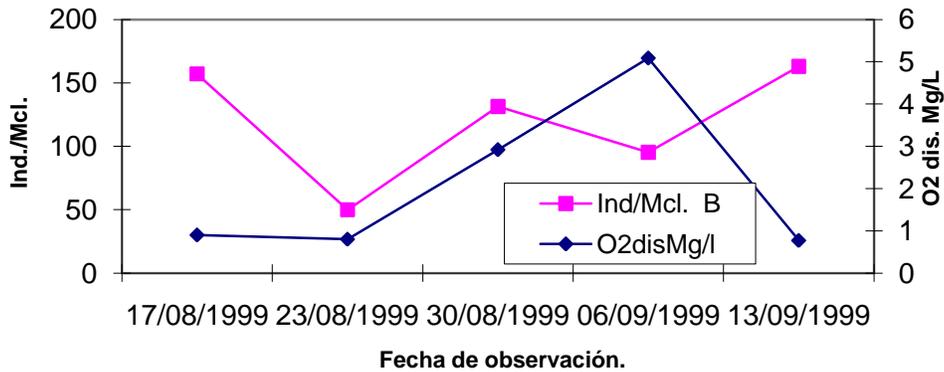


Graf. 6 Comportamiento de las poblaciones de Cianofitas del vertedero principal en relación a la temperatura del agua

En el Graf. 7 se puede observar la influencia que presenta el oxígeno con el crecimiento de las plantas emergentes, como se puede observar que a menor oxígeno mayor es el crecimiento de la planta y a mayor niveles de oxígeno menor es el crecimiento. Esto indica que el oxígeno disuelto influye en el crecimiento de las plantas.

En los Graf 8, 9 y 10 se muestran los resultados de la influencia de la temperatura en el crecimiento de las Divisiones de microalgas, CYANOPHYTA, en el Vertedero Principal siendo su crecimiento mayor entre los 29 y 29.5°, lo mismo sucede con la División CLOROPHYTA y la CYANOPHYTA en la laguna B.

Esto demuestra que la incidencia de la radiación solar penetra al cuerpo de agua cuando las partículas que se encuentran flotando han precipitado permitiendo su aumento en densidad.



Graf. 7 Comparación de las densidades de las microalgas de la laguna B con tratamiento con plantas emergentes y el Oxígeno disuelto.

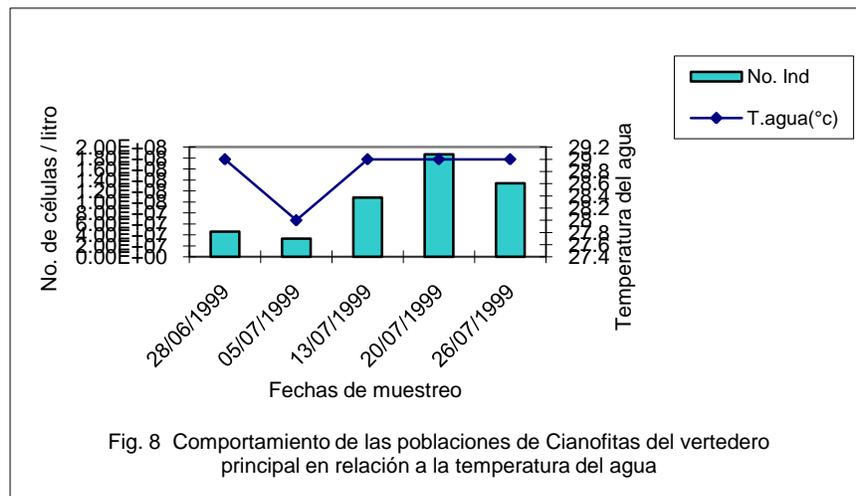
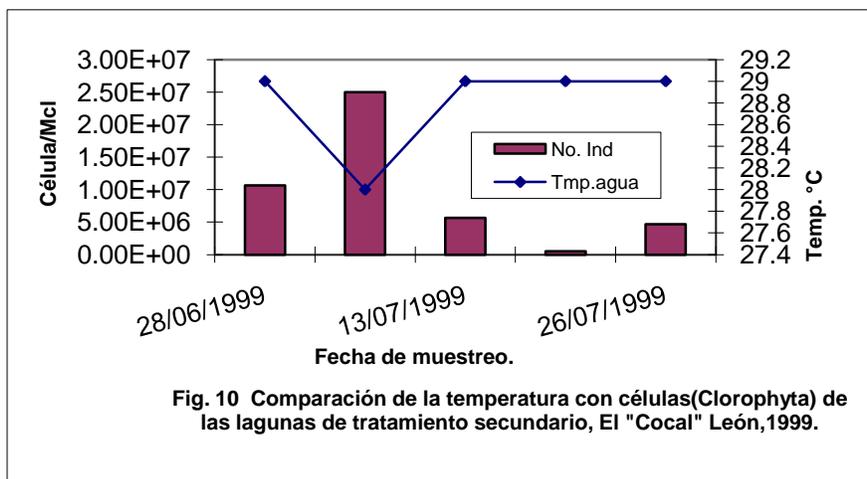
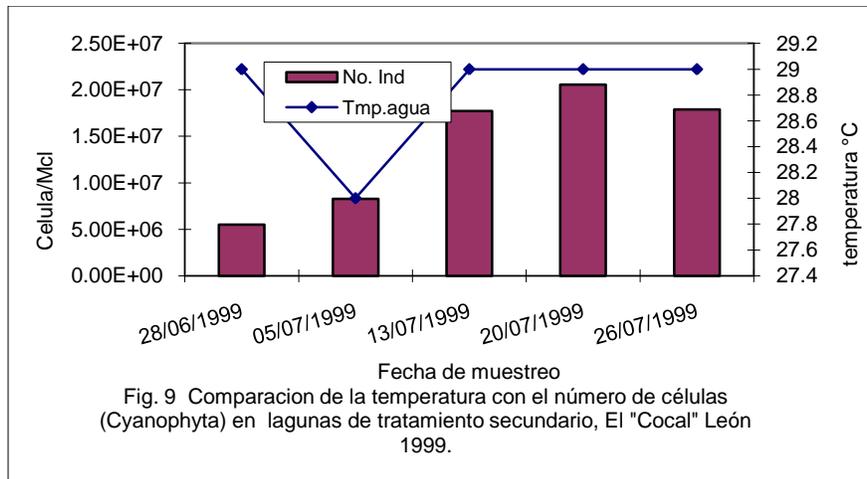


Fig. 8 Comportamiento de las poblaciones de Cianofitas del vertedero principal en relación a la temperatura del agua



CONCLUSIONES

El trabajo se realizó en dos fases dado que se presentaron cambios en el tratamiento de las lagunas, esto se debió a que durante el período de septiembre – octubre las plantas flotantes se marchitaron, se trató de recuperarlas pero no se consiguió suficiente plantas para realizar una resiembra, por lo tanto se tuvo que eliminar el tratamiento con ese tipo de planta quedando solamente las de tipo emergentes(Phragmites).

Los resultados demostraron que las MACROFITAS tienen influencia en el metabolismo de las lagunas, es decir que influyen en la dinámica de las microalgas ya que las flotantes reducen la turbulencia del agua y aumentan la concentración de nutrientes favoreciendo el crecimiento de las microalgas pero afecta la incidencia solar en el cuerpo de agua.

Las MACROFITAS emergentes como están enraizadas en el sedimento absorben nutrientes de la parte profunda del sustrato, donde ellos no están disponibles para las microalgas, además tienen una gran influencia en el metabolismo de las lagunas al eliminar por excreción los nutrientes el cual llega a ser disponible para las microalgas.

Se identificaron cuatro (4) Divisiones de Fitoplancton en ambas fases de estudio, sobresaliendo las CYANOPHYTA y CLOROPHYTA con valores en densidades por litro de 84068013 y 18740770, predominando en la primera fase del estudio el género *Oscillatoria*, y en la segunda fueron las *Merismopedias* y *Oscillatorias*. Cuando hablo de predominio, me estoy refiriendo a la dominancia en cuanto a presencia de células en las muestras analizadas durante el estudio.

En la primera y segunda fase se identificaron dieciocho géneros (18) con diecisiete especies (17) distribuidas así: CLOROPHYTA nueve (9) géneros y ocho (8) especies, CYANOPHYTA cinco (5) géneros y cinco (5) especies, EUGLENOPHYTA dos (2) géneros y tres (3) especies y CRYSOPHYTA con dos (2) géneros y dos (2) especies.

Los factores físico – químicos se comportaron de la siguiente manera: el pH se mantuvo neutro (7), es decir que las aguas de la laguna no se encontraban ni en un estado básico, menos en estado ácido, sin embargo la temperatura oscila entre 27 – 30°C, rangos normales, favoreciendo de esta manera la densidad de los géneros identificados. Para mi criterio los rangos antes mencionados de los diferentes factores químicos tomados durante el estudio son normales, la temperatura presentó cierto aumento a mitad del estudio, lo cual se debió a la sequía en períodos de invierno. Entre otros factores tomados tenemos la Turbidez, Oxígeno disuelto y Demanda bioquímica.

RECOMENDACIONES

Dada la importancia que tienen las MACROFYTAS en la disminución de sólidos o contaminación en los cuerpos de agua, teniendo estos resultados relevantes, se recomienda:

- Realizar estudios para conocer la cantidad de fosfato y amonio que es tomado por las MACROFYTAS ya que la literatura expresa que este proceso está estrechamente vinculado con la temperatura.
- El estudio del papel de las MACROFITAS en la eliminación de bacterias patógenas.
- Hacer otros estudios que fundamenten más este trabajo, tratando de darles otro punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Dawes Clinton J. 1991. Botánica Marina. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Mexico, D.F. Pág. 71-283.G
- 2- Gloyna, E. F, 1973 . Estanques de estabilización de aguas residuales. Organización Mundial de la salud (O.M.S), Serie de Monografía, N° 60.
- 3- Metcalf-Eddy. 1977 . Tratamiento y depuración de las aguas residuales. 2da Edición. Editorial Labor, S. A. Impreso en España, Barcelona. Pág 237-282, 394-409,747-772.
- 4- Margalef-Ramón. 1983 . Limnología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, Pág 122-127, 204, 234.
- 5- Marshall Darley, W. 1987 . Biología de las algas. Enfoque Fisiológico. Editorial Limusa. México.
- 6- Mervin Palmer. 1962. Algas en abastecimientos de agua. Centro regional de ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo internacional (A.I.D). México.
- 7- Martinez Prieto, J. M. 1964 . “ Contribución al estudio de lagunas de Oxidación “ Saneamiento, Buenos Aires.
- 8- Pesson. P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Incidencia sobre las biocenosis acuática. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pág. 115-118, 129 y146.
- 9- Roldán, P. G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Edición Universidad de Antioquía. 2da De. Medellín, Colombia , 383p.
- 10-Sierra C, Jorge Humberto. 1985 . Análisis de agua y aguas Residuales. Medellín U de A. 227 pág.
- 11-Sáenz, R. 1958 . Tratamiento de desechos por medio de lagunas de Estabilización. Ministerio de salubridad pública. (SCISP), C.R.
- 12- Sin Autor. Septiembre 1988. Manual de Diseño. Pantanos construidos y Sistemas de Plantas Acuáticas para el Tratamiento de Aguas Residuales. U.S. Environmental.
- 13- Steves Robert. 1996. Principios Limnológicos. Edición Océano. 5ta Edición, Barcelona.
- 14- Scagen Robert, F, Bandoni, Robert J, otros. 1980. El Reino Vegetal Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ediciones Omega, S. A. 3ra Edición. Barcelona.
- 15- Protection Agency (E.P.A/ 625/ 1-88/ 022) Office of Research and Development. Center for Environmental Research Information. Cincinnati, OH 45268.
- 16- Talboys, R. P. 1971 . Lagunas de estabilización en América Latina. Publicación del CEPIS/ OPS.
- 17- Yáñez-Fabián, Cossío, Ph. D. 1993 . Avances en el tratamiento de aguas residuales por Lagunas de estabilización. Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento.

ANEXOS

CUADRO 1

División	Género	Especies
Cyanophyta	Merismopedia	Merismopedia tenuissima
	Oscillatoria	Oscillatoria sp
	Anabaena	Anabaena sp
	Closteriopsis	Closteriopsis longissima
	Spirulina	Spirulina sp
Chlorophyta	Chlorella	Chlorella vulgaris
	Dictyosphaerium	Dictyosphaerium tetrachotemum
	Gonium	Gonium sp
	Golenkinia	Golenkinia radiata
	Dicloster	Dicloster acuatus
	Ankistrodesmus	Ankistrodesmus bernardii
	Eutetramorus	Eutetramorus fottii
	Eudorina	Eudorina sp
Crysophyta	Volvox	Volvox sp
	Nitzschia	Nitzschia sp
	Navicula	Navicula sp
Euglenophyta	Phacus	Phacus sp
	Euglena	Euglena acus
		Euglena sp
Total	18	19

FASE I

Se tomaron en cuenta los dos tipos de plantas para dicho análisis, Phragmites (Emergenes) y Lemnaceas (Flotantes).

CUADRO 2: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 tratadas con MACROFITA del género *Lemnaceae*. En el vertedero principal (V.P) no hay tratamiento este es la entrada del agua de las lagunas primarias, las cuales tienen agua sin tratar, es decir agua cruda.

Fecha: 28/06/99

Género	VP	A ₁	A ₂	A ₃
CYANOPHYTA				
Merismopedia	X	X	X	X
Oscillatoria		X		X
Anabaena	X	X	X	
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X		
CHLOROPHYTA				
Chlorella	X	X	X	
Dictyosphaerium			X	
Gonium		X		
Golenkinia	X	X	X	
Dicloster	X	X	X	
Ankistrodesmus	X	X	X	
Eutetramorus				
Eudorina		X		
Volvocales				
CRYSOPHYTA				
Navicula				
Nitzschia		X		
EUGLENOPHYTA				
Phacus				
Euglena	X	X		X

CUADRO 3: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 tratadas con MACROFITA del género *Lemnaceae*. En el vertedero principal (V.P) no hay tratamiento este es la entrada del agua de las lagunas primarias, las cuales tienen agua sin tratar, es decir agua cruda.

Fecha: 05/07/99

Género	VP	A1	A2	A3
CYANOPHYTA				
Merismopedia	X	X	X	
Oscillatoria		X	X	X
Anabaena	X		X	
Spirulina				
Closteriopsis			X	
CHLOROPHYTA				
Chlorella	X		X	
Dictyosphaerium	X		X	
Gonium		X	X	X
Golenkinia	X	X		
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	
Eutetramorus		X		
Eudorina				
Volvocales				
CRYSOPHYTA				
Navicula				
Nitzschia			X	
EUGLENOPHYTA				
Phacus				
Euglena	X	X		X

CUADRO 4: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 tratadas con MACROFITA del género *Lemnaceae*. En el vertedero principal (V.P) no hay tratamiento este es la entrada del agua de las lagunas primarias, las cuales tienen agua sin tratar, es decir agua cruda.

Fecha: 13/07/99

Género	VP	A ₁	A ₂	A ₃
CYANOPHYTA				
Merismopedia	X		X	
Oscillatoria		X		X
Anabaena	X		X	
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X	X	X
CHLOROPHYTA				
Chlorella	X		X	
Dictyosphaerium	X		X	
Gonium				
Golenkinia	X		X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X		X	X
Eutetramorus				
Eudorina		X		X
Volvocales				
CRYSOPHYTA				
Navicula				
Nitzschia			X	
EUGLENOPHYTA				
Phacus	X			X
Euglena	X		X	X

CUADRO 5: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 tratadas con MACROFITA del género *Lemnaceae*. En el vertedero principal (V.P) no hay tratamiento este es la entrada del agua de las lagunas primarias, las cuales tienen agua sin tratar, es decir agua cruda.

Fecha:20/07/99

Género	VP	A ₁	A ₂	A ₃
CYANOPHYTA				
Merismopedia	X		X	
Oscillatoria		X		X
Anabaena	X		X	
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X	X	X
CHLOROPHYTA				
Chlorella	X		X	
Dictyosphaerium	X		X	
Gonium				
Golenkinia	X		X	
Dicloster	X		X	
Ankistrodesmus	X		X	
Eutetramorus	X		X	
Eudorina			X	X
Volvocales				
CRYSOPHYTA				
Navicula			X	
Nitzschia			X	
EUGLENOPHYTA				
Phacus	X	X	X	X
Euglena	X			

CUADRO 6: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A1, A2 y A3 tratadas con MACROFITA del género *Lemnacea*. En el vertedero principal (V.P) no hay tratamiento este es la entrada del agua de las lagunas primarias, las cuales tienen agua sin tratar, es decir agua cruda.

Fecha: 26/07/99

Género	VP	A ₁	A ₂	A ₃
CYANOPHYTA				
Merismopedia	X		X	X
Oscillatoria		X		X
Anabaena	X		X	
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X	X	X
CHLOROPHYTA				
Chlorella	X		X	
Dictyosphaerium	X		X	
Gonium				
Golenkinia	X		X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus			X	X
Eudorina		X		X
Volvocales				
CRYSOPHYTA				
Navicula		X	X	
Nitzschia		X	X	
EUGLENOPHYTA				
Phacus	X	X		X
Euglena	X		X	X

CUADRO 7: Densidad de microalgas por litros presente en lagunas tratadas con MACROFITA flotante, relacionadas con los géneros presentes en el Vertedero Principal, entrada del agua cruda a las lagunas de tratamiento secundario con plantas (V.P).

Fecha 28/06/99

Factor: 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A ₁	A ₂	A ₃	VP	A ₁	A ₂	A ₃
CYANOPHYTA								
Merismopedia	1718	1754	2513	179	45604310	4655930	66707585	4751555
Oscillatoria		23	1	75		610535	26545	1990875
Anabaena	5				132725			
Spirulina								
Closteriopsis	3	9	14	13	79635	238905	371630	345085
CHLOROPHYTA								
Chlorella	141		800	26	3742845		21236000	690170
Dictyosphaerium	16		80		424720		2123600	
Gonium	1	92	12		26545	2442140	318540	
Golenkinia		26				690170		
Dicloster	234	255	313	3	6211530	6769975	8308585	79635
Ankistrodesmus	39	28	84		1035255	743260	2229780	
Eutetramorus			70				1858150	
Eudorina	14				371630			
Volvocales								
CRYSOPHYTA								
Navicula			3				79635	
Nitzschia		3	3			79635	79635	
EUGLENOPHYTA								
Phacus	22	6		5	583990	159270		132725
Euglena		4				106108		

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 8: Densidad de microalgas por litros presente en lagunas tratadas con MACROFITA flotante, relacionadas con los géneros presentes en el Vertedero Principal, entrada del agua cruda a las lagunas de tratamiento secundario con plantas (V.P).

Fecha 05/07/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A ₁	A ₂	A ₃	VP	A ₁	A ₂	A ₃
Merismopedia	1244	134	2274	3325	33021980	3557030	60363330	88262125
Oscillatoria		143		190		3795935		5043550
Anabaena		1	13	14		26545	345085	371630
Spirulina								
Closteriopsis	9	34	14	21	238905	902530	371630	557445
Chlorella	143	8	673	165	3795935	212360	17864785	4379925
Dictyosphaerium	8		96	98	212360		2548320	2601410
Gonium				31				822895
Golenkinia			62	85			1645790	2256325
Dicloster	193	95	645	280	5123185	2521775	17121525	7432600
Ankistrodesmus	18	7	92	87	477810	185815	2442140	2309415
Eutetramorus	6				159270			
Eudorina		832	168	40		22085440	4459560	1061800
Volvocales								
Navicula			2	3			53090	79635
Nitzschia			5	3			79635	79635
Phacus	108	4	4	632	2866860	106180	106180	16776440
Euglena	5	3	1	33	132725	79635	26545	875985

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 9: Densidad de microalgas por litros presente en lagunas tratadas con MACROFITA flotante, relacionadas con los géneros presentes en el Vertedero Principal, entrada del agua cruda a las lagunas de tratamiento secundario con plantas (V.P).

Fecha 13/07/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A ₁	A ₂	A ₃	VP	A ₁	A ₂	A ₃
Merismopedia	4048	148	3233	3406	107454160	3928660	85819985	90412270
Oscillatoria		468		846		12423060		22457070
Anabaena	7	9	8		185815	238905	212360	
Spirulina								
Closteriopsis	4	42	8	19	106180	1114890	212360	504355
Chlorella	209		257		5547905		6822065	
Dictyosphaerium	140		494	136	3716300		13113230	3610120
Gonium								
Golenkinia	145	84	468	345	3849025	2229780	12423060	9158025
Dicloster	427	16	1196	62	11334715	424720	31747820	1645790
Ankistrodesmus	63	1	98	15	1672335	26545	2601410	398175
Eutetramorus								
Eudorina		112		1095		2973040		29066775
Volvocales								
Navicula			3				79635	
Nitzschia		2	8	2		53090	212360	53090
Phacus	60		5	112	1592700		132725	2973040
Euglena			8	12			212360	318540

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 10: Densidad de microalgas por litros presente en lagunas tratadas con MACROFITA flotante, relacionadas con los géneros presentes en el Vertedero Principal, entrada del agua cruda a las lagunas de tratamiento secundario con plantas (V.P).

Fecha 20/07/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A ₁	A ₂	A ₃	VP	A ₁	A ₂	A ₃
Merismopedia	6974	8	5960	634	185124830	212360	158208200	16829530
Oscillatoria		726		427		19271670		11334715
Anabaena	65	1	31		1725425	26545	822895	
Spirulina								
Closteriopsis	10	39	17	44	265450	1035255	451265	1167980
Chlorella	108		226	1	2866860		5999170	26545
Dictyosphaerium	48	4	202	28	1274160	106180	5362090	743260
Gonium								
Golenkinia	109		320	88	2893405		8494400	2335960
Dicloster	548	2	803	12	14546660	53090	21315635	318540
Ankistrodesmus	82	1	183		2176690	26545	4857735	
Eutetramorus	256		23		6795520		610535	
Eudorina		12	144	48		318540	3822480	1274160
Volvocales								
Navicula			3				79635	
Nitzschia	1	1	16	2	26545	26545	26545	53090
Phacus	65	5	2	10	1725425	132725	53090	265450
Euglena	82	3	14	7	2176690	79635	371630	185815

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 11: Densidad de microalgas por litros presente en lagunas tratadas con MACROFITA flotante, relacionadas con los géneros presentes en el Vertedero Principal, entrada del agua cruda a las lagunas de tratamiento secundario con plantas (V.P).

Fecha 26/07/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A ₁	A ₂	A ₃	VP	A ₁	A ₂	A ₃
Merismopedia	4967	94	4913	6437	131849015	2495230	130150135	170870165
Oscillatoria		518		572		13750310		15183740
Anabaena	60		19	6	1592700		504355	159270
Spirulina								
Closteriopsis	17	62	16	72	451265	1645790	424720	1911240
Chlorella	200	2	332	27	5309000	53090	8812940	716715
Dictyosphaerium	32	44	192	316	849440	1167980	5096640	8388220
Gonium								
Golenkinia	99	119	247	113	2627955	3158855	6556615	2999585
Dicloster	828	4	1819	372	21979260	106180	49285355	9874740
Ankistrodesmus	115		147	47	3052675		3902115	1247615
Eutetramorus		7	18	43		185815	477810	1141435
Eudorina			300	524			7963500	13909580
Volvocales								
Navicula			7				185815	
Nitzschia	1	2	20		26545	53090	530900	
Phacus	107			5	2840315			132725
Euglena	78		8	34	2070510		212360	902530

FASE II

Aquí por causa a los daños causados por el Huracán Mitch solo se trabajo con un tipo de planta Phragmites (Emergentes), por soportar los estragos del mismo y por ser plantas con fijación en el sustrato o sedimento, en cambio las Lemnaceas son flotantes y al revalsar las pilas estas se perdieron y fue imposible recuperarlas, y cubrir las lagunas en su totalidad. Por ello hasta la fecha solamente se esta trabajando con las Phragmites o emergente.

CUADRO 12: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y en la laguna B con tratamiento con MACROFITA emergente (Phragmite).

Fecha: 17/08/99

Género	VP	A	B	C
Merismopedia	X	X	X	X
Oscillatoria		X	X	
Anabaena	X	X	X	
Spirulina				
Closteriopsis	X	X	X	X
Chlorella	X	X	X	X
Dictyosphaerium	X	X	X	X
Gonium				
Golenkinia	X	X	X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus	X	X	X	X
Eudorina				
Volvocales			X	
Navicula		X	X	
Nitzschia		X	X	
Phacus	X	X		X
Euglena	X		X	

CUADRO 13: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y en la laguna B con tratamiento con MACROFITA emergente (Phragmite).

Fecha: 23/08/99

Género	VP	A	B	C
Merismopedia	X	X	X	X
Oscillatoria	X		X	X
Anabaena	X	X	X	X
Spirulina				
Closteriopsis	X	X	X	X
Chlorella	X	X	X	X
Dictyosphaerium		X	X	X
Gonium				
Golenkinia	X	X	X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus	X	X	X	X
Eudorina				X
Volvocales				
Navicula	X	X		X
Nitzschia	X	X		X
Phacus	X	X	X	X
Euglena	X			X

CUADRO 14: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y en la laguna B con tratamiento con MACROFITA emergente (Phragmite).

Fecha: 30/08/99

Género	VP	A	B	C
Merismopedia	X		X	X
Oscillatoria		X	X	
Anabaena	X	X	X	X
Spirulina				
Closteriopsis	X	X	X	X
Chlorella	X	X	X	X
Dictyosphaerium	X	X	X	X
Gonium				
Golenkinia	X	X	X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus	X	X	X	X
Eudorina		X		
Volvocales				
Navicula			X	X
Nitzschia			X	X
Phacus	X	X	X	X
Euglena	X		X	

CUADRO 15: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y en la laguna B con tratamiento con MACROFITA emergente (Phragmite).

Fecha: 06/09/99

Género	VP	A	B	C
Merismopedia	X	X	X	X
Oscillatoria		X	X	
Anabaena	X	X		X
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X	X	X
Chlorella	X	X	X	X
Dictyosphaerium	X	X	X	X
Gonium				
Golenkinia	X	X	X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus	X	X	X	X
Eudorina			X	
Volvocales				
Navicula	X		X	
Nitzschia	X		X	
Phacus	X	X	X	X
Euglena	X	X	X	X

CUADRO 16: Presencia ó ausencia de los géneros de microalgas en las lagunas A sin tratamiento y en la laguna B con tratamiento con MACROFITA emergente (Phragmite).

Fecha: 13/09/99

Género	VP	A	B	C
Merismopedia	X	X	X	X
Oscillatoria			X	
Anabaena	X	X	X	X
Spirulinas				
Closteriopsis	X	X	X	X
Chlorella	X	X	X	X
Dictyosphaerium	X	X	X	X
Gonium				
Golenkinia	X	X	X	X
Dicloster	X	X	X	X
Ankistrodesmus	X	X	X	X
Eutetramorus		X	X	X
Eudorina				X
Volvocales				
Navicula	X		X	X
Nitzschia	X		X	X
Phacus	X	X	X	X
Euglena	X	X	X	X

CUADRO 17: Densidad de microalgas por litro presentes en la laguna A no tratada y la laguna B con la presencia de las *Phragmite* las cuales son plantas MACROFITA emergentes.

Fecha 17/08/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A	B	C	VP	A	B	C
Merismopedia	4453	1726	4059	2736	118204885	45816670	107746155	72627120
Oscillatoria		1				26545		
Anabaena	5	27			132725	716715		
Spirulina		1				26545		
Closteriopsis	15	32	14	7	398175	849440	371630	185815
Chlorella	109	213	153	78	2893405	5654085	4061385	2070510
Dictyosphaerium	24	136	39	25	637080	3610120	1035255	663625
Gonium								
Golenkinia	38	174	137	57	1008710	4618830	3636665	1513065
Dicloster	354	1393	1150	935	9396930	36977185	30526750	24819575
Ankistrodesmus	56	254	122	126	1486520	6742430	3238490	334470
Eutetramorus	7	159	201	115	185815	4220655	5335545	3052675
Eudorina		52	23	56		1380340	610535	1486520
Volvocales								
Navicula			3				79635	
Nitzschia	1		14	4	26545		371630	106180
Phacus	8	4	2	41	212360	106180	53090	1088345
Euglena	33	18	1	22	875985	477810	26545	583990

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 18: Densidad de microalgas por litro presentes en la laguna A no tratada y la laguna B con la presencia de las *Phragmite* las cuales son plantas MACROFITA emergentes.

Fecha 23/08/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A	B	C	VP	A	B	C
Merismopedia	166	103	99	109	4406470	2734135	2627955	2893405
Oscillatoria	5	2	3		132725	53090	79635	
Anabaena	4		1		106180		26545	
Closteriopsis	4	16	10	7	106180	424720	265450	185815
Spirulina								
Chlorella	268	306	193	234	7114070	8122770	5123183	6211530
Dictyosphaerium	53	180	156	176	1406885	4778100	4141020	4671920
Gonium								
Golenkinia	10	103	96	112	265450	2734135	2548320	2973040
Dicloster	660	1362	940	670	17519700	36154290	24952300	17785150
Ankistrodesmus	80	158	100	144	2123600	4194110	2654500	3822480
Eutetramorus	196	457	245		5202820	12131065	6503525	
Eudorina				12				318540
Volvocales								
Navicula		3	6			79635	159270	
Nitzschia	5	4	8		132725	106180	212360	
Phacus	121	27	24	301	3211945	716715	637080	7990045
Euglena								

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

CUADRO 19: Densidad de microalgas por litro presentes en la laguna A no tratada y la laguna B con la presencia de las *Phragmite* las cuales son plantas MACROFITA emergentes.

Fecha 30/08/99
Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A	B	C	VP	A	B	C
Merismopedia	4436	919	3167	1947	117753620	24394855	84068013	51683115
Oscillatoria	7		8		185815		212360	
Anabaena	1				26545			
Closteriopsis	9	4	17	7	238905	106180	451265	185815
Spirulina								
Chlorella	320	195	223	115	8494400	5176275	5919535	3052675
Dictyosphaerium	160	622	471	386	4247200	16510990	12502695	10246370
Gonium								
Golenkinia	94	89	128	58	2495230	2362505	3397760	1539610
Dicloster	417	452	706	589	11069265	11998340	18740770	15635005
Ankistrodesmus	63	88	142	79	1672335	2335960	3769390	2097055
Eutetramorus	12		54	115	318540		1433430	3052675
Eudorina	8				212360			
Volvocales								
Navicula			4				106180	
Nitzschia	2		9		53090		238905	
Phacus	328	70	20	49	8706760	1858150	530900	1300705
Euglena	14	6	1	61	341630	159270	26545	1619245

V.P: Vertedero Principal
A: Laguna A
B: Laguna B
C: Laguna C

CUADRO 20: Densidad de microalgas por litro presentes en la laguna A no tratada y la laguna B con la presencia de las *Phragmite* las cuales son plantas MACROFITA emergentes.

Fecha 06/09/99
Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A	B	C	VP	A	B	C
Merismopedia	2611	1257	2037	1572	69308995	33367065	54072165	41728740
Oscillatoria	7	5	11		185815	132725	291995	
Anabaena		3		5		79635		132725
Spirulina								
Closteriopsis	12	31	11	19	318540	822895	291995	504355
Chlorella	189	173	39	227	5017005	4592285	1035255	6025715
Dictyosphaerium	195	695	847	1649	5176275	18448775	22483615	43772705
Gonium								
Golenkinia	24	58	105	116	637080	1539610	2787225	3079220
Dicloster	332	414	374	819	8812940	10989630	9927830	21740355
Ankistrodesmus	61	160	74	133	1619245	4247200	1964330	3530485
Eutetramorus	24	176	81	99	637080	4671920	2150145	2627955
Eudorina				128				3397760
Volvocales								
Navicula								
Nitzschia	1	2	3	2	26545	53090	79635	53090
Phacus	227	40	7	79	6025715	1061800	185815	2097055
Euglena	11	5	3	1	291995	132725	79635	26545

V.P: Vertedero Principal
A: Laguna A
B: Laguna B
C: Laguna C

CUADRO 21: Densidad de microalgas por litro presentes en la laguna A no tratada y la laguna B con la presencia de las *Phragmite* las cuales son plantas MACROFITA emergentes.

Fecha 13/09/99

Factor 26545

Género	Individuos contados				Ind/L			
	VP	A	B	C	VP	A	B	C
Merismopedia	4176	929	4022	774	110851920	24660305	106763990	20545830
Oscillatoria	52		12	7	1380340		318540	155815
Anabaena			1				26545	
Spirulina								
Closteriopsis	20	40	26	12	530900	1061800	690170	318540
Chlorella	311	187	222	116	8255495	4963915	5892990	3079220
Dictyosphaerium	913	825	1370	1330	24235585	21899625	36366650	35304850
Gonium								
Golenkinia	57	103	80	67	1513065	2734135	223600	1878515
Dicloster	324	479	353	187	8600580	12715055	9370385	4963915
Ankistrodesmus	57	120	72	117	1513065	3185400	1911240	3105765
Eutetramorus		132	38	116		3503940	1008710	3079220
Eudorina				316				8388220
Volvocales								
Navicula								
Nitzschia	2				53090			
Phacus	132	15	11	239	3503940	398175	291995	6344255
Euglena	7	3	9		185815	79635	238905	

V.P: Vertedero Principal

A: Laguna A

B: Laguna B

C: Laguna C

ORGANISMOS ACOMPAÑANTES

Estos organismos empezaron aparecer a partir de la segunda etapa, principalmente en la laguna C ya que el género Brachiono fue el que más predominó, pero en la muestra colectada en la 5ta semana las densidades fueron más bajas que en las semanas anteriores.

Dentro de los organismos acompañantes, se encontraron bacteria y algunas especies de protozoario entre ellos principalmente rotíferos. Entre los géneros encontrados se pueden mencionar los siguientes:

Presencia de bacteria, principalmente del Género *Estrectococcus*.

Se encontraban cargadas de levaduras (Hongos)

Dentro de los Rotíferos se encontró:

Synchaeta sp.

Asplanchna priodonta

Naupliuslarve eines

Filinia longiseta

Brachiono sp

Lecane sp

Daphnia covered

Trichotria tetractis

Se encontraron cladoceros estos se encontraban en grandes cantidades, de este el género que predominó fue: *Moinodaphnia*.

FAM: Moinidae

GEN: *Moinodaphnia*

Sp: *Moina micrura*

**TAXONOMIA DE LAS MICROALGAS
(FITOPLANCTON)**

CYANOPHYTA

ORD: Chroococcales
FAM: Chroococcaceae
GEN: Merismopedia
Sp: *Merismopedia tenuissima*

ORD: Oscillatoriales
FAM: Oscillatoriaceae
GEN: Oscillatoria
Sp: *Oscillatoria sp.*

ORD: Nostocales
FAM: Nostocaceae
GEN: Anabaena
Sp: *Anabaena sp.*

GEN: Closteriopsis
Sp: *Closteriopsis longissima*

GEN: Spirulina
Sp: *Spirulina sp.*

CHLOROPHYTA

SUBPHY: Chlorosphaeraceae
Chlorosphaerales
ORD: Chlorococcales
FAM: Micractiniaceae
GEN: Golenkinia
Sp: *Golenkinia radiata.*

SUBPHY: Chlorosphaeraceae
Chlorosphaerales
ORD: Chlorococcales
FAM: Dictyosphaeriaceae
GEN: Dictyosphaerium
Sp: *Dictyosphaerium tetrachotemum*.

ORD: Volvocales
FAM: Volvocaceae
GEN: Gonium
Sp: *Gonium sp.*

ORD: Volvocales
FAM: Volvocaceae
GEN: Eudorina
Sp: *Eudorina sp.*

SUBPHY: Chlorosphaeraceae
Chlorosphaerales
ORD: Chlorococcales
FAM: Oocystaceae
GEN: Ankistrodesmus
Sp: *Ankistrodesmus bernardii*

ORD: Chlorococcales
FAM: Oocystaceae
GEN: Chlorella
Sp: *Chlorella vulgaris*

ORD: Chlorococcales
FAM: Scenedesmaceae
SUBFAM: Scenedesmaceae
GEN: Dicloster
Sp: *Dicloster acuatus*

ORD: Chlorococcales
FAM: Radiococcaceae
SUBFAM: Radiococcidaeae
GEN: Eutetramorus
Sp: *Eutetramorus fottii*.

EUGLENOPHYTA

ORD: Euglenales.
FAM: Euglenaceae.
GEN: Euglena
Sp: *Euglena acus*.
Euglena sp.

ORD: Euglenales.
FAM: Euglenaceae.
GEN: Phacus.
Sp: *Phacus sp.*

CRYSOPHYTA

SUBPHY: Bacillariophyceae.
Diatomaceae.
ORD: Pennales.
FAM: Naviculaceae.
GEN: Navicula.
Nitzschia
Sp: *Navicula sp.*
Nitzschia sp.

Fig. No.13 Presentación porcentual de las diferentes divisiones de microalgas en tratamiento de aguas residuales A3 en El "Cocal" León. En la primera fase.

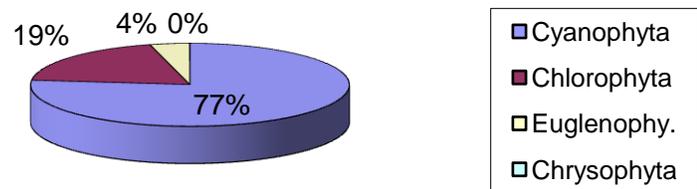


Fig. No.14 Porcentaje de los diferentes grupos de algas en el vertedero principal (VP) El "Cocal" León. En la segunda fase.

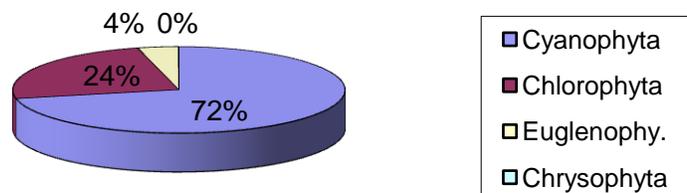


Fig. No.15 Presentación porcentual de los diferentes grupos de algas en lagunas de tratamiento secundario (A) en El "Cocal" León. En la segunda fase.

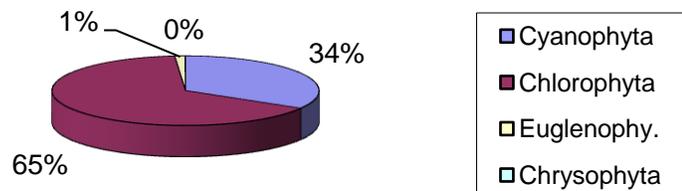
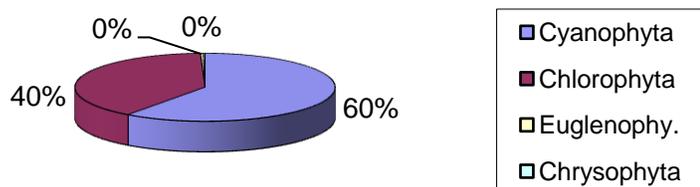


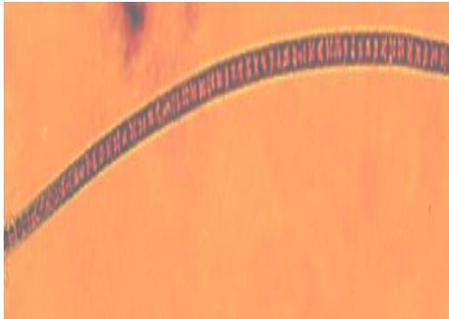
Fig. No.16 Representación porcentual de los diferentes grupos de algas en lagunas de tratamiento secundario (B) en El "Cocal" León. En la segunda fase.



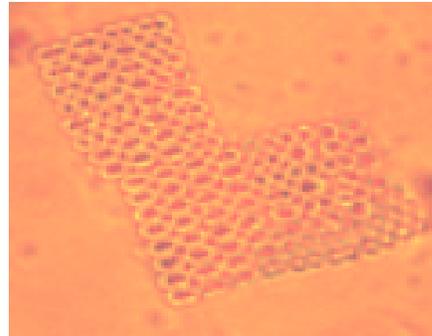


FOTOS

Grupo: Cyanophyta

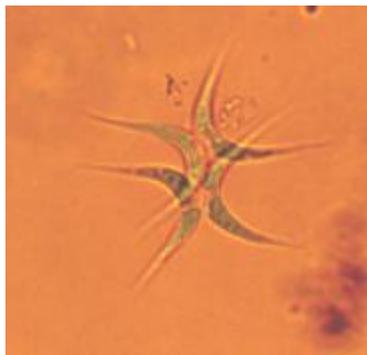


Gen: Oscillatorio.
Sp: Oscillatoria sp.

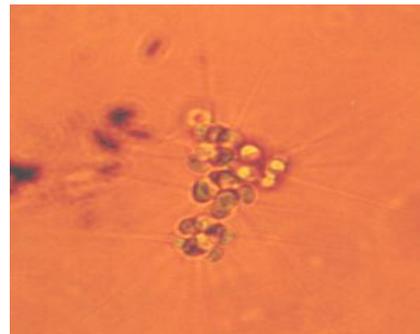


Gen: Merismopedia.
Sp: Merismopedia tenuissima

Grupo: Chlorophyta



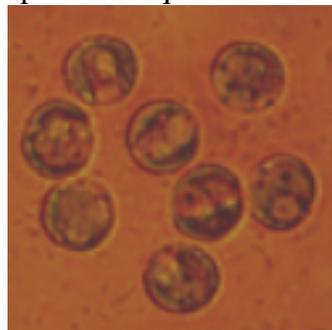
Gen: Diclostes
Sp: Diclostes acutus.



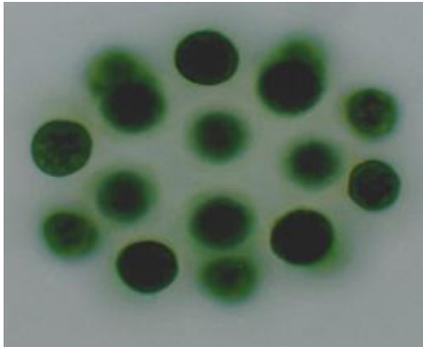
Gen: Golenquinia
Sp: Golenquinia radiata.



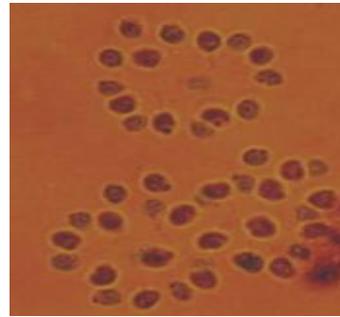
Gen: Ankistrodesmus.
Sp: Ankistrodesmus bernardii.



Gen: Chlorella
Sp: Chlorella vulgaris.

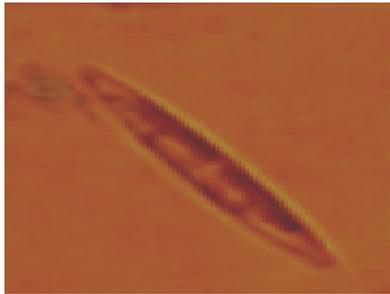


Gen: Eudorina.
Sp: Eudorina sp.

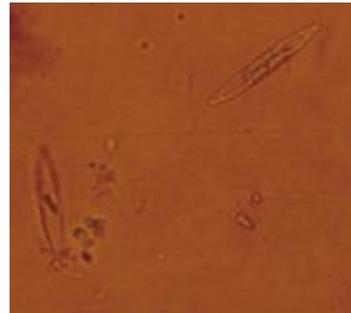


Gen: Dictyosphaerium
Sp: Dictyosphaerium tetrachotemum.

Grupo: Crysophyta

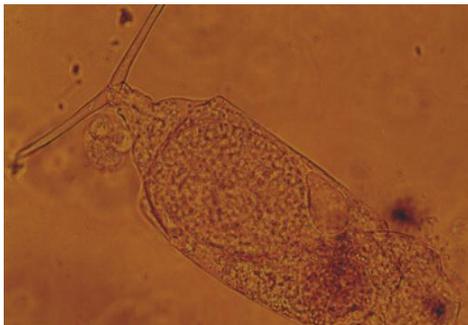


Gen: Navicula
Sp: Navicula sp.

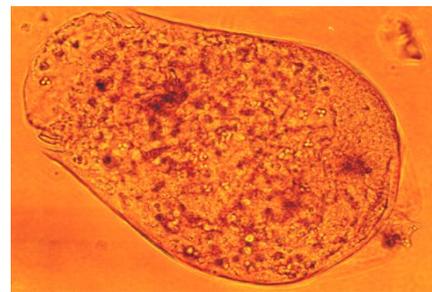


Gen: Nitzschia.
Sp: Nitzschia sp.

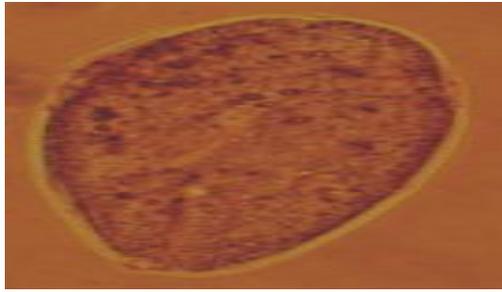
Grupo: Protozoarios o Rotíferos



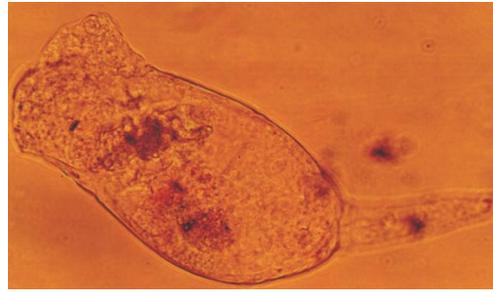
Gen: Lecane
Sp: Lecane sp.



Gen: Brachiono
Sp: Brachiono sp.

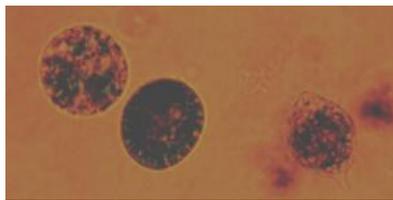


Gen: Paramecium



Gen: Brachiono

Grupo: Euglenophyta



Gen: Phacus
Sp: Phacus sp.



Gen: Euglena
Sp: Euglena acus

GLOSARIO

AUTOTRÓFICA: Cualquier organismo que sintetiza su propio alimento utilizando una fuente de energía (Luz solar), CO₂ como fuente de carbono.

ALCALINIDAD: f. Calidad de álcali.

ALCALI: m. Quím. Base salificable, que tiene las propiedades químicas de la sosa y la potasa.

BIOMASA: f. Masa total de los seres vivos, animales y vegetales, de un biotopo.

BIOTOPO: m. Espacio geográfico en el que vive un grupo de seres sometidos a condiciones relativamente constantes o cíclicas.

CARGA ORGÁNICA: Cantidad de materia orgánica, generalmente medida como DBO₅, aplicado a un proceso de tratamiento dado expresado como peso por unidad de tiempo, por unidad de superficie o por unidad de peso.

DESECHOS DOMÉSTICOS: Se les dice a las aguas originadas por las diferentes actividades humanas, conocidas también comúnmente como aguas grises o domésticas o bien aguas residuales, estas pueden ser de tipo domésticas, industrial, comercial y agrícola.

DENSIDAD: f. Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

EUTRÓFICAS: Enriquecimiento de cuerpo de agua con nutrientes; típicamente reduce la transparencia y da lugar a una comunidad donde predomina el Fitoplancton.

FITOPLANCTON: Comunidad acuática de foto autótrofos que nadan en el mar o nadan débil mente.

HETEROGÉNEAS: . De parte de diversa naturaleza.

HABITAT: Conjunto de condiciones físicas y geográficas en que se viven las especies animales o vegetales.

HETEROTRÓFICAS: Organismos incapaces de sintetizar sus propios compuestos orgánicos; se alimentan de los autótrofos de otros heterótrofos o desechos orgánicos.

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: Son estanques construidos de tierra, de profundidad reducida (<5mts), diseñadas para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa (algas, bacterias, etcétera), la materia orgánica del desecho y otros procesos naturales.

MICROALGAS: Palabra compuesta que indica micro: apócope que significa pequeño y algas: planta talofita, acuática con tallo en forma de cinta.

METABOLISMO: Conjunto de transformaciones materiales que se efectúa constantemente en las células del organismo vivo.

OPERACIÓN EN SERIE: Implica el paso de la totalidad del influente de una laguna a otra, seguidas en una sucesión continua.

OPERACIÓN EN PARALELO: Significa dividir el flujo de entrada y la carga total aplicada en cada una, según el número de lagunas en paralelo.

Ph: Es una de las pruebas que se hacen de mayor importancia y más frecuentes utilizadas en química del agua, también es utilizado en las mediciones de alcalinidad, dióxido de carbono y muchas otras pruebas de ácido base.

PLANTAS MACROFITAS FLOTANTES: Son aquellas que se desarrollan sobre la superficie del agua y sus raíces pueden estar en la columna de agua o adheridas al fondo estas plantas toman los nutrientes del agua mediante un sistema radicular bien desarrollado. Algunas especies de plantas de este tipo son: Eichhornia crassipes (lirio de agua), Pistia stratiotes (lechuga de agua), Lemna minor (lenteja duckweed), Salvinia rotundifolia (helecho de agua).

PLANTAS MACROFITAS EMERGENTES: Son las que extienden sus tallos por arriba de la superficie del agua, profundizan sus raíces en el suelo hasta 50cm y pueden vivir en estanques con profundidades de 150cm y más, la mayor parte de sus tallos y hojas se desarrollan fuera del agua, este tipo de plantas no dependen del agua para su soporte y pueden vivir en suelo muy húmedos o bien sumergidas por algún tiempo. Dentro de estos grupos de plantas las más conocidas son: Phragmites australis (carrizo o caña común), y Scirpus spp (juncos).

SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON MACROFITAS: Actúan como biofiltro en la que factores físicos, químicos y biológicos participan en la reducción de bacterias ya sea por procesos de filtración, sedimentación o radiación. También se reduce la presencia de bacterias por la ingestión de ellos por parte de nemátodos, protozoos y otros organismos bacteriófagos.

SIMBIOSIS: Asociación de organismos de especie diferentes que se favorecen mutuamente en su desarrollo.

TURBIDEZ: f. Calidad de turbio. Adj. Que ha perdido su transparencia natural, líquido turbio.

VALVAS: Concha de los moluscos acéfalos.

