



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina para obtener el grado académico de
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE

“ANALISIS DE LA FICOFLORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
LIQUIDOS RESIDUALES DOMICILIARIO, EDUARDO CASTEX, PROVINCIA DE
LA PAMPA, ARGENTINA”

Autor: Andrea Cecilia SCHEFFER

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2008

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para obtener el grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Ficología, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre el 18 de Mayo de 2007 y 5 el de Noviembre de 2008, bajo la dirección de Álvarez, Susana Beatríz, y codirección de Bazán, Graciela Inés.

5 de Noviembre de 2008

Fecha

Firma

Departamento Académico: Ciencias Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar ésta carrera, sintiendo siempre su apoyo y sobre todo en este último tiempo que no fue fácil.

A mi HERMANA que a nuestra manera siempre nos entendemos y es mi gran sostén.

A mis abuelos.

A mi novio, que fue un gran apoyo y contención para mi tesis.

A mi Directora de tesina, Dra. Susana Beatríz Álvarez. A mi Co-Directora Lic. Graciela Inés Bazán, que me brindó su tranquilidad y me ayudó con las muestras interminables en el Microscopio. A las chicas del Laboratorio de Ficología.

Al jurado.

A la Ing. Alicia Mayor del Área de Medio Ambiente de la Municipalidad de Eduardo Castex por haberme brindado acceso a la información y los análisis de agua del APA. Por su compañía en cada una de las visitas que realicé y en la toma de muestras. Al ex-Intendente, Dr. Luis Ordoñez. Al personal del Área de la Municipalidad.

A mis compañeros y AMIGOS.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNLPam). A sus profesores.

RESUMEN

El manejo de efluentes domiciliarios es un desafío ambiental en todas las localidades, especialmente pequeñas. La localidad de Eduardo Castex, La Pampa, optó por un sistema de tratamiento de efluentes domiciliarios a través de filtros fitoterrestres, también llamados Carrizales. Los organismos vivientes en el agua permiten conocer su calidad, su evolución y las posibles afecciones debidas a elementos extraños incorporados a la misma. Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Realizar un estudio preliminar de la ficoflora en la Planta de Tratamientos de Líquidos Residuales “*Ranquilao*”, perteneciente a la localidad de Eduardo Castex. 2) Analizar el estado trófico de la Planta de Tratamiento. Las muestras se recolectaron en forma estacional en otoño, invierno y primavera del año 2007, se fijaron en formolaldehído al 4% y se depositaron en el herbario de la Cátedra. Asimismo se efectuó el análisis cualitativo de la ficoflora recolectada y se registró un total de 40 taxa de algas perteneciendo un 42.5% a la División *Chlorophyta*, 32.5% a la División *Cyanophyta*, seguido de un 20% para la División *Chromophyta* y el 5% restante en la División *Euglenophyta*. Se establecieron diferencias estadísticamente significativas para las distintas estaciones mencionadas y puntos de muestreos. Finalmente se aplicó el Índice de Jaccard para obtener el grado de similitud en la comunidad algal al lo largo del muestreo.

ABSTRACT

The management of domiciliary effluent is an environmental challenge in all localities, especially smaller one. Eduardo Castex city, in La Pampa Province, opted for an effluent treatment system through phytoterrestrial filters, also called Carrizales. The living organisms in the water allowed to know its quality, its evolution and possible ailments due to extraneous elements built into it. The objectives of this study were :1) To conduct a preliminary study of the phycoflora in wastewater treatment “Ranquileo” belonging to Eduardo Castex city, 2) To analyze the trophic status of the treatment plant. The samples were collected seasonally (autumn, winter and spring 2007). They were set at 4% formaldehido and were deposited en the herbarium of the Chair. A qualitative analysis of phycophlora collected was made and 40 taxa were recorded, 42.5% belong the División *Chlorophyta*, 32.5% to the División *Cyanophyta*, followed by 20% for the División *Chromophyta* and the remaining 5 % in the División *Euglenophyta*. Statistically significant differences were also studied for the stations and points of sampling. Jaccard index was finally applied for the degree of similarity in the community over the algal sampling.

INDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Algas y aguas residuales.....	13
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1. Área de estudio.....	16
2.2. Componentes de La Planta de Tratamiento.....	18
2.2.1. Cámara de Pretratamiento o Sedimentación.....	18
2.2.2. Filtro Fitoterrestre.....	18
2.2.3. Filtro de Arena.....	20
2.3. Toma de Muestras.....	20
2.4. Análisis Físico-químicos del agua.....	21
2.5. Tratamiento de datos.....	21
3. RESULTADOS.....	23
3.1. Aspectos Ambientales.....	23
3.2. Aspectos Biológicos.....	25
3.2.1. Análisis por estaciones (Otoño, Invierno y Primavera).....	26
3.2.2. Análisis por estaciones en los puntos de muestreos.....	29
3.2.3. Análisis por puntos de muestreos en las estaciones.....	30
3.3. Comparaciones de similitud.....	32
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	34
5. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO.....	42

1. INTRODUCCION

El manejo de los efluentes domiciliarios constituye una de las mayores problemáticas ambientales para todas las localidades, especialmente las pequeñas, donde por cuestiones económicas, se dificulta la creación de un sistema cloacal que permita realizar un tratamiento adecuado de estos efluentes.

El uso óptimo del agua y el cuidado de la misma, es uno de los desafíos más urgentes para la protección del ambiente. La depuración de aguas residuales es una necesidad imperiosa para las poblaciones modernas debido al peligro que éstas pueden significar, por lo tanto es importante desarrollar diferentes técnicas y estrategias para el tratamiento y reutilización del agua dentro de un marco orientado al desarrollo sustentable. (Custodio y Llamas, 1983).

El conjunto de procesos mediante los cuales los contaminantes presentes en el agua residual urbana son eliminados, inactivados o inmovilizados, al ponerse en íntimo contacto con un medio natural, como es el suelo, se denomina geodepuración. Al mismo tiempo se define el suelo como el conjunto de cuerpos naturales que se ubican en la parte superior de la corteza terrestre, posee materia orgánica y soporta o es capaz de soportar vegetación (Bouwer, 2002).

Reutilizar significa dar un nuevo uso a las aguas previamente utilizadas. Se puede entender por reutilización de aguas residuales al acondicionamiento de efluentes procedentes de desagües de poblaciones o industrias para un uso inmediato. Esto, sin mediar ningún proceso de dilución ni depuración natural, sino un tratamiento en instalaciones o dispositivos especialmente diseñado (Custodio y Llamas, 1983).

Las grandes experiencias americanas se inician en la década de 1960. Los primeros estudios que evalúan la viabilidad de construir una barrera de inyección con agua residual altamente tratada se realizaron en el acuífero de Magothy (Long Island, Nueva York), o en el proyecto de Flushing Meadows (Phoenix, Arizona) y constituyen, las experiencias más importantes realizadas en los Estados Unidos para investigar la acción depuradora del suelo (Moreno Merino *et al.*, 2003).

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al proyecto que se quiera utilizar para tratar aguas residuales (Metcalf, 1991).

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la

actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de agua continentales o marinas (Seoanez Calvo, 1995).

Las aguas residuales urbanas se originan a causas de: excretas, residuos domésticos, arrastres de lluvia, infiltración, residuos industriales. Las excretas son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentalmente. Este tipo de vertido es el más importante por sus características de composición y concentración, que hacen que sean los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de sistemas de depuración de aguas residuales urbanas.

Los residuos domésticos son los que provienen de los desechos de cocinas, de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas.

Al caer la lluvia sobre una ciudad, arrastrará las partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, tales como: hollín, polvo de ladrillo y cemento, esporas y polvos orgánicos e inorgánicos, hidrocarburos.

A veces las zonas verdes urbanas, por la composición de su suelo, permiten el paso de las aguas de arrastre hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. La composición física es adquirida según el contenido total de sólidos donde las aguas de los efluentes urbanos al presentar un color más intenso, nos indica que hay presencia de contaminación. La temperatura no plantea graves problemas, y el olor causado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica es debido, sobre todo, a sustancias volátiles, y es eliminado por aireación o por aspersión del agua en los diferentes sistemas biológicos.

Al estudiar la composición química se considera sólidos disueltos, en suspensión, en flotación, gases con diferente concentración como oxígeno disuelto, ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico, metanos productores de diversos olores. Asimismo se consideran los compuestos orgánicos como carbohidratos, grasas, pesticidas, fenoles, etc; e inorgánicos como alcalinidad, cloruros, metales pesados, pH, fósforo, nitrógeno, etc.

En la composición biológica, las aguas residuales urbanas contienen gran número de organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica, produciendo fermentaciones, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica.

Estos organismos pueden ser: mohos, bacterias (parásitas, saprófitas, aerobias, anaerobias, facultativas, autótrofas), algas, vegetales, virus, protozoarios, metazoarios.

Las aguas residuales generadas por áreas urbanas densamente pobladas, operaciones agrícolas a gran escala y actividades industriales, no pueden ser autopurificadas por los ecosistemas acuáticos locales, conduciendo a su degradación. Lo primero que ocurre es el agotamiento del Oxígeno Disuelto, impidiendo la vida de los seres superiores y elimina muchos microorganismos aerobios, con la consiguiente disminución de la capacidad de autodepuración. En estas condiciones, la materia orgánica sufre fermentaciones, dando lugar a aguas prútidias y sépticas (Ingallinella, *et al.*, 2001).

En nuestro país, las poblaciones pequeñas, de menos de 20.000 o 25.000 habitantes y muy especialmente las que cuentan sólo con algunos cientos o miles de habitantes, se encuentran ante el grave problema de la eliminación de sus efluentes líquidos. La solución para esta difícil situación pasa por encontrar un sistema de eliminación de aguas residuales urbanas que garantice una depuración suficiente y, cuyo costo de instalación y mantenimiento sean abordables por pequeños municipios de exiguo presupuesto. Está demostrado que el empleo en estas situaciones de tecnologías de depuración de características sofisticadas, cuya construcción exige grandes inversiones económicas, conduce al abandono en el instante en el que se produce los primeros problemas técnicos. Además, el consumo de energía y productos químicos encarecen sensiblemente el mantenimiento de este tipo de instalaciones (Moreno Merino *et al.*, 2003).

Los pequeños núcleos de población precisan de una tecnología de depuración de aguas residuales sostenibles y que, en la medida de lo posible, haga uso de la capacidad de depuración del medio natural. El suelo natural tiene límites ecológicos suficientemente amplios para depurar los residuos generados por una población, dispersa o concentrada en pequeñas localidades, siempre que los vertidos generados sean totalmente biodegradables y la relación habitante equivalente / superficie de litros de filtro sea la adecuada.

En localidades donde no existe red cloacal, tradicionalmente, los efluentes son depositados en lagunas, canteras, cavas o depresiones, donde no reciben ningún tratamiento. Esto conlleva a un deterioro paulatino de los ecosistemas urbanos y naturales, debido a la contaminación de aguas superficiales (humedales naturales) y subterráneas (Mayor *et al.*, 2005).

Las aguas residuales poseen una importante carga orgánica y bacteriana lo que se relaciona directamente con la aparición de enfermedades como hepatitis, gastroenteritis, cólera, parásitos, entre otras, facilitando también la proliferación de mosquitos, moscas, etc., considerados vectores de enfermedades infecciosas. Según la OMS (Organización

Mundial de la Salud), el porcentaje de muertes producidas por enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, ascienden a nivel mundial al 19 %.

El uso de plantas depuradoras como sistemas de tratamiento y depuración de aguas residuales y fangos de depuración, se han venido implantando en los últimos años. Estos representan una de las alternativas más eficaces para la eliminación de agentes contaminantes, tanto físico-químicos como biológicos de las aguas residuales. Pueden luego, ser reutilizadas o descargadas a algún afluente con una carga contaminante mínima (Geovanny Perez Ortiz, 1999). Dentro de las soluciones posibles a esta problemática, la utilización de Filtros Fitoterrestres (FFT) y humedales, constituyen por su factibilidad técnica, económica, social y ambiental, una alternativa concreta para municipios pequeños.

En la localidad de Eduardo Castex, Provincia de La Pampa, existe un sistema de tratamiento mediante Filtros Fitoterrestres. Estos filtros son confinados de grava, arena y/o suelo, de escasa profundidad, en los que se implantan especies vegetales que posean rizomas. Las especies utilizadas en los carrizales de Eduardo Castex son: yerba del platero (*Equisetum gigantum*, L.), carrizo (*Phragmites australis*, (Cav.) Trin. ex Steud.) y junco (*Scirpus californicus*, (C. A. Meyer) Steudel).

El funcionamiento de un FFT requiere de la complementación entre dos aspectos: el hidráulico y el biológico-químico. Las tareas purificadoras propiamente dichas de los FFT se deben al accionar de los microorganismos y a las propiedades del suelo, mientras que a la vegetación le corresponde crear las mejores condiciones en el medio radicular.

El requisito hidráulico del tratamiento con FFT radica en la diferenciación en el perfil del suelo de una capa superior con alta conductividad de agua y otra subyacente con conductividad deficiente o nula (capa impermeable), introducida artificialmente (lamina de polietileno de alta resistencia). Esta diferenciación es provocada por factores biogénicos en el espacio ocupado por las raíces de las plantas limnófitas, ya que el alto grado de infiltración y conductividad se mantiene en la capa del suelo activado gracias a la permanente tarea de socavación producidas por raíces y organismos. Es decir que en este medio, la planta desempeña el rol de “activadora del suelo”.

Los mecanismos biológico-químicos responsables de la purificación se desarrollan en un sistema complejo de factores bióticos y abióticos altamente efectivo. Para ello también son relevantes las plantas limnófitas, ya que a través de sus raíces provee oxígeno a la zona radicular. En una matriz de suelo, que posee gran cantidad de agua, se forman localmente (alrededor de las raíces) pequeñas aéreas constituidas por comportamientos con

mayor y menor cantidad de oxígeno, las que conducen al desarrollo de poblaciones de bacterias aerobias o anaerobias (Schiller, 2000).

Estos filtros se comportan como filtros horizontales, donde las raíces de las plantas tienen la doble finalidad de aumentar la porosidad del sustrato, abriendo vías de circulación de líquidos, y conduciendo oxígeno para facilitar el desarrollo de bacterias aeróbicas en el seno del filtro. Lo importante de los rizomas radica en que favorecen la depuración de los efluentes, actuando como sustrato de fijación de bacterias que transforman compuestos complejos en otros más simples, que puedan ser asimilados por plantas y otros microorganismos que se encuentran en este sistema.

Estos filtros, tienen la capacidad de remover nitrógeno y fósforo, aunque en bajos porcentajes, por lo que el efluente resultante, es rico en nutrientes y con muy bajos valores de Demanda Biológica de Oxígeno y bacterias. Estas características permiten que sea apto para riego, siempre y cuando las especies regadas, no ingresen en la cadena alimentaria humana.

La irrigación de cultivos agrícolas con agua residual es una práctica común en países desarrollados, especialmente en regiones áridas, debido a la escasez de agua de buena calidad. Sin embargo, es bien conocido que la aplicación de aguas residuales ya sea de origen doméstico o industrial, representa un serio peligro para la salud del hombre y de los animales, por el contenido de materia orgánica e inorgánica indeseable (Fifield *et al.*, 1995).

Con el objetivo de contrarrestar este problema, el cual no es exclusivo de nuestro país, se están realizando investigaciones relacionadas con tratamientos físicos, químicos y biológicos. Cada una de las tecnologías poseen eficiencia, pero no existe una que permita el tratamiento de todos los tipos y combinaciones posibles de contaminantes, para la reducción en volumen y/o toxicidad de estos para obtener un residuo final que sea apropiado para manejo y/o desecho (Parker and Corbitt, 1992). Respecto a estas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, los sistemas biológicos están ganando popularidad a nivel mundial, sobre todo aquellos sistemas compactos que usan biorreactores.

La depuración de aguas residuales en una Planta de Tratamientos de Efluentes Domiciliarios combina una serie de procesos físicos-químicos y biológicos, en una secuencia de operaciones unitarias cuya utilización vienen definidas por las características del agua a tratar y el grado de depuración que se desea conseguir. Estas operaciones se agrupan para constituir lo que se conoce como tratamiento primario, secundario y terciario.

La Planta de Tratamiento de Efluentes Domiciliarios mediante la utilización de filtros fitoterrestres de Eduardo Castex, comenzó a funcionar en el 2004 y es utilizada únicamente para la disposición de los camiones atmosféricos. Prevee la depuración de 85 m³/día de líquidos residuales domiciliarios, equivalente al promedio diario de descargas de los camiones atmosféricos de la localidad. Es necesario aclarar que este sistema no admite efluentes industriales, salvo que se incorpore a éstos en un sistema de tratamiento previo y específico.

Convencionalmente los procesos de depuración de la planta de tratamiento se agruparon en:

I) Cámara de Pretratamiento o de Sedimentación (o Tratamiento Primario): se utilizan operaciones físicas, como el desbaste y la sedimentación, para eliminar los sólidos sedimentables y partículas flotantes que se encuentran en las aguas residuales.

II) Filtro Fitoterrestre (o Tratamiento Secundario): son los procesos biológicos y químicos los que se encargan de eliminar la mayoría de materia orgánica. En esta etapa del tratamiento es donde se encuentra el sistema de carrizos; plantas con rizomas que funcionan como filtros horizontales.

III) Filtro de Arena – Humedal (o Tratamiento Terciario): en este caso esta formado por un Humedal Natural, acompañado de diversas especies vegetales y muchos microorganismos que albergan en ellas, llegando a la depuración de los efluentes.

Los organismos biológicos son detectores de condiciones ambientales complejas, razón por la cual las respuestas de éstos frente a los cambios de las condiciones del medio, los convierten en finos sensores de la calidad del agua y referentes del estado ecológico del ambiente (Ryding y Rast, 1981). La calidad del agua está determinada por: a) un conjunto de concentraciones, especiaciones y particiones de sustancias orgánicas e inorgánicas; b) la composición y el estado de la biota acuática en un cuerpo de agua; c) las variaciones temporales y espaciales que ocurran en la masa de agua.

El conocimiento de los microorganismos implicados en los sistemas de depuración biológica de las aguas residuales, permiten controlar y evaluar el funcionamiento de los procesos en cada momento. Estas especies indicadoras son organismos o restos de los mismos que ayudan a descifrar cualquier fenómeno y acontecimiento actual o pasado, relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales. En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrecho sea

sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico (Begon *et al.*, 1987). Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar.

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita.

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos (Herbas Antezana *et al.*, 2006).

Las algas son organismos acuáticos que se utilizan como bioindicadores. Son capaces de indicar la calidad del agua gracias a su sensibilidad a los cambios del medio en que viven, convirtiéndose en referentes del estado ecológico de cualquier sistema acuático. Sabemos que los cambios en las comunidades algales “delatan” el inicio de contaminación que puede existir en un sistema, lo cual se refleja en las modificaciones de la estructura poblacional y en la proliferación de especies asociadas a determinado aporte.

La diversidad y las características de las microalgas que existen en un cuerpo de aguas residuales señalan la efectividad del tratamiento de dichas aguas y la posterior utilización de la biomasa algal generada, debido a que concentraciones elevadas de nitrógeno y fósforo generan un aumento en la abundancia de algas (Oswald, 1988; Talbot *et al.* 1991), la mayor diversidad de especies presentes en un medio indica la mejor calidad del agua (Fabricius *et al.*, 2003).

Las algas son muy eficientes para eliminar nutrientes de una columna de agua, y constituyen uno de los métodos más efectivos para el tratamiento de aguas residuales (Ryding y Rast, 1981).

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio preliminar de la ficoflora de la Planta de Tratamiento de Líquidos Residuales “*Ranquilao*”, perteneciente al municipio de la localidad de Eduardo Castex del departamento Conchelo, La Pampa.

1.1. Algas y aguas residuales

La importancia de emplear algas como indicadores biológicos se debe a su relación con la eutroficación (Herbas Antezana *et al.*, 2006), siendo una de las causas del aumento

de la población algal el cual ocurre debido a la presencia de sustancias de importancia nutritiva sobresaliente, como son las sales inorgánicas de nitrógeno y fósforo, el dióxido de carbono, además de otros elementos químicos que forman parte de compuestos de mayor complejidad.

Las microalgas en particular resultan ser muy interesantes como indicadores ambientales, ya que por su condición de organismos fotosintetizantes son productores primarios y se encuentran al comienzo de la cadena trófica, razón por la cual las variaciones en este nivel van a tener consecuencias más o menos notables en los niveles de consumidores (Prosperi, 2002).

La materia orgánica fácilmente metabolizable, como la de las aguas de vertidos domésticos y agrícolas, es decir residuales, es utilizada directamente por bacterias. Su metabolismo, muy intenso en aguas muy ricas en materia orgánica, consume gran cantidad de oxígeno, estableciéndose condiciones difíciles para los organismos que han de respirar el oxígeno disuelto. En esta situación prosperan solamente animales muy resistentes, una serie de especies de Cyanophytas, Euglenophytas y Chlorophytas son más o menos heterotróficas y pueden sobrevivir en concentraciones mínimas de oxígeno. Todos estos organismos se desarrollan considerablemente en las aguas impurificadas.

Las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora del medio, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, por un lado y por el otro a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y la fauna del medio acuático donde viven (Fabricius, 2000).

Para poder subsistir necesitan una mínima concentración de nutrientes, una débil intensidad luminosa y temperaturas bajas. Cuando se forma un nuevo hábitat las primeras especies que colonizan son algas. Si bien las algas son organismos poco exigentes y capaces de adaptarse, cada especie tiene requerimientos propios y crecen en biotopos bien determinados, y si en ellos las condiciones se modifican, mueren o desaparecen.

Las algas también son los microorganismos fotosintéticos más abundantes en el suelo. La mayoría de los suelos tienen una flora de algas características. Son importantes, por supuesto, en la fijación del nitrógeno y en la síntesis de materia orgánica, que son las bases para la formación del humus. Su presencia en el suelo, en cuanto a abundancia y variedad, está muy relacionada con la disponibilidad de nutrientes orgánicos y con la humedad.

La función básica de las algas comprende la fijación del nitrógeno, la colonización de nuevas rocas o superficies duras, proporcionar materia orgánica y nitrógeno para la formación de humus.

Desde el punto de vista cuali y cuantitativo, según antecedentes realizados en otros trabajos en reservorios finales de aguas residuales, las Chlorophyta son el grupo predominante, seguidas por Cyanophyta, Bacillariophyta y Euglenophyta (Silva y Papenfus 1953, Palmer 1974, Erganshev y Tajiev 1986). Los órdenes más representativos son Volvocales, Chlorococcales, Euglenales y Oscillatoriales. Las Diatomeas son menos conspicuas y predominan en aguas menos contaminadas (Lincoln y Earle 1990).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

El área de estudio se encuentra situada en la región Neotropical, Dominio chaqueño, Provincia biogeográfica pampeana, Distrito fitogeográfico pampeano-occidental (Cabrera y Willink, 1980).

La ciudad de Eduardo Castex está ubicada a 35° 54' S y 64° 18' O, en el ambiente físico subhúmedo instalado en la porción nororiental del territorio provincial, en el Departamento Conhelo, es la subregión de las planicies con tosca, caracterizada por un relieve de planicie uniforme, suavemente ondulada, con una pendiente regional leve (Cano *et al.*, 1980). El micro relieve está compuesto por pequeñas lomas y depresiones, observándose escasa vías de drenajes. Existen algunas áreas bajas, cóncavas que funcionan como reservorios circunstanciales. Según datos del INDEC (Censo 2001) posee 9.347 habitantes.

La región Oriental se caracteriza geomorfológicamente por la presencia de una costra calcárea sobre la que se depositó una capa arenosa de espesor variable. Es una planicie suavemente ondulada con pendiente regional SW-NE y el microrelieve está compuesto por pequeñas lomas y depresiones.

Los tipos de suelo que predominan son Haplustol éntico, familia franco fina, y Ustipsamente típico.

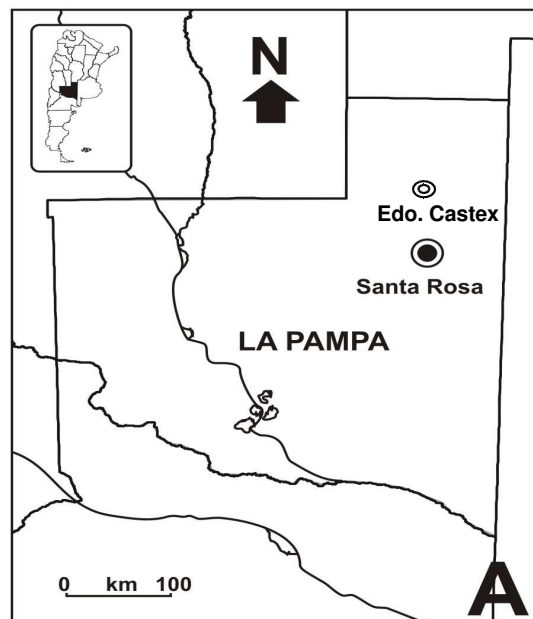


Figura 1: Ubicación de la localidad de Edo. Castex.

La Planta de Tratamiento de Líquidos Residuales Domiciliarios mediante filtros fitoterrestres “*Ranquilao*”, es exclusiva de la localidad de Eduardo Castex y fue inaugurada en el año 2004. Esta planta consta de una Cámara de Pretratamiento o Sedimentación, dos Carrizales y un Humedal. La misma se ubica en el sector sur de la localidad, a 1.100 m de la zona urbana. Cubre una superficie de 0.72 Has. (120 x 60 metros) y está localizada en el predio donde se realiza la disposición de residuos sólidos urbanos. Anteriormente, en esta zona, se situaba una laguna en la que se depositaban los efluentes domiciliarios sin tratar.

En el terreno ocupado por la obra, se realizaron mejoras que incluyen cercos y forestaciones perimetrales de especies arbóreas y arbustivas como: álamos (*Populus nigra*, cv Naurduzc.), eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*, Dehnh) y pinos (*Pinus silvestres*, L.), también cipreses (*Cupressus sempervirens var. Horizontale*, L.) y ligustro (*Ligustrum japonico*, Mansfeld). Las dos primeras, requieren gran cantidad de agua para desarrollar su metabolismo, razón por la cual fueron seleccionadas por su capacidad para descender el nivel freático. Por otra parte, el diseño empleado para la forestación perimetral, permite la formación de tres estratos compactos y de diferentes alturas generando una cortina forestal, que actúa como barrera de contención ante dispersión de posibles olores; esto impedirá que los olores se dispersen en forma horizontal, favoreciendo la dispersión vertical a modo de chimenea

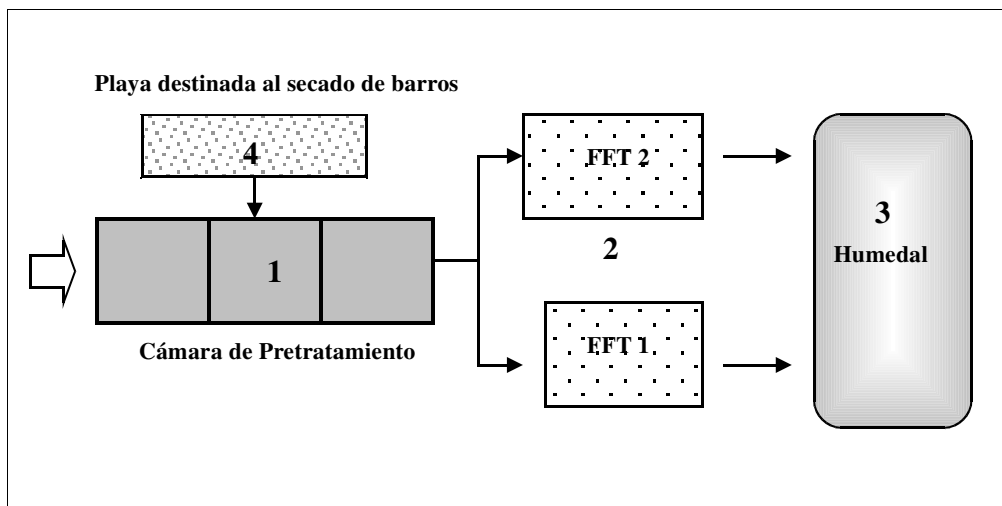


Figura 2: Planta de Tratamiento

2.2. Componentes de La Planta de Tratamiento

2.2.1. CÁMARA DE PRETRATAMIENTO O SEDIMENTACIÓN:

Es una estructura de hormigón armado, de 30.10 m de largo por 5.60 m de ancho y posee una profundidad de 1.20 m. Esta cámara está dividida en 3 secciones iguales y permite recibir la totalidad de los efluentes de 3 días. Su función es permitir la decantación de los sólidos suspendidos en el agua mediante un sistema de inundación. En estas cámaras se generan procesos anaeróbicos debido a la alta concentración de sólidos y la carga bacteriana con la que ingresan los efluentes. Por otra parte, al ser un sistema abierto (la zona superficial de las piletas de decantación está en contacto con el aire), favorece el desarrollo de procesos aeróbicos, que son más eficientes degradando con mayor facilidad y rapidez, compuestos orgánicos complejos propios de estos efluentes. El líquido resultante, por gravedad, se desplaza hacia el filtro fitoterrestre. En la base de cada cámara, se deposita barros orgánicos que son tratados de distintas maneras, según la utilización final que se le dé, como por ejemplo: la producción de lombricompost en la planta de tratamiento de residuos sólidos, la depositación, previo proceso de secado, en relleno sanitario controlado, etc (Figura 1 y 2, Anexo).

2.2.2. FILTRO FITOTERRESTRE (DE FLUJO SUPERFICIAL): Carrizal.

En ésta etapa se produce el tratamiento de depuración y posee dos carrizales de dimensiones y características diferentes.

Carrizal de Hormigón armado:

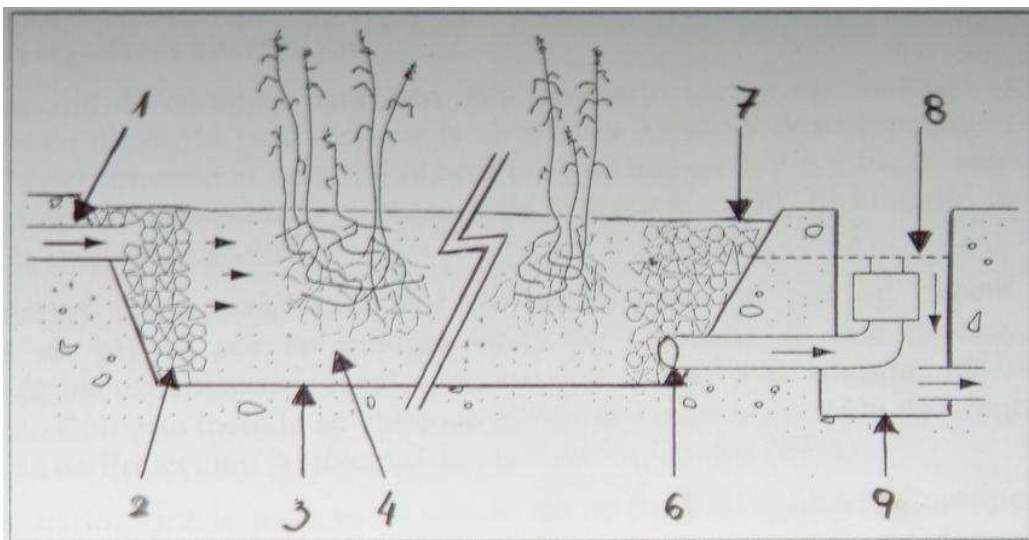
Es el primero que se construyó, con una superficie de 301.8 m² (15.40 x 19.60 m) y una profundidad aproximada de 0.70 m. El sustrato de estos filtros está constituido por materiales (áridos) de diferentes composiciones y tamaños, en su interior hay implantado tres especies: carrizo (*Phragmites australis*), recomendada por su tolerancia a distintas condiciones climáticas y rapidez de crecimiento, yerba del platero (*Equisetum giganteum*), y junco (*Scirpus californicus*). Estas plantas funcionan como filtros horizontales, donde las raíces tiene doble finalidad: aumentar la porosidad del sustrato y conducir oxígeno, para facilitar el desarrollo de bacterias aeróbicas en el seno del filtro, como se ha mencionado anteriormente.

Carrizal de Geomembrana de PVC:

Este carrizal, posee un área de 432 m² (18 x 24 m) y, a diferencia del anterior, está impermeabilizado con geomembrana de PVC de 800 µm de grosor. Si bien el sustrato es el mismo, el material se dispone en capas de diferente espesor a fin de generar diferentes flujos dentro del filtro. Además, presenta pequeños camellones a fin de evitar la aparición de surcos dentro del carrizal (Figura 3 y 4, Anexo).

La diferente composición del lecho filtrante, permite comparar no sólo el comportamiento y funcionamiento de los filtros fitoterrestres (durabilidad, resistencia, etc.), sino también diferencias (en caso de que existan) en el crecimiento y la eficiencia de las especies implantadas durante el tratamiento y con ello, la presencia de los distintos microorganismos involucrados en este sistema.

Los contaminantes presentes en este agua, una vez que ingresan al filtro pueden seguir distintos caminos: 1) ser utilizado por microorganismos para su crecimiento y alimentación, 2) ser oxidado (degradado) a través de organismos aerobios para obtener energía y 3) pasar al humedal para continuar su degradación natural. Otros compuestos tales como fósforo, metales pesados, etc. son fijados (absorbidos) por materiales coloidales y arcillas del suelo que contribuyen en la depuración. Por otra parte, los microorganismos patógenos desaparecen por la acción del sol, la desecación y la competencia con la flora bacteriana del suelo. El agua, durante estos procesos, mejora notablemente su calidad sanitaria, al igual que en el humedal, favoreciendo la eliminación de los organismos patógenos restantes y degradando el excedente de nutrientes (Figura 3).



1. Ingreso de líquido séptico
2. Zona de distribución con piedras
3. Impermeabilización
4. Lecho filtrante de arena, grava y/o suelo

5. Vegetación,
6. Colector de salida
7. Zona de recolección con piedras
8. Nivel de agua en el filtro, mantenido mediante un dispositivo regulable de salida
9. Salida de líquido tratado

Figura 3: Funcionamiento del carrizal.

2.2.3. FILTRO DE ARENA – HUMEDAL:

El agua restante de los filtros fitoterrestres, se deriva por gravedad a un humedal de 20 x 40 m y aproximadamente de 0.60 m de profundidad, donde antes de ingresar, realiza un recorrido a través de una pequeña cascada, con la finalidad de aumentar la oxigenación de la misma (Figura 5 y 6, Anexo).

Dentro del humedal se implantaron individuos perteneciente a las Familias Lemnacea y Juncacea junto a otras especies vegetales como totora (*Typha latifolia*, L.) y cortadera (*Cortaderia selloana*, J.A. & J.H. Schultes) que extraen los nutrientes presentes en esta agua durante todo su período de desarrollo, finalizando así el ciclo de depuración de los efluentes. Además, la presencia de estas plantas permite albergar a otros microorganismos tales como protistas, moneras (bacterias en general), rotíferos, moluscos (gasterópodos), artrópodos (crustáceos); quienes además de continuar y aportar con el proceso de degradación, son utilizados también, como indicadores biológicos para determinar la calidad del humedal (Mayor *et al.*, 2005).

2.3. Toma de muestras de agua

Para llevar a cabo este trabajo las muestras fueron realizadas en la localidad de Eduardo Castex en cuatro puntos del recorrido de La Planta de Tratamiento en el período estacional de otoño, invierno y primavera del año 2007. Dichos puntos fueron: salida de la Cámara de Pretratamiento, en la salida del Filtro Fitoterrestre construido en geomembrana de PVC y finalmente, en el Humedal, a la orilla y en el centro del mismo.

Se realizaron un total de 12 (doce) muestras, de las cuales fueron recolectadas 4 para cada estación otoño, invierno y primavera de dicho año. La obtención fue por arrastre manual, aplicando el mismo esfuerzo de muestreo en todas las oportunidades. Dichas muestra fueron colocadas en frascos de vidrio de boca ancha de 250ml debidamente rotulado y al mismo tiempo fueron fijadas con formaldehído al 4%; luego trasladado para

depositarlos en el herbario de la Cátedra. Las determinaciones cualitativas de la ficoflora se realizaron con microscopio óptico Kyowa Medilux.

2.4. Análisis físico-químicos del agua

Los análisis físico-químicos de líquidos residuales fueron realizados por la Administración Provincial del Agua (APA) en los períodos estacionales de otoño, invierno y primavera 2007. Dichos análisis fueron comparados con análisis anteriores provenientes de la misma administración (de ahora en más denominado premuestreo). Las extracciones se realizaron en la entrada a la Cámara de Pretratamiento (M1) y en la salida del Filtro Fitoterrestre, geomembrana de PVC (M2).

Los datos registrados son requeridos por la Municipalidad de Eduardo Castex, que los utilizan como monitoreo mensuales de la composición físico-química del agua. Los parámetros tenidos en cuenta fueron color, olor, aspecto, temperatura del agua, pH, sólidos sedimentables en 10', sólidos sedimentables en 2 hs, Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

2.5. Tratamiento de los datos

Se analizó cualitativamente la diversidad ficológica presente y se realizó comparaciones de riqueza y diversidad entre las estaciones mencionadas y los distintos puntos de muestreo de La Planta de Tratamiento.

La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos.

En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales ahora tienen una fuente enriquecida de alimentos, y por supuesto un descenso de la equitatividad. En contraste, la respuesta a tóxicos no degradables o polución ácida, se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia así como en la eliminación de organismos sensibles, además que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes.

Se utilizó el Índice de Similitud Jaccard en donde se comparó los sitios analizados. Estos nos lleva a demostrar la similitud y disimilitud entre las áreas muestreadas y por ende, la heterogeneidad ambiental en la cual se asienta la comunidad.

Este índice provee información sobre la similitud en cuanto a los géneros entre dos sitios y se calcula usando la siguiente ecuación:

$$C_j = J / (a + b - J)$$

Donde J = número de géneros comunes en ambos sitios

a = números de géneros en el sitio a

b = números de géneros en el sitio

Para el estudio de la ficoflora se utilizarán las obras generales de Bourrelly (1972), Komárek y Fott (1983), Anagnostidis (1986, 1989), Prescott (1951) y Desikachary (1959).

Este trabajo constituye un aporte al estudio florístico de las algas en la provincia de La Pampa y a la relación de la ficoflora con los parámetros ambientales del cuerpo de agua estudiado para su posible aprovechamiento. Se cuentan con antecedentes de estudios de algas en aguas residuales en la provincia (Alvarez y Bazán, 2002; Alvarez *et al.*, 2004), asimismo se ha estudiado la ficoflora de diversos ambientes acuáticos (Alvarez, 1992, 1996; Alvarez y Bazán, 1994, 1998, 2005; Alvarez *et al.*, 1998 a y b, 2000; Bazán *et al.*, 1996, 1998, 2003; Romero 1993, 1995; Wenzel *et al.*, 1996).

3. RESULTADOS

3.1. Aspectos Ambientales

La temperatura del agua registrada en el muestreo osciló entre 8 °C en la salida del filtro fitoterrestre (M2) registrada para la estación de otoño y 20 °C en la entrada de la cámara de pretratamiento (M1), en primavera. En el pre-muestreo, éste dato no fue registrado (Figura 4).

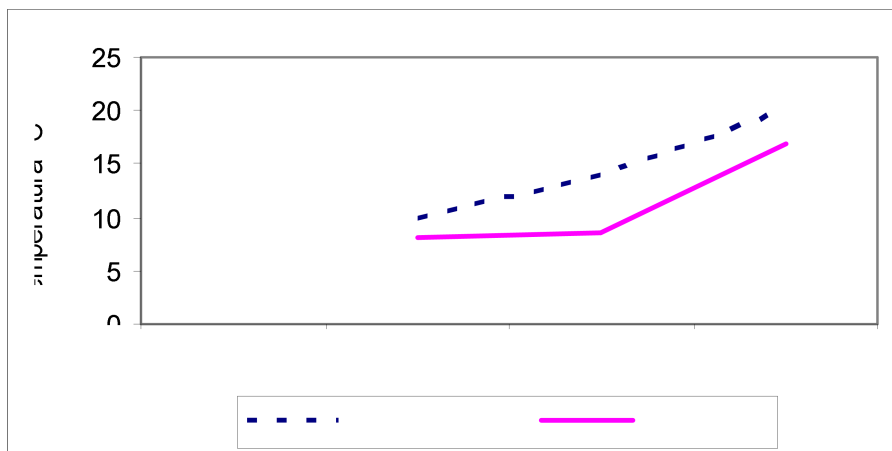


Figura 4: Variación estacional de la temperatura del agua de La Planta de Tratamiento.

El pH del agua tuvo variaciones de 7.4 a 7.9 y la mayor diferencia se registró en el pre-muestreo. En invierno se mantuvo el pH en 7.9 tanto para M1 como para M2 y, en primavera ocurrió lo mismo pero con un pH de 7.5 (Figura 5).

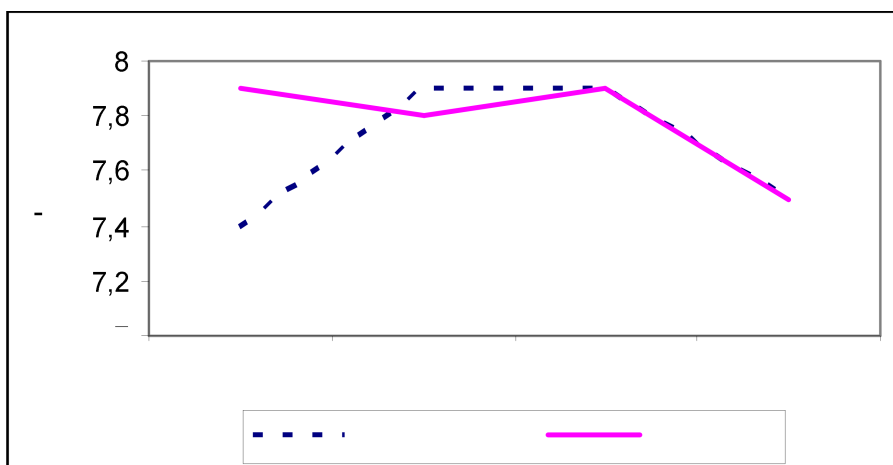
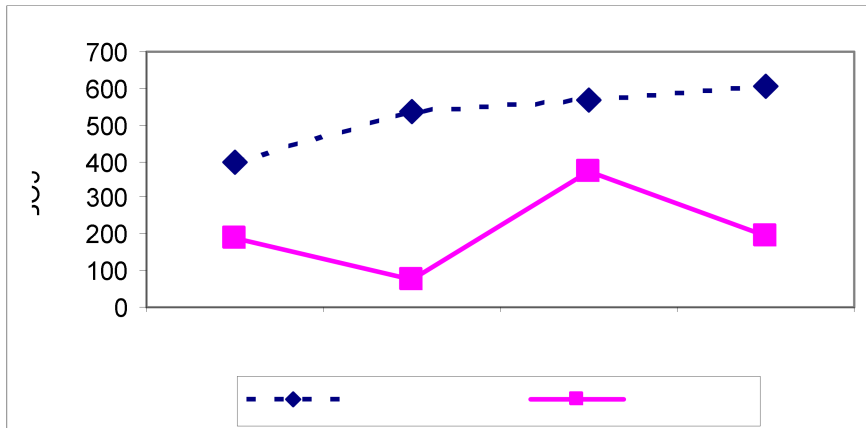
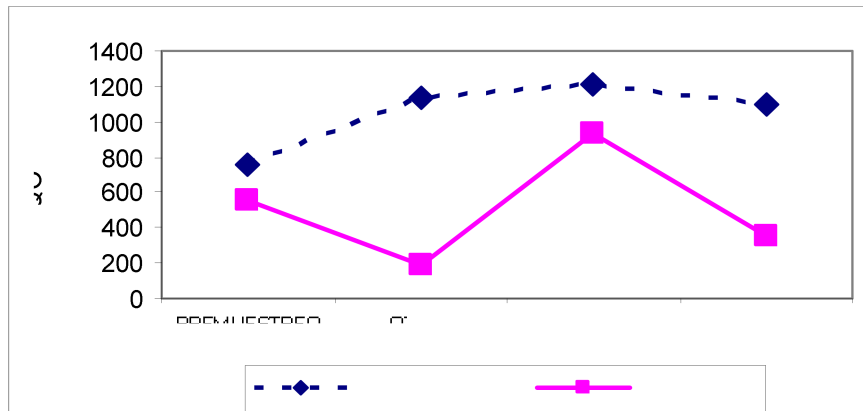


Figura 5: Variación estacional del pH en La Planta de Tratamiento.

Los valores de DBO₅, presentaron gran oscilación de 76 mg/l a 604 mg/l, en M1 se registró un aumento desde premuestreo a primavera, en cambio en M2 presentó una oscilación en los valores, ya que la mayor diferencia fue para otoño. El análisis de DQO, el comportamiento fue similar, con variaciones de 184 mg/l a 1208 mg/l, pero en M1 presentó una disminución en primavera y en M2, otoño también registró la mayor diferencia en los valores (Figura 6 a y b).



a)



b)

Figura 6: Variación estacional de a) DBO₅ y b) DQO en La Planta de Tratamiento.

Las determinaciones realizadas de Color, Olor y Aspecto del agua, presentó variaciones desde el premuestreo hasta la primavera de 2007. El color varió de una tonalidad marrón verdosa a marrón oscura en M1. Para M2 la tonalidad siempre fue de color ámbar.

El olor sulfuroso fuerte (putrefacto) y sulfuroso débil, (característico) se mantuvieron constantes tanto en M1 como para M2 respectivamente.

El aspecto del agua, en las distintas estaciones de muestreo, presentó variaciones en los distintos lugares de muestreo. En M1 el aspecto medido fue turbio y muy turbio. En M2 varió desde turbio débil, ámbar, muy turbio y ligeramente turbio.

Los resultados de los parámetros analizados en las muestras de la localidad, se detallan en las tablas 1 a 4 (Anexo), realizado en pre-muestreo, otoño, invierno y primavera. Las determinaciones de sólidos sedimentables fueron registradas en los análisis pero para este trabajo no se tuvieron en cuenta.

3.2. Aspecto biológico

En el análisis taxonómico de la comunidad algal se determinaron un total de 40 taxa. De ellos 17 pertenecen a la División *Chlorophyta*, 13 a la División *Cyanophyta*, 2 taxa a la División *Euglenophyta* y 8 correspondientes a la División *Chromophyta*, Clase *Bacillariophyceae*.

La riqueza específica de la taxocenosis fitoplanctónica fue también expresada como el porcentaje de las divisiones estudiadas correspondiendo el 42.5% para la Div. *Chlorophyta*; 32.5% para la Div. *Cyanophyta*; 5% para Div. *Euglenophyta*, Clase *Bacillariophyceae* y el 20% restante a la Div. *Chromophyta* (Figura 7).

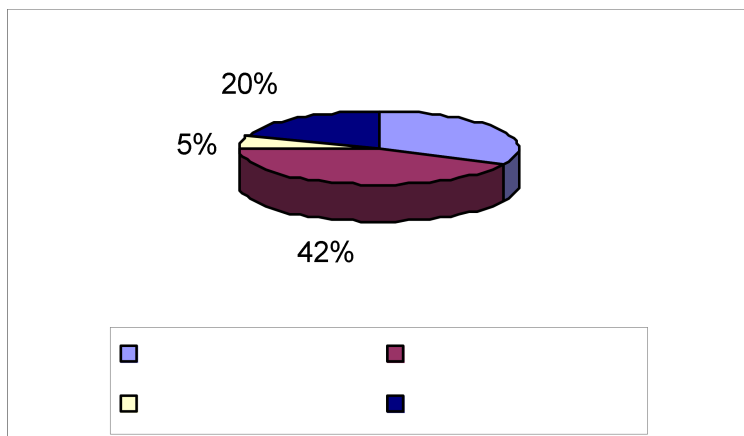


Figura 7: Porcentajes de taxa por División en el recorrido de La Planta de Tratamiento.

3.2.1. Análisis por Estaciones (Otoño, Invierno y Primavera)

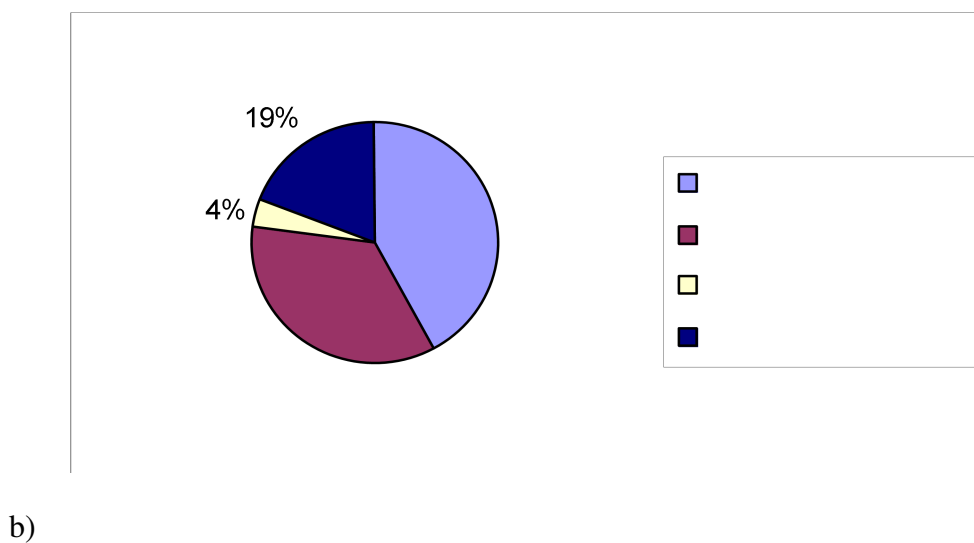
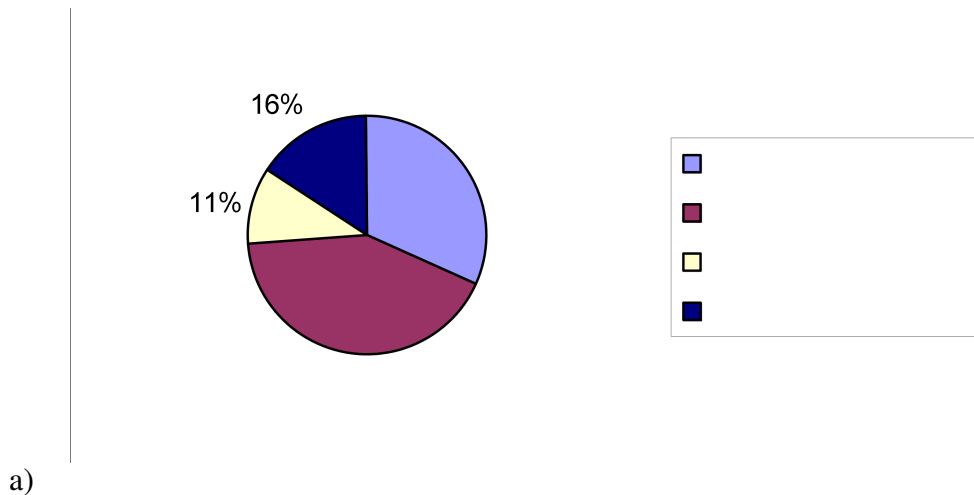
La riqueza específica registrada en otoño fue de 20 taxa, en invierno 14 taxa y en primavera 26 taxa, coincidente con las variaciones de temperaturas encontradas, donde las

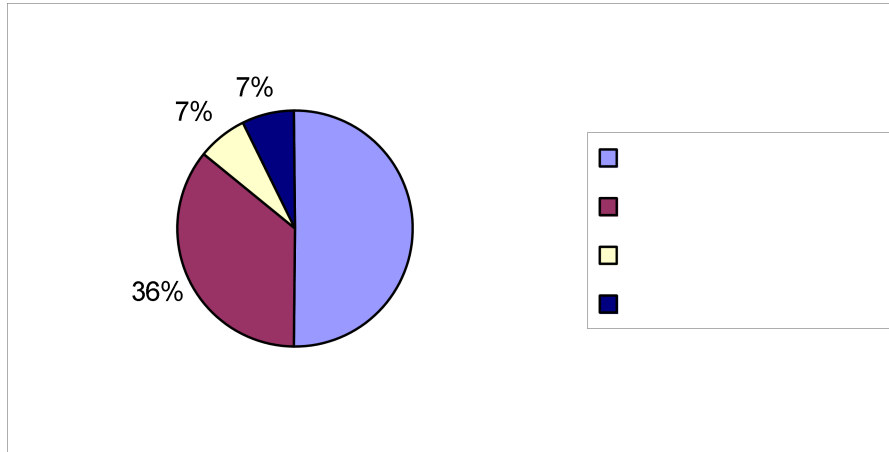
mínimas estuvieron en invierno y otoño y las máximas para la estación primaveral (Tabla 1; Figura 8 a, b y c).

Tabla 1: Riqueza de taxa registradas en otoño, invierno y primavera por División en La Planta de Tratamiento.

	Div. Cyanophyta	Div. Chlorophyta	Div. Euglenophyta	Div. Chromophyta	total
Otoño	6	9	2	3	20
invierno	7	5	1	1	14
primavera	11	9	1	5	26

Durante la primavera, en la entrada del sistema (Cámara de Pretratamiento) estuvieron presentes 9 taxa y en la salida del Filtro Fitoterrestre geomembrana de PVC se registraron 14 géneros, fue en dicha estación donde hubo un mayor registro de taxa en éstas secciones del sistema.





c)

Figura 8: Distribución porcentual de taxa en a) otoño, b) invierno y c) primavera en La Planta de Tratamiento.

En la diversidad registrada a lo largo del ciclo muestral, la Div. Cyanophyta presentó mayor cantidad de individuos, predominando en invierno y primavera (Tabla 2).

Tabla 2: Diversidad de taxa registrados en otoño, invierno y primavera por División en La Planta de Tratamiento.

	Div. Cyanophyta	Div. Chlorophyta	Div. Euglenophyta	Div. Chromophyta	total
Otoño	7	16	5	3	31
invierno	14	9	1	2	26
primavera	20	11	4	5	40

En la Tabla 3 se muestra la Frecuencia Relativa (%) realizada para dichas estaciones del año muestreadas, dónde en la Div. *Chlorophyta*, *Chlamydomona* y *Monoraphydium*, tuvieron una frecuencia del 100%, *Dictyosphaerium* y *Shroederia* en un 67%.

En la Div. *Cyanophyta*, los géneros *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Cyanobacterium* y *Chroococcus* tuvieron una frecuencia de 100%, en tanto que *Merismopedia*, *Spirulina* y *Pseudoanabaena* la presentaron en un 67%.

En la Div. *Euglenophyta*, *Euglena* estuvo presente en un 100%. En la Div. *Chromophyta*, *Gomphonema* se presentó en un 67%.

Tabla 3: Distribución estacional y Frecuencia Relativa (%) de la ficoflora de La Planta de Tratamiento.

	Taxa	Otoño	Invierno	Primavera	F. r. %
	DIVISION CYANOPHYTA				
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)	X	X	X	100%
2	<i>Merismopedia</i> (Meyen)	X		X	67%
3	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X	X	X	100%
4	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau) Komárek, Kopecký et Capák	X	X	X	100%
5	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)	X	X	X	100%
6	<i>Spirulina</i> (Turpin)	X		X	67%
7	<i>Pseudoanabaena</i> sp.		X	X	67%
8	<i>Nodularia</i> (Mertens)		X		33%
9	<i>Chamaesiphon</i> (Braun and Grunow)			X	33%
10	<i>Synechocystis</i> (Sauvageau)			X	33%
11	<i>Aphanothece</i> (Nägeli)			X	33%
12	<i>Microchaete</i> (Thuret)		X		33%
13	<i>Rhabdogloea</i> sp.			X	33%
	DIVISION CHLOROPHYTA				
14	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X	X	X	100%
15	<i>Dictyochoris</i> sp.	X			33%
16	<i>Oedogonium</i> (Link)		X		33%
17	<i>Scenedesmus</i> (Meyen)	X			33%
18	<i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)	X		X	67%
19	<i>Golenkina</i> (Chodat)	X			33%
20	<i>Tetraëdron</i> (Kützing)	X			33%
21	<i>Monoraphidium</i> sp.	X	X	X	100%
22	<i>Chodatella</i> (Lemmermann)	X			33%
23	<i>Schroederia</i> (Lemmermann)	X	X		67%
24	<i>Oocytis</i> (Nägeli)		X		33%
25	<i>Kirchneriella</i> (Schmidle)			X	33%
26	<i>Cosmarium</i> (Corda)			X	33%
27	<i>Tetrastrum</i> (Chodat)			X	33%
28	<i>Closteriopsis</i> (Lemmermann)			X	33%
29	<i>Chlorella</i> (Beijerinck)			X	33%
30	<i>Actinastrum</i> (Lagerheim)			X	33%
	DIVISION EUGLENOPHYTA				
31	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X	X	X	100%
32	<i>Phacus</i> (Dujardin)	X			33%
	DIVISION CHROMOPHYTA				
33	<i>Characiopsis</i> (Borzi)	X			33%
34	<i>Gomphonema</i> (Agardh)	X	X		67%
35	<i>Nitzchia</i> (Hassall)	X			33%
36	<i>Hantzchia</i> (Grunow)			X	33%

Continuación Tabla 3: Distribución estacional y Frecuencia Relativa (%) de la ficoflora de La Planta de Tratamiento.

37	<i>Cymbella</i> (Agardh)	X	33%
38	<i>Melosira</i> (Agardh)	X	33%
39	<i>Stauroneis</i> (Ehrenberg)	X	33%
40	<i>Navicula</i> (Bory)	X	33%

3.2.2. Análisis por estación en los puntos de muestreos de La Planta de Tratamiento

I. Estación Otoño

La riqueza fue de 20 taxa de los cuales 9 taxa para *Chlorophytas* y 6 para *Cyanophytas*.

Los taxa mas encontrados fueron *Chlamydomonas* y *Euglena* con una frecuencia relativa de 75%, los cuales estuvieron presentes en la cámara y en el humedal en el centro y orilla. Con un 50% *Chroococcus*, *Scenedesmus* y *Dyctiosphaerium*, los tres géneros registrados a la orilla y en el centro del humedal (Tabla 5 y Figura 11, Anexo).

La mayor riqueza de taxa registrada estuvo en la orilla del humedal y la menor en el filtro fitoterrestre con la ausencia de la Div. *Chlorophyta*. En otoño fue la única estación que presentó poco número de taxa ésta sección de La Planta de Tratamientos.

II. Estación Invierno

En esta estación la riqueza fue de 14 taxa. La Div. *Cyanophytas* fue la más registrada.

Con una frecuencia relativa de 100% estuvo presente *Phormidium*, con una frecuencia de 75%, *Chlamydomonas* en la cámara y a la orilla y centro del humedales y *Cyanobacterium* en el filtro fitoterrestre de PVC y también a orillas y centro del humedal. En tanto que en un 50% de la frecuencia se registró *Chroococcus* y *Oscillatoria* en la cámara y el filtro fitoterrestre, *Monoraphidium* y *Schroederia* en el filtro fitoterrestre y el centro del humedal y el género *Gomphonema* solo estuvo presente en el humedal (Tabla 6 y Figura 12, Anexo).

La mayor riqueza estuvo en el centro del humedal y en el filtro fitoterrestre donde en casi su totalidad permaneció la Div. *Cyanophyta*. También se registro elevada diversidad de ésta división en las demás secciones.

III. Estación Primavera

La riqueza fue de 26 taxa registrados. El género *Euglena* estuvo presente en los 4 puntos del muestreo con una frecuencia relativa de 100%. Con el 75% se presentó *Phormidium*, *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Cyanobacterium*, en la cámara de pretratamiento, filtro fitoterrestre y el centro del humedal. Con una frecuencia del 50% se entraron *Chlamydomona* y *Kirchneriella* en el filtro y el centro del humedal y *Rhabdogloea* en la cámara y también centro del humedal (Tabla 7 y Figura 13, Anexo).

El centro del humedal y el filtro fitoterrestre presentaron la mayor riqueza, siendo la Div. *Cyanophyta* la más registrada. Ésta división estuvo casi en su totalidad en la cámara de pretratamientos. La Div. *Chromophyta* estuvo presente con alta riqueza en el centro del humedal y fue registrada por primera vez en el filtro fitoterrestre.

3.2.3. Análisis por puntos de muestreos en las estaciones

I. Cámara de Pretratamiento

El la cámara de pretratamiento se registraron 13 taxa, de los cuales el 69% estuvo presente en primavera y el 38% en otoño e invierno (Tabla 9 y Figura 16, Anexo).

De los 13 taxa registrados, la Div. *Cyanophyta* obtuvo mayor presencia con 10 géneros de los cuales, *Phormidium* y *Oscillatoria* estuvieron presente en todas las estaciones muestreadas. En un 67%, se encontró *Merismopedia* y *Chlamydomonas*.

La Div. *Chlorophyta* presentó 2 géneros y la Div. *Euglenophyta* uno.

En la estación de primavera no se registró la presencia de la Div. *Chlorophyta*.

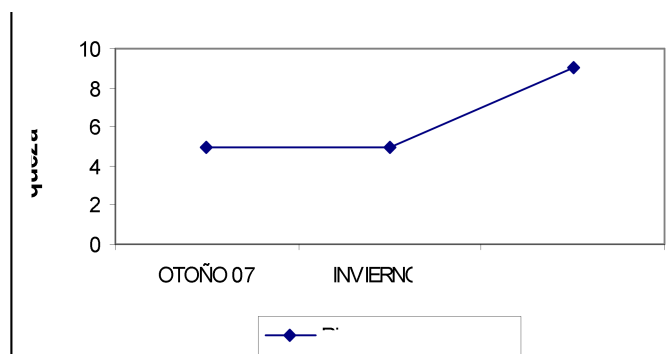


Figura 9: Distribución temporal de Riqueza de taxa en la Cámara de Pretratamiento.

II. Filtro Fitoterrestre, Geomembrana de PVC

En esta etapa se registraron 17 taxa, de los cuales el 82% estuvo presente en primavera, el 41% en invierno y el 12% para la estación de otoño (Tabla 10 y Figura 17, Anexo).

De los 17 taxa encontrados, 6 fueron para la Div. *Cyanophytas* y 6 para la Div. *Chlorophytas*, 1 para *Euglenophyta* y 4 géneros para *Chromophyta*, los cuales estuvieron presentes en primavera.

Cyanothece y el género *Euglena* estuvieron presentes en todas las estaciones. Siendo ambos géneros los únicos registrados para otoño.

Phormidium y *Pseudoanabaena*, fueron registraron con una frecuencia de 67 %.

La estación de invierno también presento alta riqueza.

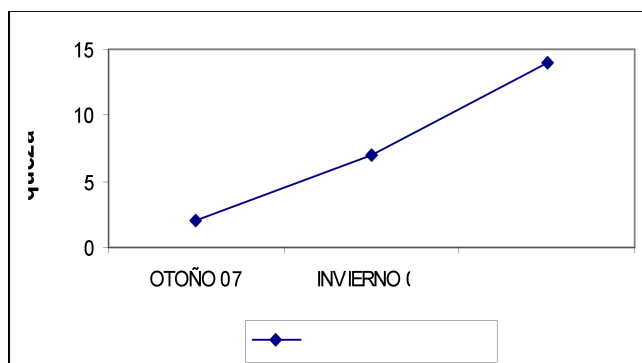


Figura 10: Distribución temporal de Riqueza de taxa en el Filtro Fitoterrestre.

III. Centro del Humedal

El mayor número de taxa identificados en La Planta de Tratamiento corresponde a ésta sección, con 22 taxa registrados. De los cuales el 64% estuvo presente en primavera, el 45% en invierno y el 36% en otoño (Tabla 11 y Figura 18, Anexo).

De los 22 géneros registrados, Div. *Chlorophyta* presentó 10 taxa, 7 para *Cyanophyta*, 2 para *Euglenophyta* y 3 taxa para *Chromophyta*.

Estuvieron presentes en todas las estaciones *Chlamydomonas* y *Chroococcus*. Y con un 67% se encontraron *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Cyanobacterium*, *Dictyosphaerium*, *Monoraphidium* y *Euglena*.

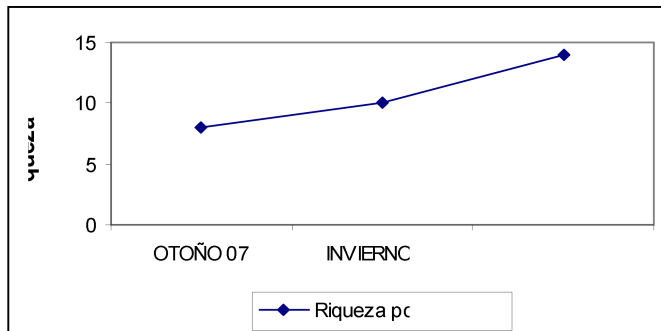


Figura 11: Distribución temporal de Riqueza de taxa en el Centro del Humedal.

IV. Orilla del Humedal

En esta etapa fueron registrados 16 taxa, de los cuales el 75% estuvo presente en otoño, el 25% en invierno y el 19% en primavera (Tabla 12 y Figura 19, Anexo).

La Div. *Chlorophyta* presentó el mayor registro con 9 taxa, 4 en *Cyanophyta*, 1 taxa *Euglenophyta* y 2 para *Chromophyta*.

Chlamydomona, *Euglena* y *Gonphonema* se registraron en una frecuencia relativa de 67%.

En la estación de primavera no se registro la presencia de la Div. *Cyanophyta*.

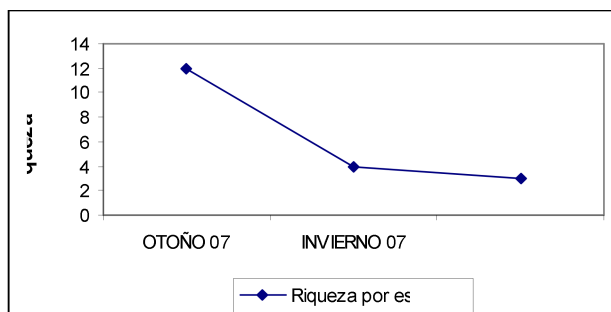


Figura 12: Distribución temporal de Riqueza de taxa en la Orilla del Humedal.

3.3. Similitud de los ensambles entre ambiente: Índice de Jaccard

I. Por estaciones del año

Se realizaron comparaciones entre las estaciones del año: otoño, invierno y primavera con la riqueza total de taxa registrados en dichas estaciones.

Se obtuvo un valor máximo de similitud de $C_j = 0.36$ en la comparación de otoño e invierno.

II. Por estaciones del año pero entre puntos de muestreos

Para otoño la máxima similitud se registró entre ambos humedales con un valor de $C_j = 0.33$ y con un valor menor al Filtro Fitoterrestre con el Centro del Humedal.

En invierno fue la comparación entre el Filtro Fitoterrestre y la Orilla del Humedal y el Centro y Orilla del Humedal con un valor de $C_j = 0.40$ de similitud.

Para primavera su máxima similitud fue entre la Cámara de Pretratamiento y el Centro del Humedal con un valor de $C_j = 0.35$ y en menor similitud al Filtro Fitoterrestre con el Centro del Humedal con $C_j = 0.33$.

Tabla 4: Porcentaje de similitud entre ambientes en cada estación.

	Otoño	Invierno	Primavera
Cj (CP - FF)	0%	0,9%	27%
Cj (CP - CH)	0,8%	36%	35%
Cj (CP - OH)	0,6%	28%	0,9%
Cj (FF - CH)	11%	30%	33%
Cj (FF - OH)	0,7%	40%	0,6%
Cj (CH - OH)	33%	40%	0,6%

CP: Cámara de Pretratamiento

FF: Filtro Fitoterrestre

CH: Centro del Humedal

OH: Orilla del Humedal

III. Por puntos de muestreos pero entre estaciones del año

La similitud máxima para la Cámara de Pretratamiento se registró en otoño e invierno con un valor de $C_j = 0.42$

Para el Filtro Fitoterrestre geomembrana de PVC, el valor máximo fue para otoño e invierno con $C_j = 0.28$. En este punto los valores fueron bajos en todas las comparaciones.

Para el Centro del Humedal, el valor máximo fue en otoño e invierno con una similitud de $C_j = 0.38$. Y en la Orilla del Humedal fue de $C_j = 0.14$ para las mismas estaciones.

Tabla 5: Porcentaje de similitud entre estaciones por punto de muestreo.

	Cámara Pretratamiento	Filtro Fitoterrestre	Centro Humedal	Orilla Humedal
Cj (O- I)	42%	28%	38%	14%
Cj (I - P)	16%	23%	33%	0%
Cj (O-P)	27%	14%	15%	0%

O: Otoño

I: Invierno

P: Primavera

4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

En los aspectos ambientales, siempre se registraron temperaturas más elevadas en la entrada del sistema, Cámara de Pretratamiento (M1), que en la salida al Filtro Fitoterrestre, geomembrana de PVC (M2). Los valores de pH no fueron muy variables durante la época de muestreo, ya que la mayor diferencia registrada fue en el Premuestreo donde M2 fue mayor que M1. Podría decirse que el sistema comienza a estabilizarse donde los valores de M1 y M2 tiende a ser similares.

Los valores de DBO₅ y DQO siempre se manifestaron de manera similar, ya que M1 siempre fue mayor que M2 en todas las estaciones analizadas y en otoño se registró la mayor diferencia entre ambos puntos de muestreos.

Del estudio realizado en el aspecto biológico se identificaron 40 taxa algales pertenecientes a las Divisiones *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta* y *Chromophyta*. En los puntos muestreados de la Planta de Tratamiento tales como Cámara de Pretratamiento, Filtro Fitoterrestre y Centro de Humedal, la estación primavera registró la mayor riqueza de ficoflora, en la Orillas del Humedal la mayor riqueza se encontró en otoño.

La División que presentó mayor riqueza de taxa en primavera fue *Cyanophyta* y en menor número *Chlorophyta*, también se registró alta diversidad para *Chromophyta* comparado con la presencia que hubo en otoño e invierno en dicha División (Figura 14, Anexo).

La mayor riqueza obtenida en los puntos de muestreos de La Planta de Tratamiento fue registrada en el Centro del Humedal, y la División representante fue *Chlorophyta*, en menor proporción estuvieron *Cyanophyta* y *Chromophyta*, indicando un buen estado del cuerpo de agua por los taxa registrados. En la Cámara de Pretratamiento y el Filtro Fitoterrestre se encontró un número similar de riqueza de la ficoflora pero con una diversidad de taxa diferente. En la Cámara la División predominante fue *Cyanophyta*, siendo que para el Filtro se notó una disminución del número de géneros presente de la Div. *Cyanophyta* y aumentó la Div. *Chlorophyta*. La Orilla del Humedal también presentó ficoflora pero no como lo registrado para el centro (Figura 15, Anexo).

A lo largo del período de muestreo, la Div. *Chlorophyta* presentó mayor número de taxa. Durante este período la Div. *Cyanophyta* registró los mismos géneros.

En la Cámara de Pretratamiento se registró mayor riqueza de géneros de la Div. *Cyanophyta*. Este grupo se caracteriza por ser fotosintetizadoras cosmopolitas, tolerables a

temperaturas altas y crecen a profundidades donde la intensidad lumínica es baja, el oxígeno y el nitrógeno también es bajo, a pesar de que los demás nutrientes se encuentren abundantes. En este punto de muestreo no se registró la presencia de la Div. *Chromophyta*, en general resultan ser muy sensibles a los cambios del contenido de M.O. y de la transparencia del agua.

La proliferación masiva de *Cyanophyta*, es frecuente en los ambientes eutroficados y es motivo causal de graves consecuencias debido a la potencial capacidad toxicogénica que presentan ciertas especies de esta División.

El género de alga predominante en lagunas para descarga de camiones es *Chlamydomonas*, este es un tipo de algas capaz de vivir en líquidos con alto nivel de M.O. y bajo contenido de Oxígeno Disuelto.

En zonas menos degradadas con concentraciones significativas de oxígeno, se observó un incremento generalizado de la diversidad. Así ocurre en el centro del Humedal donde organismos autótrofos se desarrollan en profundidad y aparecen géneros tales como *Scenedesmus*, *Melosira*, *Nitzschia*, que se registran en medios menos contaminados. También en el Filtros Fitoterrestre aparece *Hantzchia*, que tal género indica un buen estado del agua.

Phormidium, *Cyanobacterium*, *Chlamydomonas* y *Euglena* fueron géneros que se registraron en todas las etapas de La Planta de Tratamiento. De igual manera ocurre para la adaptación en las estaciones del año, donde los géneros que estuvieron presentes fueron: *Phormidium*, *Cyanobacterium*, *Oscillatoria*, *Chroococcus*, *Chlamydomonas*, *Monoraphidium* y *Euglena*.

Hay taxa que estuvieron presentes únicamente en un punto del muestreo, tales como:

* Cámara de Pretratamiento: *Chamaesiphon*, *Synechocystis*, *Aphanothece*, *Microchaete*, *Dictyochoris*.

* Filtro Fitoterrestre: *Pseudoanabaena*, *Oedogonium*, *Cosmarium*, *Hantzchia*, *Cymbella*, *Stauroneis*, *Navícula*.

* Centro del Humedal: *Nodularia*, *Golenkina*, *Tetrastrum*, *Chlorella*, *Phacus*, *Characiopsis*, *Melosira*.

* Orilla del Humedal: *Teträedrum*, *Chodatella*, *Clostriopsis*, *Actinastrum*, *Nitzschia*.

Estos géneros son indicadores de cada lugar de muestreo, ya que solo estuvieron presentes en un solo punto de muestreo.

De la aplicación del Índice de Similitud Jaccard, se obtuvieron valores muy bajos en todas las comparaciones realizadas. Se puede reflejar una inestabilidad ambiental que se caracteriza en algunos de los puntos de muestreos planteados.

En estudios realizados tales como la Ficoflora del Reservorio Final de aguas Residuales de Santa Rosa (La Pampa) con una identificación de 68 taxa (62 % corresponde a la Div. *Chlorophyta*) y humedales como Laguna Ojo de Agua, perteneciente a la localidad de Uriburu (La Pampa) con 75 taxa (46% pertenece a la Div. *Cyanophyta*) y laguna La Querencia del departamento Catriló (La Pampa) con 33 taxa (45% corresponde a la Div. *Chromophyta*), La Planta de Tratamiento de Líquidos Residuales Domiciliario se encuentra en un estado similar a éstos cuerpos de agua, siendo aceptable el funcionamiento de la misma.

En Eduardo Castex no existen trabajos realizados con este fin. Se puede decir que constituye un aporte al estudio florístico de las algas en la provincia de La Pampa a nivel genérico y a la relación de la ficoflora con los parámetros ambientales del cuerpo de agua estudiado para su posible aprovechamiento en plantas de tratamiento mediante filtro fitoterrestres.

La importancia de estos organismos utilizados para biomonitoreo se convierte en una herramienta de gestión ambiental, razón por la cual su estudio se ubica dentro del área de interés de manejo y conservación de los recursos naturales.

Como se puede observar el empleo de este tipo de metodologías de utilización de Filtros Fitoterrestres para el tratamiento y reutilización de aguas domiciliarias, resulta funcional en localidades pequeñas. Sin embargo es necesario un monitoreo constante para determinar el funcionamiento del sistema y realizar los ajustes necesarios para su mejor desempeño.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Anagnostidis, K.** 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2-Chroococcales. Arch Hydrobiol. Suppl. 73. Algolog. Stud., 43 :157-226.
- Anagnostidis, K.** 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4-Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl.82(1). Algol. Stud. 56 :247-345.
- Alvarez, S. B.** 1992. Algas de aguas continentales de la Pcia. de La Pampa (Arg.) I: Volvocales y Chlorococcales (Chlorophyta). Rev. Fac. de Agr. U.N.L.Pam. 6(2) :35-51.
- Alvarez, S. B.** 1996. Chlorococcales (Chlorophyta) de la Laguna El Guanaco o Loncoché, Pcia. de la Pampa. *Comunicaciones- VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, COPROCNA* :3-4.
- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán.** 1994. Cianofíceas continentales de la Pcia. de La Pampa (Argentina). Rev. Fac. de Agronomía. U.N.L.Pam. 7, N°2 :43-62.
- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán.** 1998. Ficoflora eucariota de cuerpos de agua permanentes y semipermanentes del Parque Nacional Lihué Calel (La Pampa, Argentina) (Entregado en julio de 1998, para ser publicado en los Andes de Parques Nacionales).
- Alvarez, S. B. & G. I. Bazán.** (2002). Estudio preliminar de la biodiversidad algal de la laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa). En: Resumen II Jornadas sobre Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos. 44 pp.
- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán and M. T. Wenzel.** 1998a. Cyanobacteria of Chlorococcales and Chamaesiphonales orders in intermitent strems and isilated stagnant pools within the Lihué Calel National Park (La Pampa. Province, Argentina). *Acta Hidrobiológica*, 40 (3) :131-146. Cracow, Poland.
- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán and M. T. Wenzel.** 1998b. Cyanobacteria of Hormogonales ordes (Nostocaceae, Rivulariaceae, Scytonematacae and Microchaetaceae families) in intermitent streams and isolated stagnant pools within the Lihué Calel National Park (La Pampa. Province, Argentina). *Acta Hidrobiológica*, 40 (3) :147-160. Cracow, Poland.
- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán y M. T. Wenzel.** 2000. Hormogonales (Cyanophyta) de la laguna El Guanaco (Prov. de La Pampa). *Darwiniana* 34 (3-4) :279-284.

- Alvarez, S. B.; G. I. Bazán y E. R. Parodi.** 2004. Ficoflora del Reservorio final de aguas residuales de Santa Rosa (La Pampa, Argentina). *Cyanophyta y Chlorophyta (Tetraselmiales, Volvocales y Chlorococcales)*. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 39 (1-2) :277-293. ISSN 0373-580X.
- Alvarez, S. B.; A. E. Biasotti; J. Bernardos y G. I. Bazán.** 2005. Ficoclora de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). Junio 2005. *Biología Acuática*. 22 :1-6. ISSN 0236-1638.
- Bazán, G. I.; M. T. Wenzel y S. B. Alvarez.** 1996. Cianofíceas nuevas para Argentina del Parque Nacional Lihué Calel (Prov. de La Pampa). *Darwiniana* 34 (1-4) :285-292.
- Bazán, G. I.; S. B. Alvarez and M. T. Wenzel.** 1998. Cyanobacteria of the Oscillatoriaceae family in intermiten streams and isolated stagnant pools within the Lihué Calel National Park (La Pampa. Province, Argentina). *Acta Hidrobiológica*, 40 (3) :161-172. Cracow, Poland.
- Bazán, G. I.; S. B. Alvarez; M. C. Martín y J. Bernardos.** 2003. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la laguna El Ojo de Agua, Uriburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*, 20 :1-5.
- Begon, M.; J. L. Harper; R. Colin.** 1987. *Ecología, Individuos, Poblaciones y comunidades*. 3ª Edición. Ediciones Omega S. A., Barcelona, 886 p.
- Bourelly, P.** 1972. *Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome I: Les Algues Vertes. Ed. N. Boubée & Cie., Paris, 572 pp.
- Bouwer H.** 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. *Hydrology Journal*. 10 :121-142.
- Cabrera, A. L. y A. Willink.** 1980. *Biogeografía de América Latina*. Sec. Gral. De la OEA, Washington, D.C. 130 pp.
- Cano, E.; G. Casagrande; H. Conti; J. Salazar Lea Plaza; C. Peña Zubiato; D. Maldonado Pinedo; H. Martinez; R. Hevia; C. Scoppa; B. Fernández; M. Montes; J. Musto y A. Pittaluga.** 1980. *Inventario de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Economía y Asuntos Agrarios de la provincia de la Pampa. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, B. A. 493 pp.
- Custodio, E. y M. R., Llamas.** 1976. *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona. 1 y 2, 2359 pp.

- Fabricius, Martínez de A. L.; N. Maidana; N. Gomez & S. Sabater.** 2003. Distribution patterns of benthic diatoms in a pampean river exposed to seasonal floods: The Cuarto river (Argentina). *Biodiversity and Conservation*, 12 :2443-2454.
- Fabricius, Martínez de A. L.** 2000. Las Algas, indicadores de la calidad del agua. Interciencia, UNRC, Río Cuarto.
- Fifield, F. W. and P. J. Haines.** 1995. *Environmental Analytical Chemistry*. Ed. Blackie Academic and Profesional, Chapman and May. Glasgow, U. K. 489 pp.
- Desikachary, T. V.** 1959. Cyanophyta. New Delhi, Ind. Counc. Agr. Res. New Delhi. 686 pp.
- Erganshev, A. E. y S. Tajiev.** 1986. Seasonal variations of phytoplankton in a series of waste treatment lagoons (Chimkent, Central Asia) Part 2: Distribution of phytoplankton numbers. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 14 :613 - 625.
- Geovanny Pérez Ortiz, O.** 1999. Sistemas de Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales y Fangos de Depuración utilizados en las E.D.A.Rs de Carraixet, Poble de Farnals y Ribarroja (Valencia, España). *Revista CLON*. Universidad de Pamplona. 47-71 pp.
- Herbas Antezana, R. C.; Rivero Ostoic, F. y A. Gonzales Ramos.** 2006. Indicadores Biológicos de Calidad de Agua. Cochabamba. 1-21 pp.
- Ingallinella, A. M.; Fernández, R.; Sanguinetti, G.; Hergert, L.; Quevedo, H.; Strauss, M.; Montangero, A.** 2001. Lagunas de Estabilización para Descargas de Líquidos de Camiones Atmosféricos. Centro de Ingeniería Sanitaria. Enero-Febrero, Nro.54, AIDIS, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agimensura. UNR. 1-16 pp.
- Komárek, J. y B. Fott.** 1983. *Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwasser. Von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart. Germany.* 1043 pp.
- Lincoln, E. P. y J. F. K. Earle.** 1990. Wastewater treatment with microalgae. In *Applied Phycology*. Ed. I. Akatsuka. 446 pp.
- Magurrán, A. E.** 1983. *Diversidad Ecológica y su medición*. Editorial Vedral. 157-200 pp.
- Mayor, A; Sereno, L.; Suppo, R.** 2005. Tratamiento de Líquidos Residuales Domiciliarios mediante Filtros Fitoterrestres. Informe: Municipalidad de Eduardo Castex. Provincia de La Pampa. 1-12 pp.

- Medus, N. B; H.W. Casenave y R. O. Hernández.** 1992. Geografía de La Pampa. Ed. Extra (L.P.).145 pp.
- Metcalf, E.** 1991. “Ingeniería de Aguas Residuales”. En Tratamiento, vertido y reutilización . 3rd. Ed. McGraw-Hill. Cap III. 53-59 pp.
- Moreno Merino, L.; M. A. Fernández Jurado; J. C. Rubio Campos; J. M. Calaforra Chordi; J. A. López Geta; J. Beas Torroba; G. Alcain Martinez; J. M. Murillo Diaz y J. A. Lopez.** 2003. La Depuración de aguas Residuales Urbanas de Pequeñas Poblaciones mediante Infiltración Directa en el Terreno. Fundamentos y casos prácticos. 167 pp.
- Oswald, W. J.** 1988. Large-scale culture systems (engineering aspects). En Borowitzka, M. A. y Borowitzka, L. J. (eds): Micro-Algal Biotechnology. Cambridge University Press, N. Y. :357-394.
- Palmer, C. M.** 1974. Algae in American sewage stabilization ponds. Rev. Microbiol. (S. Paulo) 5 :75 –80
- Parker, S. P. and Corbitt, R. A.** 1992. Encyclopedia of Environmental Science & Engineering, 3rd.edition. Mc. Graw Hill. U.S.A. 528 pp.
- Prescott, G.W.** 1951. Algae if the Western Great Lakes Area. Cranbrook Inst. Sci. Bull. 31. Bloomfield Hills, Michigan. 946 pp.
- Prosperi, C.** 2002. Composición del Fitoplancton del Embalse San Roque. Tecnología y Ciencia. 6 (13).
- Publicación del Instituto Geológico y Minería de España.** 1995. Nuevas tecnologías para el Saneamiento, Depuración y Reutilización de las Aguas Residuales de la Provincia de Alicante. Cap 1, 2a, 2b, 3.
- Romero, O. E.** 1993. Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Pcia. de La Pampa (Argentina) I. Darwiniana 32 (1-4) :303-313.
- Romero, O. E.** 1995. Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Provincia de La Pampa (Argentina) II. Darwiniana 33 (1-4) :177-193.
- Ryding, S. O. y W. Rast.** 1981. El Control de la Eutroficación en Lagos y Pantano. UNESCO. Ed. Pirámide. 267-284 pp.
- Schiller, H.** 2000. Técnicas Naturales de Tratamientos de Efluentes. Proyecto TENATECA – GTZ Cooperación Técnica Alemana – Agencia Córdoba Ambiente. Argentina. 224 pp.

- Silva, P. C. y Papenfus, G. F.** 1953. A systematic study of the algae of sewage oxidation ponds. State Wat. Pollut. Control Bd. Sacramento. Calif. SWCPB. Pub. N° 7 : 35.
- Seoanez Calvo.** 1995. AGUAS RESIDUALES URBANAS: Tratamientos Naturales de bajo costo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa.
- Talbot, P., Thébault, J. M., Dauta, A y J. De La Noue.** 1991. A comparative study and mathematical modeling of temperature, light and growth of three microalgae potentially usefull for wastewater treatment. Water Res. 25 :465-472.
- Wenzel, M. T.; S. B. Alvarez y G. I. Bazán.** 1996. Estudio preliminar de las cianofíceas del Embalse Casa de Piedra (Pcia. de La Pampa). Argentina. Phycis, Secc. B, 51 (120-121) :9-16.

ANEXO



Figura 1: Cámara de Pretratamiento (vista lateral) Año 2006.



Figura 2: Cámara de Pretratamiento (vista de frente).



Figura 3: Filtro Fitoterrestre construído con Geomembrana de PVC (Otoño de 2007).



Figura 4: Filtro Fitoterrestre construído con Geomembrana de PVC (Primavera de 2007)



Figura 5: Humedal



Figura 6: Humedal (vuelco)

ANÁLISIS DE LÍQUIDOS RESIDUALES

Análisis
Origen: Eduardo Castex
Fecha de extracción: PREMUESTREO

Solicitante: APA
Traslado: Refrigerado

Referencia: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes
Muestras: M1: Entrada Cámara de presedimentación
M2: Salida de Filtro fitoterrestre N° 2, geomembrana de PVC

Determinaciones	Unidades	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Color		Pardo negrusco	Pardo marrón
Olor		Sulfuroso fuerte	Sulfuroso débil
Aspecto		Turbio	Turbio leve
Temperatura	(C°)	S/D	S/D
Ph		7,4	7,9
Sól. Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0,1	<0,1
Sól. Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	<0,1	<0,1
DBO5	(mg/l)	396	190
DQO	(mg/l)	752	555

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron en situ.

Análisis de Líquidos Residuales (Laboratorio de la Administración Provincial del Agua)

Municipalidad de Eduardo Castex
Área de Medio Ambiente

Tabla 1: Análisis físico-químico de Premuestreo.

ANÁLISIS DE LÍQUIDOS RESIDUALES

Análisis N° 2728 – 2730
Origen: Eduardo Castex
Fecha de extracción: 13/06/07 (OTOÑO)

Solicitante: APA
Traslado: Refrigerado

Referencia: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes
Muestras: M1: Entrada Cámara de presedimentación
M2: Salida de Filtro fitoterrestre N° 2, geomembrana de PVC

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2
Color		Marrón Verdoso	Ambar
Olor		Putrefacto	Característico
Aspecto		Muy Turbio	Ambar
Temperatura	(C°)	10	8
pH		7,9	7,8
Sól. Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0,1	<0,1
Sól. Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	1	<0,1
DBO5	(mg/l)	536	76
DQO	(mg/l)	1130	184

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron en situ.

El filtro fitoterrestre N° 1 está colmatado de sólidos y sus carrizos están secos. Se puso en funcionamiento el Filtro N° 2. La laguna de estabilización presenta un color verde oscuro.

Análisis de Líquidos Residuales (Laboratorio de la Administración Provincial del Agua)

Municipalidad de Eduardo Castex
Área de Medio Ambiente

Tabla 2: Análisis físico-químico de Otoño.

ANÁLISIS DE LÍQUIDOS RESIDUALES

Análisis N° 2796 -2797
Orígen: Eduardo Castex
Fecha de extracción: 12/09/07 (INVIERNO)

Solicitante: APA
Traslado: Refrigerado

Referencia: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes
Muestras: M1: Entrada Cámara de presedimentación
M2: Salida de Filtro fitoterrestre N° 2, geomembrana de PVC

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2
Color		Marrón Oscuro	Marrón Oscuro
Olor		Putrefacto	Característico
Aspecto		Muy Turbio	Muy Turbio
Temperatura	(C°)	14	8,5
pH		7,9	7,9
Sól. Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0,1	<0,1
Sól. Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,6	<0,1
DBO5	(mg/l)	568	372
DQO	(mg/l)	1208	932

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron en situ.

El filtro fitoterrestre N 1 no está en funcionamiento, en actividad el N° 2
Los carrizos del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas.

Análisis de Líquidos Residuales (Laboratorio de la Administración Provincial del Agua)

Municipalidad de Eduardo Castex
Área de Medio Ambiente

Tabla 3: Análisis físico-químico de Invierno.

ANÁLISIS DE LÍQUIDOS RESIDUALES

Análisis N° 2930 -2932
Orígen: Eduardo Castex
Fecha de extracción: 17/10/07 (PRIMAVERA)

Solicitante: APA
Traslado: Refrigerado

Referencia: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes
Muestras: M1: Entrada Cámara de presedimentación
M2: Salida de Filtro fitoterrestre N° 2, geomembrana de PVC

Determinaciones	Unidades	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Color		Marrón Oscuro	Ambar
Olor		Putrefacto	Característico
Aspecto		Muy Turbio	Lig. Turbio
Temperatura	(C°)	20	17
pH		7,5	7,5
Sól. Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0,1	<0,1
Sól. Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,1	<0,1
DBO5	(mg/l)	604	193
DQO	(mg/l)	1096	357

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron en situ.

El filtro fitoterrestre N° 1 no está en funcionamiento, en actividad el N° 2
Los carrizos del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas.

Análisis de Líquidos Residuales (Laboratorio de la Administración Provincial del Agua)

Municipalidad de Eduardo Castex
Área de Medio Ambiente

Tabla 4: Análisis físico-químico de Primavera.

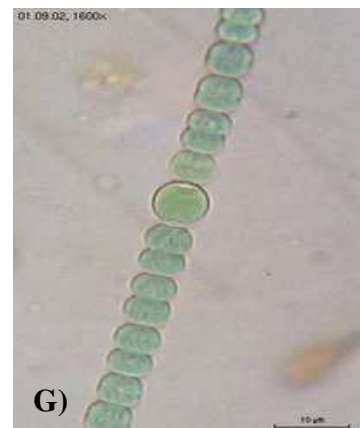
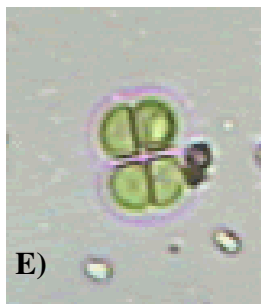
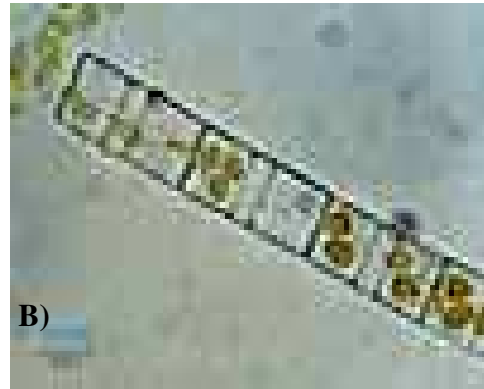
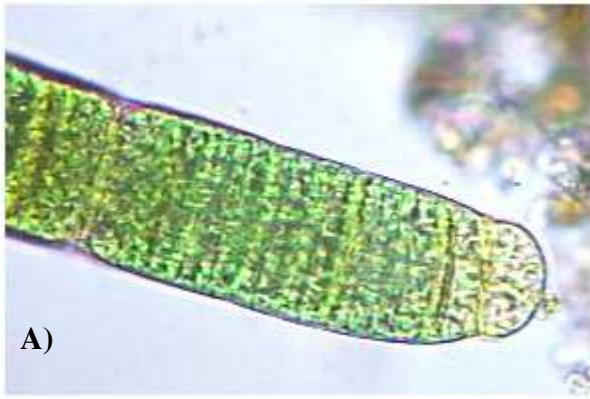


Figura 7: Div. Cyanophyta. **A)** *Oscillatoria*, **B)** *Melosira*, **C)** *Phormidium*, **D)** *Aphanothece*, **E)** *Chroococcus*, **F)** *Microchaete*, **G)** *Pseudoanabaena*

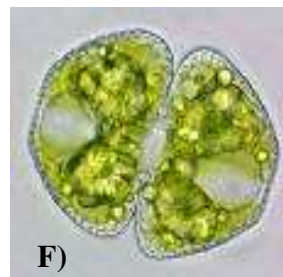
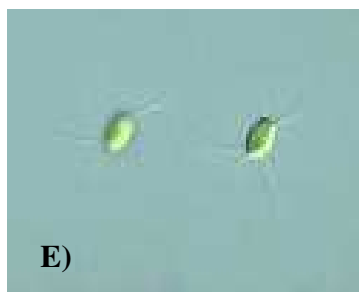
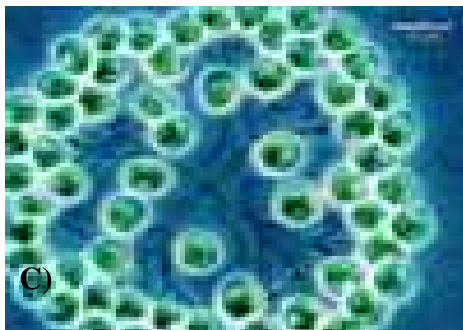
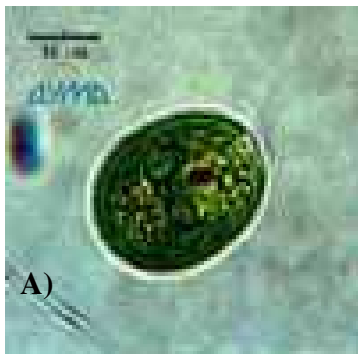


Figura 8: Div. *Chlorophyta*. **A)** *Chlamydomonas* , **B)** *Scenedesmus* , **C)** *Dictyosphaerium*, **D)** *Monoraphidium*, **E)** *Chodatella*, **F)** *Cosmarium*

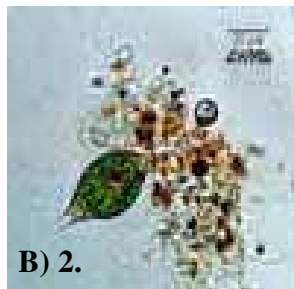
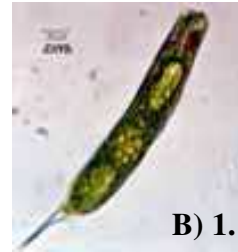
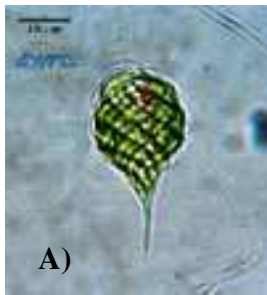


Figura 9: Div. *Euglenophyta*. A) *Phacus*, B) 1 y 2 *Euglena*

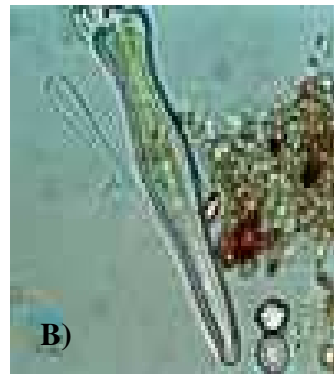
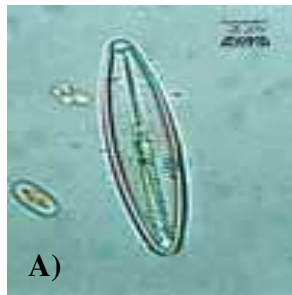


Figura 10: Div. *Chromophyta*. A) *Navicula*, B) *Gomphonema*, C) *Melosira*

Tabla 5: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por punto de muestreo en otoño.

	Taxa	Cámara Pretrat.	Filtrto Fitoterrestre	Centro del Humedal	Orilla del Humedal	Frecuencia Relativa
DIVISION CYANOPHYTA						
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)	X				25%
2	<i>Merismopedia</i> (Meyer)	X				25%
3	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X				25%
4	<i>Spirulina</i> (Turpin)				X	25%
5	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)			X	X	50%
6	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)		X			25%
DIVISION CHLOROPHYTA						
7	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X		X	X	75%
8	<i>Dictyochoris</i> sp.	X				25%
9	<i>Scenedesmus</i> (Meyer)			X	X	50%
10	<i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)			X	X	50%
11	<i>Golenkina</i> (Chodat)			X		25%
12	<i>Monoraphidium</i> sp.				X	25%
13	<i>Schroederia</i> (Lemmermann)				X	25%
14	<i>Chodatella</i> (Lemmermann)				X	25%
15	<i>Tetraëdrom</i> (Kützing)				X	25%
DIVISION EUGLENOPHYTA						
16	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)		X	X	X	75%
17	<i>Phacus</i> (Dujardin)			X		25%
DIVISION CHROMOPHYTA						
18	<i>Characiopsis</i> (Boris)			X		25%
19	<i>Gonphonema</i> (Agardh)				X	25%
20	<i>Nitzschia</i> (Hassall)				X	25%

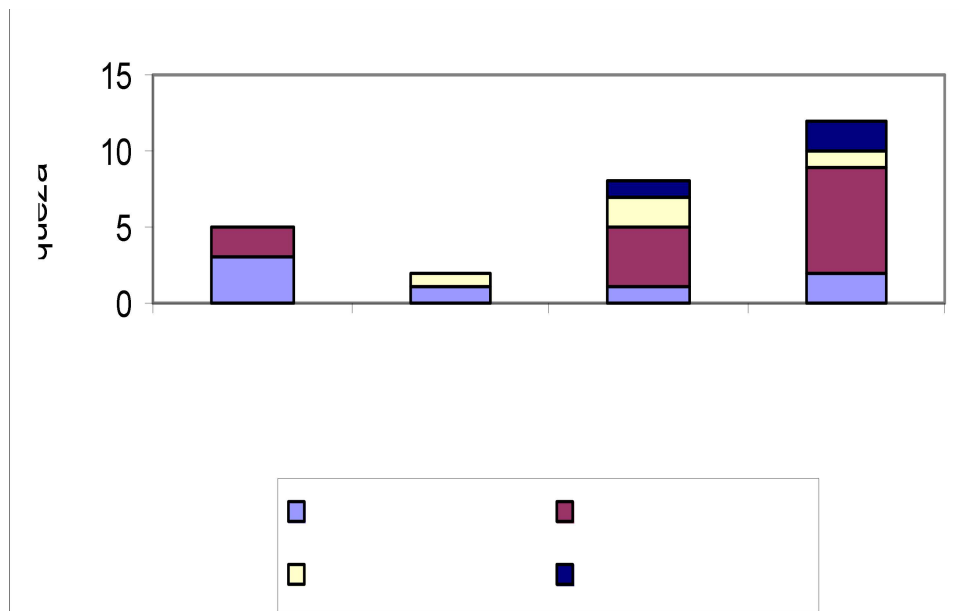


Figura 11: Ficoflora de La Planta de Tratamiento. Riqueza de taxa presentes en cada punto de muestreos en otoño.

Tabla 6: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por punto de muestreo en invierno.

	Taxa	Cámara	Filtro	Centro del	Orilla del	Frecuencia
		Pretrat.	Fitoterrestre	Humedal	Humedal	Relativa
DIVISION CYANOPHYTA						
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)	X	X	X	X	100%
2	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X		X		50%
3	<i>Pseudoanabaena</i> sp.		X			25%
4	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)		X	X	X	75%
5	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)	X		X		50%
6	<i>Nodularia</i> (Mertens)			X		25%
7	<i>Microchaete</i> (Thuret)	X				25%
DIVISION CHLOROPHYTA						
8	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X		X	X	75%
9	<i>Monoraphidium</i> sp.		X	X		50%
10	<i>Schroederia</i> (Lemmermann)		X	X		50%
11	<i>Oedogonium</i> (Link)		X			25%
12	<i>Oocytis</i> (Nägeli)			X		25%
DIVISION EUGLENOPHYTA						
13	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)		X			25%
DIVISION CHROMOPHYTA						
14	<i>Gonphonema</i> (Agardh)			X	X	50%

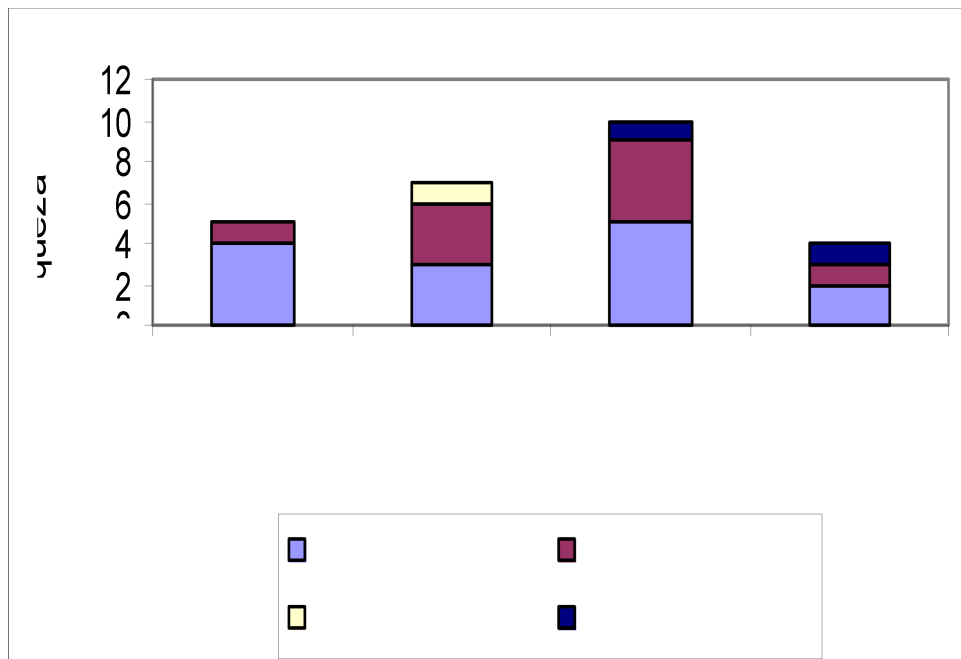


Figura 12: Ficoflora de La Planta de Tratamiento. Riqueza de taxa presentes en cada punto de muestreos en invierno.

Tabla 7: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por punto de muestreo en primavera.

	Taxa	Cámara		Filtro	Centro del	Orilla del	Frecuencia Relativa
		Pretrat.	Fitoterrestre	Humedal	Humedal		
DIVISION CYANOPHYTA							
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)	X		X	X		75%
2	<i>Merismopedia</i> (Meyer)	X		X	X		75%
3	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X		X	X		75%
4	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)	X		X	X		75%
5	<i>Chamaesiphon</i> (Braun and Grunow)	X					25%
6	<i>Synechocystis</i> (Sauvageau)	X					25%
7	<i>Aphanothece</i> (Nägeli)	X					25%
8	<i>Rhabdogloea sp.</i>	X			X		50%
9	<i>Spirulina</i> (Turpin)			X			25%
10	<i>Pseudoanabaena sp.</i>			X			25%
11	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)				X		25%
DIVISION CHLOROPHYTA							
12	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)			X	X		50%
13	<i>Kirchneriella</i> (Schmidle)			X	X		50%
14	<i>Cosmarium</i> (Corda)			X			25%
15	<i>Monoraphidium sp.</i>				X		25%
16	<i>Tetrastrum</i> (Chodat)				X		25%
17	<i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)				X		25%
18	<i>Chlorella</i> (Beijerinck)				X		25%
19	<i>Clostriopsis</i> (Lemmermann)					X	25%
20	<i>Actinastrum</i> (Lagerheim)					X	25%
DIVISION EUGLENOPHYTA							
21	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X		X	X	X	100%
DIVISION CHROMOPHYTA							
22	<i>Navicula</i> (Bory)			X			25%
23	<i>Cymbella</i> (Agardh)			X			25%
24	<i>Stauroneis</i> (Ehrenberg)			X			25%
25	<i>Melosira</i> (Agardh)				X		25%
26	<i>Hantzchia</i> (Grunow)			X			25%

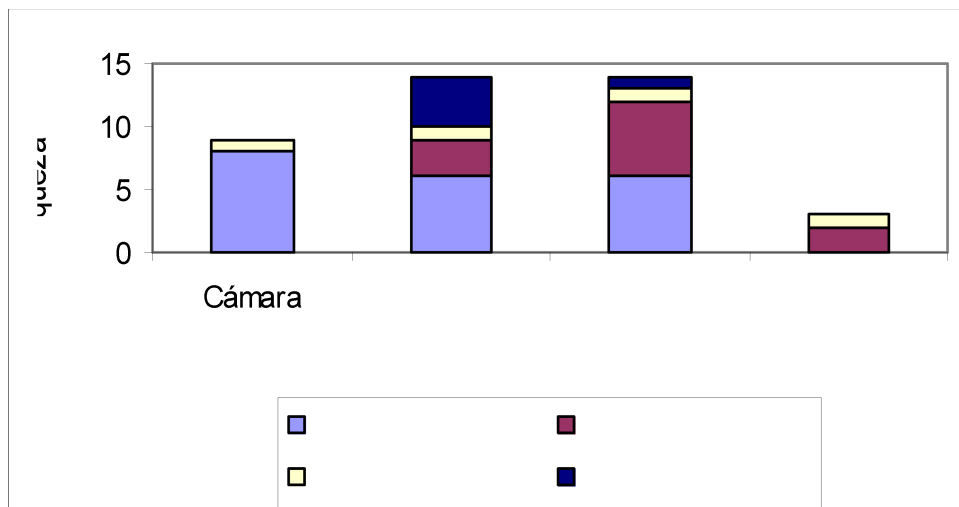


Figura 13: Ficoflora de La Planta de Tratamiento. Riqueza de taxa presentes en cada punto de muestreo en primavera.

Tabla 8: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por puntos de muestreos.

	Taxa	Cámara Pretrat.	Filtro Fitoterrestre	Centro del Humedal	Orilla del Humedal	Frecuencia Relativa
DIVISION CYANOPHYTA						
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)	X	X	X	X	100%
2	<i>Merismopedia</i> (Meyer)	X	X	X		75%
3	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X	X	X		75%
4	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)	X	X	X	X	100%
5	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)	X		X	X	75%
6	<i>Spirulina</i> (Turpin)		X		X	50%
7	<i>Pseudoanabaena</i> sp.		X			25%
8	<i>Nodularia</i> (Mertens)			X		25%
9	<i>Chamaesiphon</i> (Braun and Grunow)	X				25%
10	<i>Synechocystis</i> (Sauvageau)	X				25%
11	<i>Aphanothece</i> (Nägeli)	X				25%
12	<i>Microchaete</i> (Thuret)	X				25%
13	<i>Rhabdogloea</i> sp.	X		X		50%
DIVISION CHLOROPHYTA						
14	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X	X	X	X	100%
15	<i>Dictyochoris</i> sp.	X				25%
16	<i>Oedogonium</i> (Link)		X			25%
17	<i>Scenedesmus</i> (Meyen)			X	X	50%
18	<i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)			X	X	50%
19	<i>Golenkina</i> (Chodat)			X		25%
20	<i>Tetraëdrom</i> (Kützing)				X	25%
21	<i>Monoraphidium</i> sp.		X	X	X	75%
22	<i>Chodatella</i> (Beijerinck)				X	25%
23	<i>Schroederia</i> (Lemmermann)		X	X	X	75%
24	<i>Oocytis</i> (Nägeli)			X		25%
25	<i>Kirchneriella</i> (Schmidle)		X	X		50%
26	<i>Cosmarium</i> (Corda)		X			25%
27	<i>Tetrastrum</i> (Chodat)			X		25%
28	<i>Closteriopsis</i> (Lemmermann)				X	25%
29	<i>Chlorella</i> (Beijerinck)			X		25%
30	<i>Actinastrum</i> (Lagerheim)				X	25%
DIVISION EUGLENOPHYTA						
31	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X	X	X	X	100%
32	<i>Phacus</i> (Dujardin)			X		25%
DIVISION CHROMOPHYTA						
33	<i>Characiopsis</i> (Borzi)			X		25%
34	<i>Gomphonema</i> (Agardh)			X	X	50%
35	<i>Nitzschia</i> (Hassall)				X	25%
36	<i>Hantzchia</i> (Grunow)			X		25%
37	<i>Cymbella</i> (Agardh)			X		25%
38	<i>Melosira</i> (Agardh)				X	25%
39	<i>Stauorneis</i> (Ehrenberg)			X		25%
40	<i>Navicula</i> (Bory)			X		25%

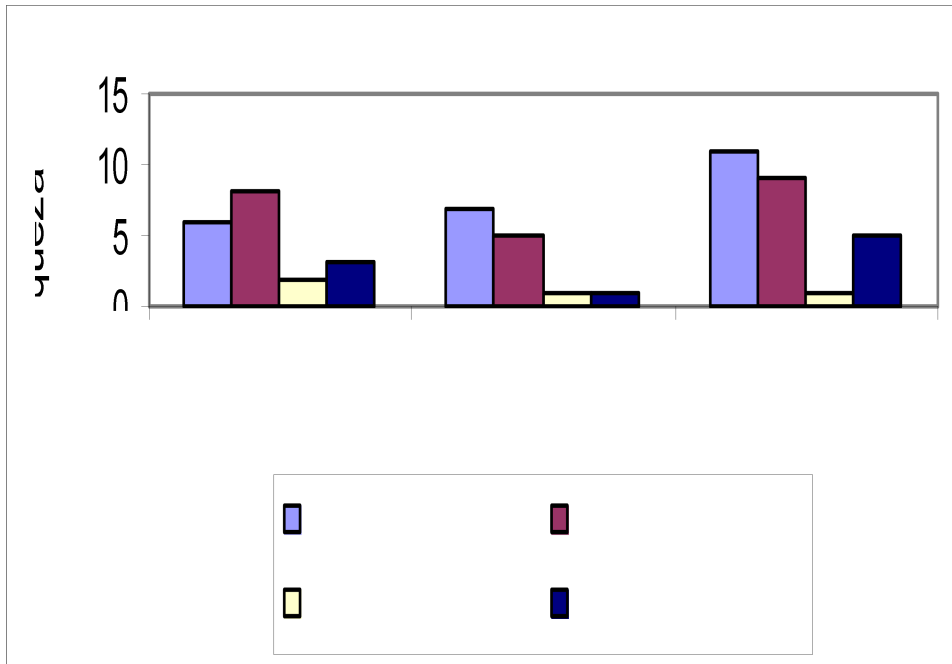


Figura 14: Aporte de cada División según la estación del año muestreada.

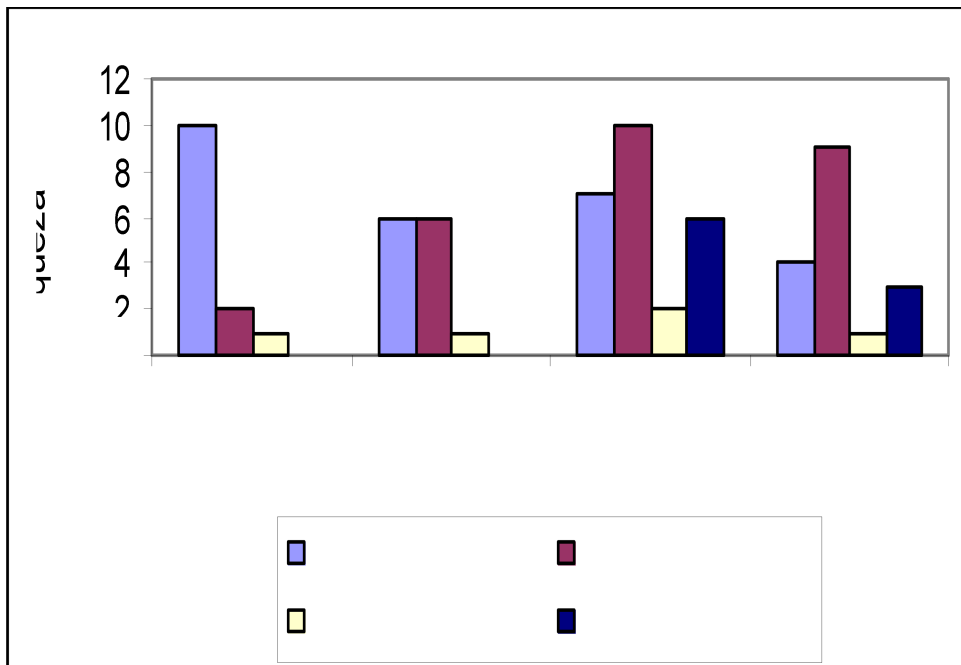


Figura 15: Aporte de cada División según los puntos de muestreos.

Tabla 9: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por estación en la Cámara de Pretratamiento.

Taxa	OTOÑO 2007	INVIERNO 2007	PRIMAVERA 2007	Frecuencia Relativa
DIVISION CYANOPHYTA				
1 <i>Phormidium</i> (Kützing)	X	X	X	100%
2 <i>Chroococcus</i> (Nägeli)		X		33%
3 <i>Merismopedia</i> sp.	X		X	67%
4 <i>Chamaesiphon</i> (Braun and Grunow)			X	33%
5 <i>Synechocystis</i> (Sauvageau)			X	33%
6 <i>Oscillatoria</i> (Vaucher)	X	X	X	100%
7 <i>Aphanothece</i> (Nägeli)			X	33%
8 <i>Microchaete</i> (Thuret)		X		33%
9 <i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)			X	33%
10 <i>Rhabdoglola</i> sp.			X	33%
DIVISION CHLOROPHYTA				
11 <i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X	X		67%
12 <i>Dictyochoris</i> sp.	X			33%
DIVISION D DIVISION EUGLENOPHYTA				
13 <i>Euglena</i> (Ehrenberg)			X	33%

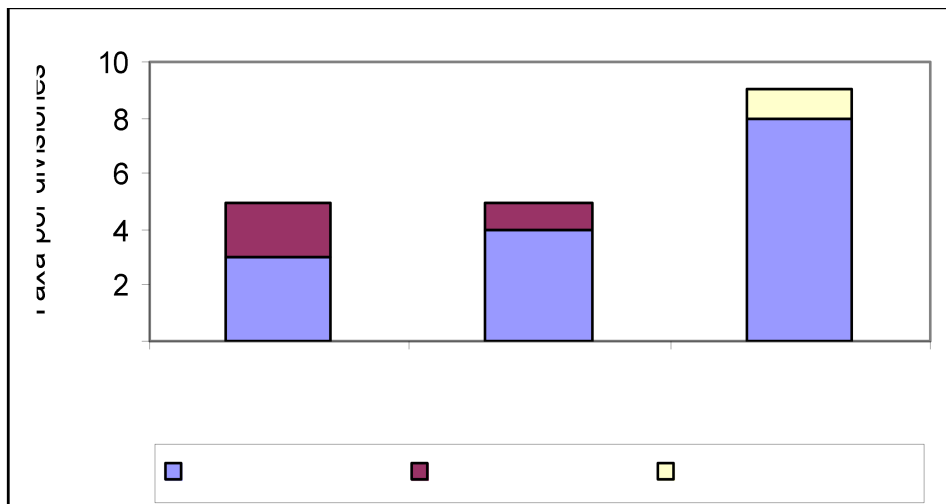


Figura 16: Variación de la distribución de taxa agrupados por división en la Cámara de Pretratamiento.

Tabla 10: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por estación en el filtro Fitoterrestre, Geomembrana de PVC.

Taxa	OTOÑO 2007	INVIERNO 2007	PRIMAVERA 2007	Frecuencia Relativa
DIVISION CYANOPHYTA				
1 <i>Phormidium</i> (Kützing)		X	X	67%
2 <i>Merismopedia</i> sp.			X	33%
3 <i>Oscillatoria</i> (Vaucher)			X	33%
4 <i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)	X	X	X	100%
5 <i>Pseudoanabaena</i> sp.		X	X	67%
6 <i>Spirulina</i> (Turpin)			X	33%
DIVISION CHLOROPHYTA				
7 <i>Monoraphidium</i> sp.		X		33%
8 <i>Schroederia</i> (Lemmermann)		X		33%
9 <i>Oedogonium</i> (Link)		X		33%
10 <i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)			X	33%
11 <i>Kirchneriella</i> (Schmidle)			X	33%
12 <i>Cosmarium</i> (Corda)			X	33%
DIVISION EUGLENOPHYTA				
13 <i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X	X	X	100%
DIVISION CHROMOPHYTA				
14 <i>Hantzchia</i> (Grunow)			X	33%
<i>Cymbella</i> (Agardh)			X	33%
15 <i>Navicula</i> (Bory)			X	33%
16 <i>Stauroneis</i> (Ehrenberg)			X	33%

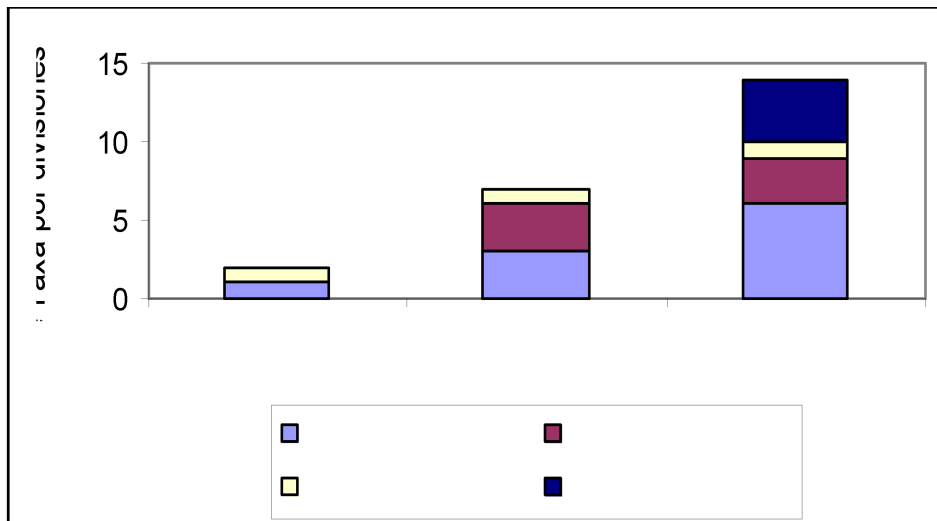


Figura 17: Variación de la distribución de taxa agrupados por división en el Filtro fitoterrestre.

Tabla 11: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por estación en el Centro del Humedal.

	Taxa	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	Frecuencia
		2007	2007	2007	Relativa
DIVISION CYANOPHYTA					
1	<i>Phormidium</i> (Kützing)		X	X	67%
2	<i>Merismopedia</i> sp.			X	33%
3	<i>Oscillatoria</i> (Vaucher)		X	X	67%
4	<i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)		X	X	67%
5	<i>Chroococcus</i> (Nägeli)	X	X	X	100%
6	<i>Nodularia</i> (Mertens)		X		33%
7	<i>Rhabdoglola</i> sp.			X	33%
DIVISION CHLOROPHYTA					
8	<i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X	X	X	100%
9	<i>Scenedesmus</i> (Meyen)	X			33%
10	<i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)	X		X	67%
11	<i>Golenkina</i> (Chodat)	X			33%
12	<i>Schroederia</i> (Lemmermann)		X		33%
13	<i>Oocytis</i> (Nägeli)		X		33%
14	<i>Monoraphidium</i> sp.		X	X	67%
15	<i>Chlorella</i> (Beijerinck)			X	33%
16	<i>Tetrastrum</i> (Chodat)			X	33%
17	<i>Kirchneriella</i> (Schmidle)			X	33%
DIVISION EUGLENOPHYTA					
18	<i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X		X	67%
19	<i>Phacus</i> (Dujardin)	X			33%
DIVISION CHROMOPHYTA					
20	<i>Characiopsis</i> (Borzi)	X			33%
21	<i>Gonphonema</i> (Agardh)		X		33%
22	<i>Melosira</i> (Agardh)			X	33%

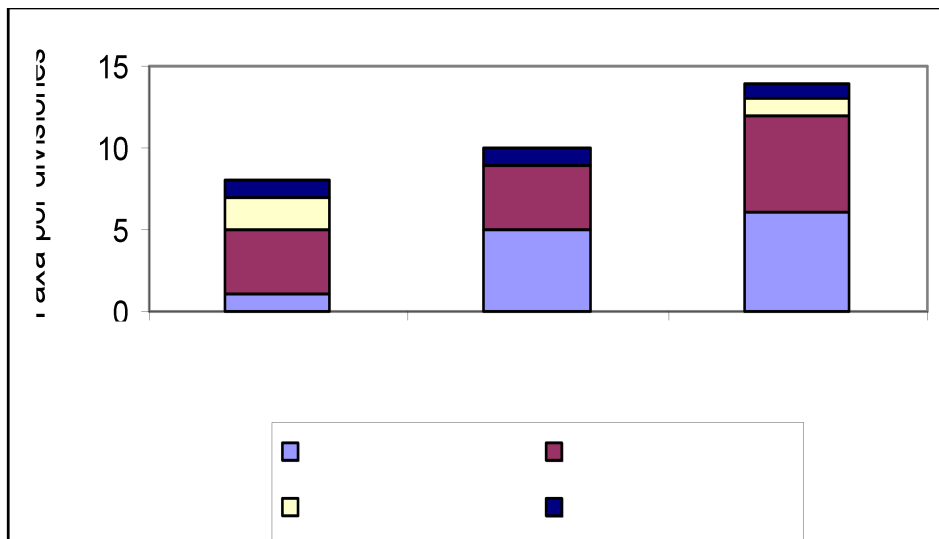


Figura 18: Variación de la distribución de taxa agrupados por división en el Centro del Humedal.

Tabla 12: Riqueza y Frecuencia Relativa (%) de las Divisiones algales por estación en la Orilla del Humedal.

Taxa	OTOÑO 2007	INVIERNO 2007	PRIMAVERA 2007	Frecuencia Relativa
DIVISION CYANOPHYTA				
1 <i>Phormidium</i> (Kützing)		X		33%
2 <i>Cyanobacterium</i> (Sauvageau)		X		33%
3 <i>Chroococcus</i> (Nägeli)	X			33%
4 <i>Spirulina</i> (Turpin)	X			33%
DIVISION CHLOROPHYTA				
5 <i>Scenedesmus</i> (Meyen)	X			33%
6 <i>Dictyosphaerium</i> (Nägeli)	X			33%
7 <i>Chlamydomona</i> (Ehrenberg)	X	X		67%
8 <i>Tetraëdrom</i> (Kützing)	X			33%
9 <i>Monoraphidium</i> sp.	X			33%
10 <i>Chodatella</i> (Lemmermann)	X			33%
11 <i>Schroederia</i> (Lemmermann)	X			33%
12 <i>Closteriopsis</i> (Lemmermann)			X	33%
13 <i>Actinastrum</i> (Lagerheim)			X	33%
DIVISION EUGLENOPHYTA				
15 <i>Euglena</i> (Ehrenberg)	X		X	67%
DIVISION CHROMOPHYTA				
16 <i>Gonphonema</i> (Agardh)	X	X		67%
17 <i>Nitzschia</i> (Hassall)	X			33%

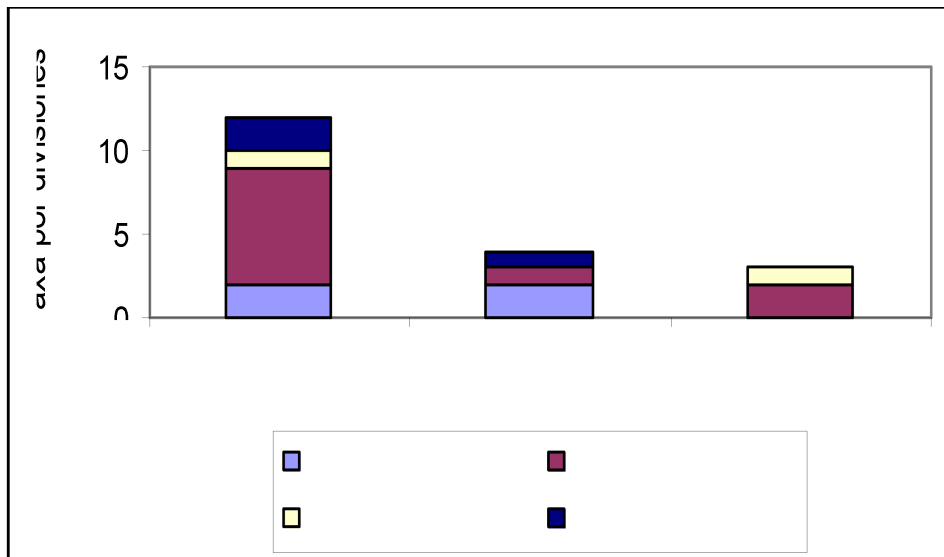


Figura 19: Variación de la distribución de taxa agrupados por división en la Orilla del Humedal.