



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

“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTROS FITOTERRESTRES EN
CUATRO LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA”.

Autor: Maria Julia VEINTICINCO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2008

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniera 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 Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, sito en Uruguay N° 151, Santa Rosa La Pampa; durante el período comprendido entre el 17 de Mayo del 2007 y el 7 de Mayo de 2008, bajo la dirección del Dr. Eduardo E, Mariño.

Fecha: 7 de Mayo de 2008

Firma

Departamento Académico: Ciencias Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director de Tesina, Dr. Eduardo Mariño, quien me apoyó en este proyecto.

Al jurado.

A la Lic. Gabriela Dalmaso, que me ayudó a realizar las muestras en las plantas de tratamiento.

A la Ing. Alicia Mayor de la Municipalidad de Eduardo Castex y al Arq. Jorge Beresiarte de la Municipalidad de Uriburu, por haberme facilitado las visitas y el acceso a la información expuesta en este trabajo.

A la Lic. Mónica Holgado, que realizó los análisis químicos de las muestras.

A mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar y hacer lo que me gusta. A mi hermana por bancarme en todo. A Damian, por ayudarme en este trabajo y sobretodo aguantarme.

A mis amigos de siempre y a mis compañeros, por hacer el paso por la facultad una experiencia inolvidable.

RESUMEN

Uno de los mayores desafíos ambientales para cualquier localidad es el manejo de los efluentes domiciliarios. La ejecución de un sistema de tratamiento que permita realizar una gestión adecuada de los mismos, se dificulta para poblaciones pequeñas si no cuentan con una asistencia financiera especial.

Una de las posibles soluciones a esta problemática es la utilización de métodos naturales de depuración, en los cuales se eliminan las sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales con los propios componentes del medio natural. Debido a su factibilidad técnica, económica, social y ambiental, las localidades de Eduardo Castex y Uriburu han adoptado la utilización de Filtros Fitoterrestres o “Carrizales”. Determinar la eficiencia de los mismos es de interés para los municipios que han adoptado esta tecnología, a los efectos de poder mejorarla, y también para aquellos que aún no la han hecho, los cuales dispondrán de mayor información para decidir su implementación.

En el presente trabajo se evaluó la eficiencia de los carrizales ubicados en las localidades mencionadas, a través de parámetros que permitan determinar la remoción de la carga contaminante de los efluentes domiciliarios. La mayor remoción de DBO_5 y de DQO en Eduardo Castex se obtuvo en el mes de Junio, siendo las mismas de 85.82% y 83.71% respectivamente. En Uriburu, el mayor abatimiento de DBO_5 fue de 71.71%, en el mes de Septiembre, y la mayor remoción de DQO fue del 49.18%, en el mes de Abril.

Si bien estos valores se consideran significativos y comparables con otras técnicas similares, también se registraron otros sensiblemente menores. Esta variabilidad requiere un monitoreo constante, para determinar el funcionamiento del sistema e introducir los ajustes necesarios para su mejor desempeño.

ABSTRACT

One of the biggest environmental challenges for any town is the handling of the domiciliary effluents. The execution of a treatment system that allows to carry out an appropriate administration of the same ones, is hindered for small populations but it has a special financial attendance.

One of the possible solutions to this problem, is the use of natural methods of purification, in which the present polluting substances are eliminated in the residual waters with the own components of the natural environment. Due to their technical, economic, social and environmental feasibility, Eduardo Castex and Uriburu town, they have adopted fitoterrestrial filters or “Carrizales.”

To determine the efficiency of the same ones, it is of interest for the municipalities that have adopted this technology, to the effects of being able to improve it; and also for those that have not still adopted it, which will have bigger information to decide their implementation.

Presently work, the efficiency of the carrizales was evaluated located in the mentioned towns, through parameters that allow to determine the removal of the polluting load of the domiciliary effluents. The biggest removal in DBO₅ and of DQO in Eduardo Castex, was obtained in June, being respectively the same of 85.82% and 83.71%. In Uriburu, the biggest depressions were 71.71%, for DBO₅ in September, and 24.5%, for DQO in April.

The values are considered significatives but other values lower than those were obtained too. This variability requires a continuous monitoring to determine necessary adjustment to improve the systems.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE	6
1. INTRODUCCION	7
1.1. Fundamentación del tema	7
1.2. Planteo del problema y objetivo.....	11
1.3. Características de los sitios de estudio.....	11
1.4. Antecedentes.....	13
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Descripción de las plantas de tratamiento de efluentes domiciliarios.....	15
2.1.1. Planta de tratamiento “Ranquilao” de Eduardo Castex.....	15
2.1.2. Planta de tratamiento de la localidad de Uriburu.....	17
2.2. Toma de muestras y técnicas analíticas.....	19
2.3. Tratamiento de datos.....	20
3. RESULTADOS	21
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXOS.....	31

1. INTRODUCCION

1.1. Fundamentación del tema

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; Instituto Geológico y Minero de España, 1995).

En muchas localidades de países en vías de desarrollo, especialmente aquellas donde la cantidad de habitantes es pequeña, los métodos convencionales para el tratamiento del agua son impracticables debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. Por esto surge la necesidad de encontrar diferentes tecnologías y procesos para depurar el agua que insuman un bajo costo y permitan eventualmente reutilizarla u obtener algún subproducto (Pozzi, 2004; Muñoz Ratto, 1999).

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

Bajo la denominación de sistema natural de depuración se engloban a aquellos procedimientos o técnicas en los cuales la eliminación de sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas se produce por componentes del medio natural, no empleándose en el proceso ningún tipo de aditivo químico. Se diferencian dos grandes grupos: los métodos de tratamiento mediante aplicación del agua sobre el terreno y los sistemas acuáticos (Moreno Merino et al., 2003). En todos ellos, el efecto depurador se debe a la acción combinada de la vegetación, del suelo y de los microorganismos presentes en ambos y, en menor medida, a la acción de las plantas y animales superiores (Rodríguez Perez de Agreda et al., 2003).

Hasta la década de 1950, la principal finalidad de estos métodos era la eliminación de efluentes, mediante un sistema barato y técnicamente simple. Posteriormente, se comenzó a aplicar esta técnica como sistema alternativo de depuración e incluso como mecanismo eficaz de regulación de los recursos hídricos en zonas deficitarias. Estos métodos se han puesto de

actualidad con la aparición y divulgación del concepto de “vertido de contaminación cero o vertido cero” (Moreno Merino et al., 2003).

Los procesos naturales para la depuración de aguas residuales, en general, se caracterizan por su escasa necesidad de personal, consumo energético reducido y baja producción de fangos (Moreno Merino et al., 2003). Uno de los factores limitantes es la superficie de terreno disponible, lo que restringe su aplicación a pequeños centros urbanos. Otro factor a considerar es el tipo de vertidos, los que deberían ser totalmente degradables. En caso que no lo sean deberán tratarse previamente a fin de eliminar sustancias o restos tóxicos en el suelo o en el agua.

En los métodos de tratamiento en el terreno, la depuración es a través de procesos físicos, químicos y biológicos naturales que se desarrollan en un sistema planta- suelo- agua. Entre ellos se encuentran los siguientes: filtro verde; infiltración rápida; escorrentía superficial; lechos de turba y lechos de arena.

Existen otros métodos denominados acuáticos (dentro los cuales se podrían incluir los Filtros Fitoterrestres) que se basan en la creación de un flujo de agua residual, en el que principalmente microorganismos y plantas transforman los contaminantes (Moreno Merino et al., 2003; Instituto Geológico y Minero de España, 1995). Los mismos incluyen tres tipos: lagunaje, humedales y cultivos acuáticos.

El lagunaje se puede aplicar a núcleos de población superiores a 200 habitantes, siempre que se disponga de una superficie de terreno de al menos $6,5 \text{ m}^2/\text{habitantes}$.

La depuración por lagunaje de aguas residuales consiste en el almacenamiento de éstas durante un tiempo variable en función de la carga aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica resulte degradada mediante la actividad de los microorganismos presentes en el medio acuático. El proceso de depuración tiene lugar por reacciones biológicas, químicas y físicas, que ocurren en las lagunas y tienden a estabilizar el agua residual. Los fenómenos que se producen tienen relación con la sedimentación, oxidación, fotosíntesis, digestión, aireación y evaporación. En función de los tipos de microorganismos que dependen, a su vez, de la presencia de oxígeno disuelto, las lagunas se clasifican en anaerobias, facultativas y aerobias o de maduración.

Los sistemas de lagunaje tienen sus ventajas e inconvenientes. Entre las primeras podríamos citar las siguientes:

- Alcanzan altos rendimientos en la disminución DBO_5 , sólidos en suspensión, nutrientes y patógenos.

- Permiten regular y almacenar agua que por sus características es apta para el riego de ciertas especies.
- Requieren una retirada de fangos sólo cada 5-10 años, dependiendo de las características del agua residual.

Y entre los inconvenientes se destaca que:

- Necesitan superficies de aplicación relativamente extensas.
- Producen elevadas pérdidas de agua por evaporación.
- Pueden favorecer una elevada concentración de algas.
- Son de difícil adaptación a los cambios climáticos.

Los humedales son terrenos con plantas emergentes, inundados con profundidades de agua normalmente inferiores a 0,6 m. En estos sistemas el agua fluye continuamente y la superficie libre permanece al nivel del suelo o por encima del mismo, manteniéndolo en estado de saturación durante un largo período en el año.

La vegetación presente en estos sistemas proporciona superficies adecuadas para formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la absorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Para el tratamiento del agua residual se han empleado terrenos pantanosos naturales y artificiales, aunque el uso de los primeros, al formar parte del sistema de escorrentía superficial de la zona, está limitado al tratamiento adicional de efluentes de tratamientos secundarios o avanzados.

Los cultivos acuáticos, o sistemas de plantas acuáticas flotantes, son básicamente una variante de los humedales artificiales donde se introduce un cultivo de plantas flotantes, como jacintos de agua o lentejas de agua, cuya finalidad principal es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces.

Las profundidades de agua suelen ser mayores que en los sistemas de humedales, ya que varían entre 0,5 y 1,8 m. Para aumentar la capacidad de tratamiento y asegurar el mantenimiento de las condiciones aerobias necesarias para el control biológico de mosquitos, se han empleado sistemas complementarios de aireación.

La carga hidráulica anual y las necesidades específicas de superficie de los sistemas de plantas flotantes son similares a las de los sistemas de humedales. El clima es un factor limitativo en su rendimiento, ya que las plantas sólo crecen a determinadas temperaturas.

Este sistema suele utilizarse como sistema complementario a otra cadena de procesos, empleándose generalmente como tratamiento terciario. En operaciones bien controladas,

donde las plantas se cosechan periódicamente, se pueden alcanzar rendimientos altos en la depuración. La carga orgánica admitida por estos procesos es del orden de 30 a 50 kg/ha/día, lo que para aguas de moderada carga contaminante ($DBO_5 < 240$ mg/l), significa una carga hidráulica del orden de 6 m/año

En la República Argentina, en la mayoría de las localidades donde no existe red cloacal, los efluentes son depositados en lagunas cercanas, bajos o depresiones naturales. Esto conlleva el deterioro paulatino de los ecosistemas urbanos y naturales debido a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, ocasionada por el vertido de efluentes crudos. A su vez, esto puede relacionarse con la aparición de distintas enfermedades (hepatitis, gastroenteritis, cólera, giardiasis, leptospirosis, etc.) y facilitar también la proliferación de insectos como moscas y mosquitos, considerados vectores de otras enfermedades infecciosas, como dengue, fiebre amarilla, etc. (Mayor et al., 2005)

Una de las posibles soluciones a esta problemática, es la utilización de Filtros Fitoterrestres (FFT), también llamados “Carrizales”, que constituyen una alternativa concreta por su factibilidad técnica, económica, social y ambiental. Mediante esta tecnología, los efluentes son sometidos a un tratamiento previo mediante el cual el líquido resultante se puede utilizar para riego de forestación o pasturas (Metcalf & Hedi Inc., 1991; Ingallinella et al., 2001).

El funcionamiento de un Filtro Fitoterrestre 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 (láminas 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 proveen oxígeno a la zona radicular. En una matriz de suelo, que posee gran cantidad de agua, se forman localmente

(alrededor de las raíces) pequeñas áreas con ordenamiento “en mosaico”, constituidas por compartimentos con mayor o menor cantidad de oxígeno, las que conducen al desarrollo de poblaciones de bacterias aerobias o anaerobias (Schiller, 2000).

La densidad bacteriana en el entorno inmediato a las raíces es de entre 10^9 y 10^{11} individuos/gramo de suelo. Esta densidad de organismos se corresponde con la existente, por ejemplo, en piletas con lodos activados, lo que implica un potencial purificador similar. En la comparación de ambos tratamientos, la principal diferencia radica en un mayor espectro de especies, derivado de la estructura compleja del horizonte radicular activo.

El potencial depurador de un suelo activo radica en el horizonte invadido por raíces. Para aprovecharlo, el agua residual se hace circular por el sustrato ocupado radicularmente por plantas acuáticas emergentes. De esta manera se produce la desintegración de las sustancias de carga, debido a que en el suelo se desarrollan acoplamientos entre procesos químicos y bioquímicos en los compartimentos activados y no activados (Schiller, 2000).

1.2. Planteo del problema y objetivos

El tratamiento de efluentes domésticos mediante filtros fitoterrestres o “carrizales” se implementó en varios municipios de la provincia de La Pampa. Uno de los pioneros fue el de Eduardo Castex, que cuenta con una planta de tratamiento que funciona desde 2004. Actualmente, otras localidades con similares características incorporaron esta tecnología.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el funcionamiento de los carrizales mediante un conjunto de parámetros indicativos de la calidad del líquido tratado. La determinación de la eficiencia de esta tecnología es de interés para los municipios que la adoptaron, a fin de poder mejorarla; y también para aquellos que proyectan hacerlo, los cuales dispondrán de mayor información para decidir su implementación.

Inicialmente, se previó analizar los FFT de las localidades de Catriló, Eduardo Castex, Uriburu y Colonia 25 de Mayo. Sin embargo, la Planta de Tratamiento de Catriló actualmente no se encuentra en funcionamiento y la de Colonia 25 de Mayo opera como un humedal natural (una laguna donde se depositan los efluentes), lo que no permite su comparación con los otros sistemas de tratamiento. En consecuencia, los resultados presentes en esta Tesina, se refieren sólo a las dos localidades restantes.

1.3. Características de los sitios de estudio

La ciudad de Eduardo Castex se encuentra 80 km al norte de Santa Rosa (ciudad capital de la provincia de La Pampa) y es la cabecera del departamento Conhelo (Figura 1).

Según datos del INDEC (Censo 2001) cuenta con una población de 9.347 habitantes.

La localidad de Uriburu se encuentra a unos 30 km al este de Santa Rosa y pertenece al departamento Catriló (Figura 1). Según datos del INDEC (Censo 2001) cuenta con una población de 1.256 habitantes.

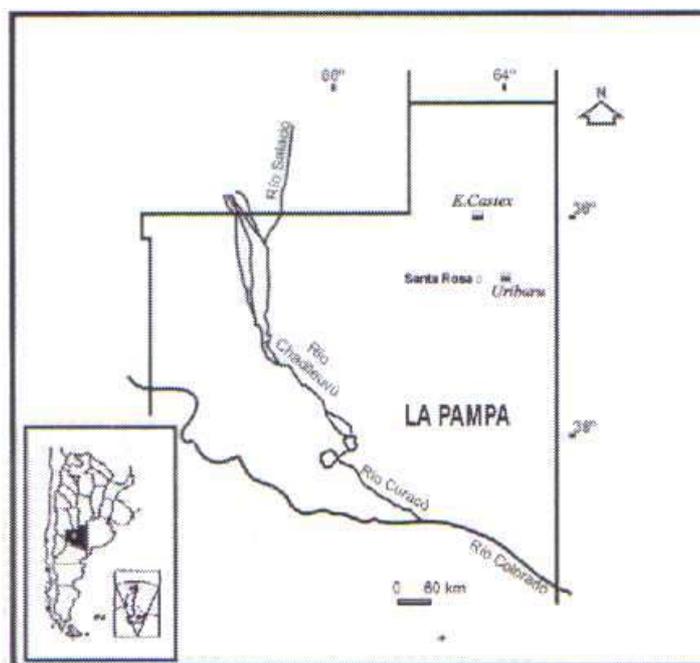


Figura 1. Ubicación de las localidades.

De acuerdo con el Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (Cano et al., 2004), ambas localidades se ubican en la subregión de las planicies con tosca, que forma parte de la Región Fisiográfica Oriental.

El clima que caracteriza a la Región Oriental es subhúmedo seco. La precipitación media anual, para el período 1921-2007, es de 677 mm (Eduardo Castex) y 675 mm (Uriburu). El mes más lluvioso es Marzo, para ambas localidades, y los más secos fueron Mayo y Julio (Eduardo Castex) y Julio (Uriburu). El régimen de temperatura varía entre uno y otro extremo del área abarcada por esta subregión. La parte septentrional posee un invierno más benigno, con una temperatura media del mes más frío algo superior a los 8 °C, aunque las marcas mínimas pueden llegar a valores muy bajos (-13,6 °C). La temperatura media del mes más cálido es de alrededor de 25 °C. Los vientos tienen un comportamiento similar al de toda la provincia, con predominancia en las direcciones N-NE y S-SW.

La evapotranspiración potencial (ETP) promedio se calculó por el método de Thornthwaite en base a datos de temperatura correspondientes al campo anexo del INTA en General Pico (G. Casagrande, com. escrita) y fue de 844,3 mm, para el período 1997-2001. La

evapotranspiración real (ETR) obtenida mediante la resolución del balance de agua en el suelo (Giambelli, 2008) fue de 617,1 mm (Tabla 1, Anexo I).

En la figura 2 se muestra la distribución de la lluvia y de la ETP promedio, para la localidad de General Pico, en el período 1997-2001. Se puede observar que en los meses de Enero, Febrero, Julio, Agosto y Diciembre, la ETP promedio supera a la precipitación. En cambio en los meses restantes, la situación fue contraria.

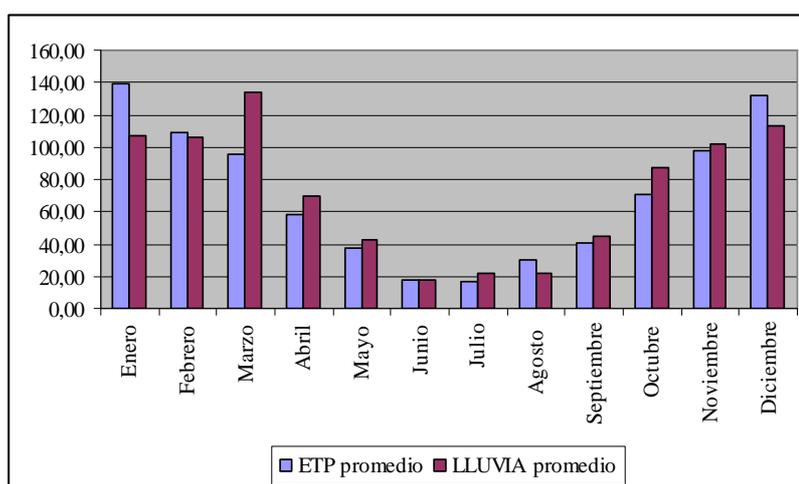


Figura 2. ETP promedio y lluvia promedio para General Pico.

La región Oriental se caracteriza geomorfológicamente por la presencia de una costra calcárea sobre la que se depositó una capa arenosa eólica 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.

La vegetación ha sido modificada por el hombre para realizar diferentes actividades, tanto agrícolas como ganaderas. Los cultivos ocupan aproximadamente el 95% de la superficie; mientras que la vegetación natural de comunidades halófilas y sammófilas cubre el resto.

1.4. Antecedentes

En la provincia de La Pampa cabe mencionar tres antecedentes vinculados a la temática de este trabajo. En uno de ellos se detallan las características de la planta de tratamiento de la localidad de Eduardo Castex (Mayor et al., 2005); en otro se describe también el FFT de Uriburu (Sbrocco et al., 2005) y por último, Muñoz et al. (2007) realizan un trabajo acerca de la eficiencia los sistemas de tratamiento de varias localidades.

En Argentina, el tema aún no tiene amplia difusión, aunque cabe mencionar que en Bariloche (Laos et al., 2000) y Esquel se están llevando a cabo diferentes trabajos sobre la instalación plantas de compostaje de biosólidos para su posterior reutilización en agricultura.

En el plano internacional, la utilización de Filtros Fitoterrestres como medio para depurar el agua, ha avanzado en países como Estados Unidos y España. Muchos de los trabajos realizados en este último país se encargan de desarrollar distintas metodologías para depurar los efluentes domiciliarios. En Estados Unidos, además de investigar sobre este tema, se están desarrollando aquellas metodologías que puedan llegar a depurar el agua proveniente de industrias. Entre otros, cabe mencionar los trabajos de Allen et al. (2002), Greenway y Woolley (1999) y USEPA (1993 y 2002). Este último es uno de los organismos que más se ocupa del desarrollo de estas experiencias.

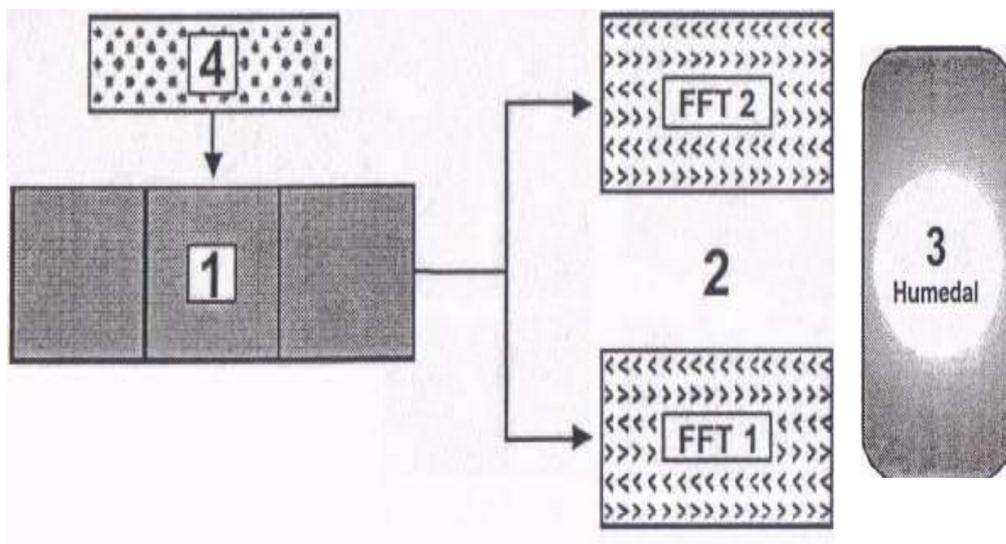
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de las plantas de tratamiento de efluentes domiciliarios

2.1.1 Planta de tratamiento “Ranquilao” de Eduardo Castex

En el año 2004 se inauguró la planta destinada al tratamiento de efluentes domiciliarios, descargados por camiones atmosféricos. De acuerdo a la información brindada por la responsable del Área de Medio Ambiente de la Municipalidad de Eduardo Castex (A. Mayor, com. verbal), el promedio diario de camiones que realizan la descarga de efluentes es de 6 a 20, durante 6 días de la semana. La mayoría de los camiones posee una capacidad de 7000 litros.

La planta está ubicada al sur de la localidad, aproximadamente a 1.100 metros de la zona urbana y comprende una superficie de 720 m² (120x60 metros). Su diseño consiste en una cámara de pre-tratamiento o sedimentación, dos FTT (“carrizales”) y un humedal (Figura 3).



1- Cámara de Pre-Tratamiento.

3- Humedal.

2- Carrizal o Filtro Fitoterrestre.

4- Playa de secado de barros.

Figura 3. Esquema de la Planta de Tratamiento de Efluentes Domiciliarios

A fin de evitar la dispersión de olores propios de este sistema, se forestó el predio ocupado por la obra utilizando especies arbóreas y arbustivas. Dentro de las primeras se optó

por álamos (*Populus nigra*), eucaliptos (*Eucalipto camaldulensis*), pinos (*Pinus silvestres*) y cipreses (*Cupressus sempervirens* var. *Horizontale*) y dentro de las segundas, ligustro (*Ligustrum japonico*). Las dos primeras especies fueron seleccionadas por su capacidad para profundizar el nivel freático debido a que requieren gran cantidad de agua para su metabolismo. El diseño empleado para la forestación perimetral permite la formación de tres estratos compactos y de diferentes alturas que actúan a modo de chimenea e impiden que los olores se dispersen en forma horizontal.

La cámara de pre-tratamiento o sedimentación es una estructura de hormigón armado, de 30.10 metros de largo por 5.60 metros de ancho y una profundidad de 1.20 metros (Figura 4, Anexo II). Está dividida en 3 secciones iguales y puede recibir un volumen de efluentes correspondiente a 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 (Figura 5 a 8; Anexo II). 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 degradan, con mayor facilidad y rapidez, los compuestos orgánicos complejos propios de los efluentes.

El líquido que egresa de la cámara se desplaza hacia los dos FFT de dimensiones y características diferentes. El primero, construido de hormigón armado, posee una superficie de 301.8 m² (15.40 x 19.60 metros) y una profundidad de 0.70 metros (Figura 9, Anexo II). El estrato de este filtro está constituido por materiales de diferentes composiciones y tamaño, donde se implantaron tres especies: carrizo (*Phragmites australis*) (Figura 10 y 11, Anexo II), recomendada por su tolerancia a distintas condiciones climáticas y rapidez de crecimiento; Yerba del platero (*Equisetum giganteum*) y junco (*Scirpus californicus*). El segundo carrizal posee un área de 432 m² (18 x 24 metros) y, a diferencia del anterior, se impermeabilizó con geomembrana de PVC de 800 µm de grosor. Si bien el sustrato es el mismo, el material se dispuso en capas de distinto espesor, a fin de generar diferentes flujos dentro del filtro. Además, se construyeron pequeños camellones para evitar la aparición de surcos dentro del carrizal, ya que a poco de comenzar a funcionar el primero de ellos, se formaron surcos de diversos tamaños, donde los líquidos circulaban a gran velocidad sin entrar en contacto con el suelo activado.

El agua resultante de los FFT se deriva por gravedad a un humedal de 20 por 40 metros y aproximadamente 0.60 metros de profundidad (Figura 12, Anexo II). En los bordes del mismo se implantaron lemnáceas y juncáceas junto con totora (*Typha latifolia*) y

cortadera (*Coertadeira selloana*) para que extraigan parte de los nutrientes que aún se encuentran en el agua. Los líquidos que no se pierdan por evapotranspiración y/o infiltración serán utilizados, una vez lograda la calidad adecuada, para el riego de especies que no ingresen en la cadena alimentaria, para lo que se prevé la implantación de especies forestales rodeando el predio donde se realiza el tratamiento integral de residuos de la localidad.

En la base de cada cámara se depositan barros orgánicos que deben ser extraídos periódicamente y, debido a su potencial contaminante, es necesario realizar algún tratamiento previo a su utilización o disposición final. Para esto se planificó la construcción de una playa de secado de 22 metros de largo por 15.60 metros de ancho. El lecho está conformado por arena y grava en forma estratificada, posee dos dispositivos de venteo (para favorecer la eliminación de los gases) y se impermeabilizó con la misma geomembrana utilizada en el FFT 2. La playa de secado posee una pequeña pendiente a fin de facilitar el drenaje y la recolección de los líquidos, que descargan en la segunda sección de la pileta de decantación, reingresando de esta manera al sistema.

Una vez extraídos los barros, deben neutralizarse con cal a fin de disminuir los olores que se generan durante el proceso de secado. Para facilitar y acelerar el tiempo de secado, la extracción de los barros debe realizarse en los meses de mayor temperatura. Concluida con esta etapa se optará por una de las siguientes alternativas:

-Producción de compost: será necesario incorporar material vegetal, residuos de poda o aserrín para mejorar la aireación, secado y descomposición de los barros o biosólidos. Posteriormente el material deberá pasarse por un tamiz a fin de separar la parte más gruesa, que aún no ha concluido el proceso de descomposición. El material restante se puede utilizar para la mejora de suelos.

-Acondicionador de suelos: se deberá incorporar cal manteniendo un pH=12 por un mínimo de 2 horas. A través de este proceso se asegura la eliminación de estreptococos fecales, el secado del material y la eliminación de los olores propios de estos residuos.

-Disposición final: se trata de depositar los barros, previo proceso de secado, en un relleno sanitario controlado junto a otros residuos que no puedan ser reciclados o reutilizados. En este caso se deberán prever medidas de seguridad para el transporte.

2.1.2. Planta de tratamiento de la localidad de Uriburu

La planta depuradora tiene por objeto sanear los efluentes domiciliarios de la localidad, provenientes de pozos ciegos, que llegan a la misma a través de camiones

atmosféricos. Mediante este proceso se busca que el efluente quede en condiciones sanitarias adecuadas.

El sistema está compuesto por una fosa decantadora anaeróbica, dos filtros fitoterrestres y un humedal (Figura 13).

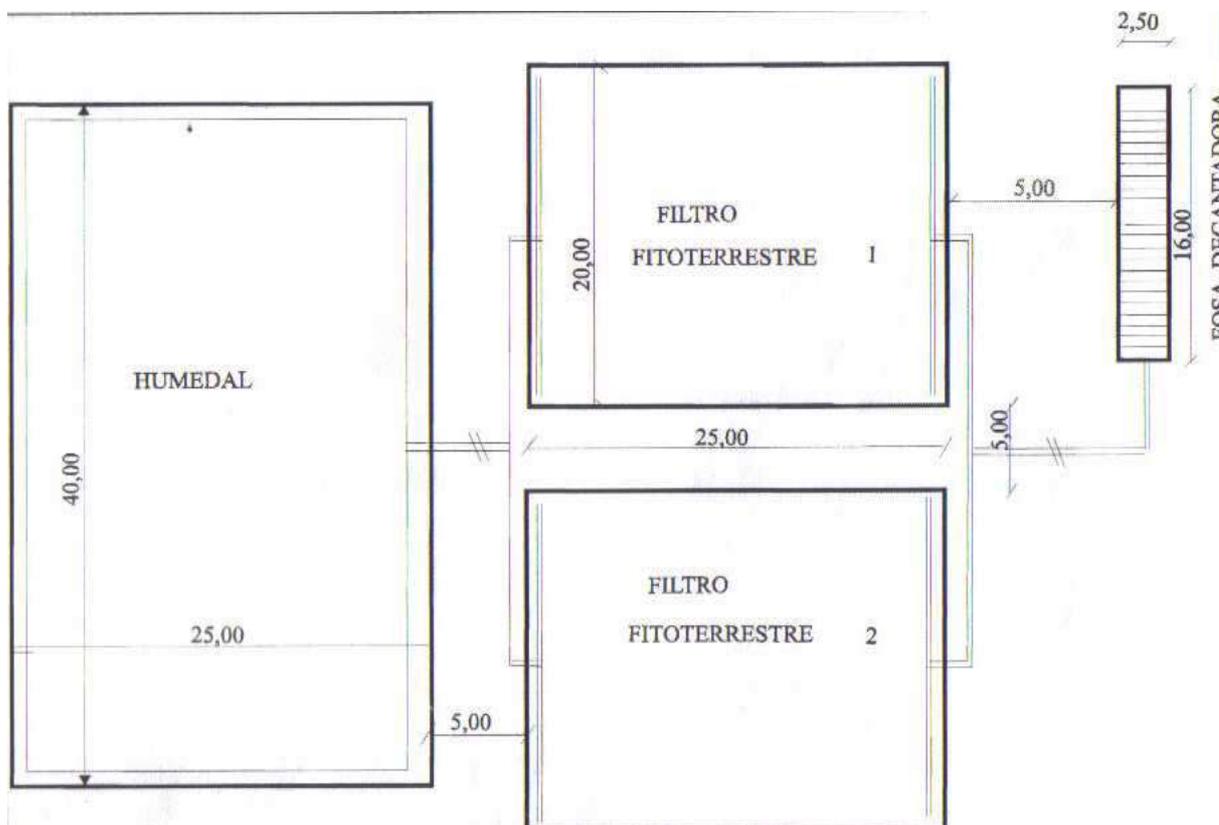


Fig. 13 Esquema de la planta depuradora de Uriburu

La fosa decantadora anaeróbica, que tiene por finalidad decantar los sedimentos, homogeneizar los efluentes y realizar la primera depuración, se construyó de 16 metros de largo por 2.50 metros de ancho y 1 metro de profundidad. El piso es suelo cemento, de 15 centímetros de espesor, recubierto con plástico de 250 micrones de grosor (Figura 14, Anexo II). Las paredes están constituidas por placas de hormigón armado premoldeado y en un extremo, donde el líquido ingresa en forma suave, tiene piso de concreto. La fosa está dividida a un tercio para mejorar el flujo y evitar interrumpir el funcionamiento de la planta durante la limpieza de la misma.

Los dos filtros fitoterrestres, que realizan el grueso de la depuración, están dispuestos en paralelo y sus dimensiones son 25 metros de largo por 20 metros de ancho. El piso tiene una impermeabilización con suelo a la cal y las paredes son de placas de hormigón armado y premoldeado de 0,70 metros de altura. El filtro está compuesto de abajo hacia arriba por una capa de 10 centímetros de piedra 30/60, 5 centímetros de pedregullo 5/10, 5 centímetros de

arena gruesa y 30 centímetros de arena fina que sirve de soporte a las plantas semiacuáticas. Periódicamente se realizan tareas de limpieza de malezas que invaden el carrizal (Figura 15, 16; Anexo II). El efluente ingresa a través de un caño de 160 milímetros de diámetro, rodeado de piedra 30/60, colocado en el frente del filtro, lo que asegura una distribución homogénea.

Finalmente, el efluente pasa a un humedal de 40 metros de largo por 25 metros de ancho y 0,40 metros de profundidad, cuyos bordes son terraplenes de tierra compactada (Figura 17). En él se sembraron especies acuáticas a fin de completar la depuración y estabilización de la materia orgánica. En caso que en algún momento existan efluentes en esta etapa final, los mismos se vierten a un canal próximo al predio. Esta situación aún no se verificó porque los volúmenes de líquidos que llegan a la planta, un promedio de 8 a 10 camiones por semana, son pequeños en relación a las dimensiones de la misma (Figura 18, y 19, Anexo II).

2.2.-Toma de muestras y técnicas analíticas

Para llevar a cabo este trabajo se realizó un muestreo en la localidad de Eduardo Castex, en el mes de Octubre de 2007. Además, se contó con la información cedida por las municipalidades de Eduardo Castex y Uriburu consistente en análisis físico-químicos realizados por APA (Administración Provincial del Agua) sobre 3 muestras del efluente, correspondientes, en la mayoría de los casos, a la pileta decantadora (M1), la salida del Filtro Fitoterrestre (M2) y el humedal (M3). El muestreo se realizó en las fechas que se consignan en las tablas 17 y 19.

En el caso de las muestras tomadas por la autora de este trabajo, las mismas se envasaron en botellas de plástico de 5 litros y fueron enviadas al laboratorio donde se determinó DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días) y Nitrógeno, por técnicas convencionales (APHA-AWWA-WPCF, 1989). Los parámetros pH, conductividad eléctrica y temperatura se determinaron *in situ*.

Las técnicas analíticas utilizadas fueron:

***pH:** su determinación se realizó con un phmetro ISE Portátil Digital, marca ORION, modelo 250A. El mismo se calibra potenciométricamente con un electrodo indicador usando un electrodo estándar y un electrodo de referencia.

***Conductividad eléctrica:** puede determinarse en forma sencilla, mediante una celda de conductividad y un puente de Wheastone común, refiriendo el sistema a una misma temperatura y a una solución de conductividad conocida.

***DBO₅**: la determinación de DBO₅ se realiza mediante un método manométrico. La muestra de agua residual se coloca dentro de una botella de color ámbar, con suficiente cantidad de aire en su parte superior, que se conecta a un manómetro. Las bacterias usan el oxígeno disuelto que es reemplazado por el oxígeno del aire encerrado con la muestra. Esto reduce la presión dentro de la botella, lo que es registrado por el manómetro y puede leerse directamente como mg/l de DBO en la escala del medidor. El CO₂ producido por la oxidación es absorbido por cristales de LiOH que se colocan en una tapa selladora.

***DQO**: la cantidad de materiales orgánicos oxidables y otras sustancias que consumen oxígeno es determinada a través de un fuerte oxidante, como el dicromato de potasio. Luego de producida la oxidación, la cantidad proporcional de oxígeno es medida espectrofotométricamente.

*** Nitrógeno total**: el método empleado para su determinación es colorimétrico. Se realiza una digestión en medio alcalino con persulfato de sodio para convertir todas las formas de nitrógeno en nitrato y, luego de la digestión, se agrega metabisulfito de sodio para eliminar interferencias. Posteriormente el nitrato reacciona con ácido cromotrópico en condiciones fuertemente ácidas para formar un complejo de color amarillo que tiene absorbancia máxima a 410 nm.

2.3.-Tratamiento de los datos

Las variables seleccionadas para establecer el funcionamiento de los sistemas fueron la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO). La DBO₅ es un parámetro que sirve para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas de desechos, aguas contaminadas y de efluentes, como los que ingresan a este tipo de sistemas. Además, se usa como una medida aproximada de la materia orgánica bioquímicamente degradable en una muestra. La DQO es una variable utilizada para estimar la cantidad de materia orgánica oxidable en aguas residuales.

Los datos disponibles se utilizaron para calcular la remoción de DQO y de DBO₅ de la carga contaminante en cada uno de los carrizales una vez finalizado el tratamiento. También se pudo determinar la remoción de Nitrógeno, en una de las muestras realizadas en Eduardo Castex, correspondiente al mes de Octubre.

En todos los casos se aplicó el indicador de remoción que se expresa a continuación (Mayor et al., 2005):

$$\% \text{ Remoción} = [(C_{\text{afluente}} - C_{\text{efluente}}) / C_{\text{afluente}} * 100]$$

Donde:

C_{afuente} : Carga del afluente (carga del líquido a la entrada del sistema).

C_{efluente} : Carga del efluente (carga del líquido a la salida del sistema).

3.-RESULTADOS

En la tabla 2 se resumen los valores medios y el rango de las variables DBO₅ y DQO. Los resultados analíticos de los parámetros analizados en las muestras de las dos localidades, se detallan en las tablas 3 a 16 (Anexo I).

Tabla 2. Valores (en mg/l) promedio máximos y mínimos de DBO₅ y DQO para Eduardo Castex y Uriburu.

Variables		Edo. Castex	Uriburu
DBO ₅	Promedio	379,37	281,4
	Máximo	604	390
	Mínimo	76	105
	n	13	10
DQO	Promedio	803,67	616,57
	Máximo	1208	1336
	Mínimo	134	310
	n	14	19

Además, se determinó la relación DQO/DBO que está comprendida entre 1,81 y 2,12. Estos valores son similares a los obtenidos por Muñoz et al. (2007) e indican el origen domiciliario de los efluentes.

Los valores de DBO₅ y DQO correspondientes a la pileta decantadora (M1), la salida del Filtro Fitoterrestre (M2) y el humedal (M3), se detallan en la tabla 17 y se grafican en la figura 20.

Tabla 17. Valores de DBO₅ y DQO en los 3 puntos de muestreo de Eduardo Castex.

Edo Castex		DBO5 (mg/l)			DQO (mg/l)		
Fecha	Meses	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3
13/06/2007	Junio	536	368	76	1130	803	134
12/07/2007	Julio	568		372	1208		932
12/09/2007	Septiembre			193	983	855	488
17/10/2007	Octubre A	604	596	193	1096	1015	357
23/10/2007	Octubre B	482	338	226,5	980	678	592,5

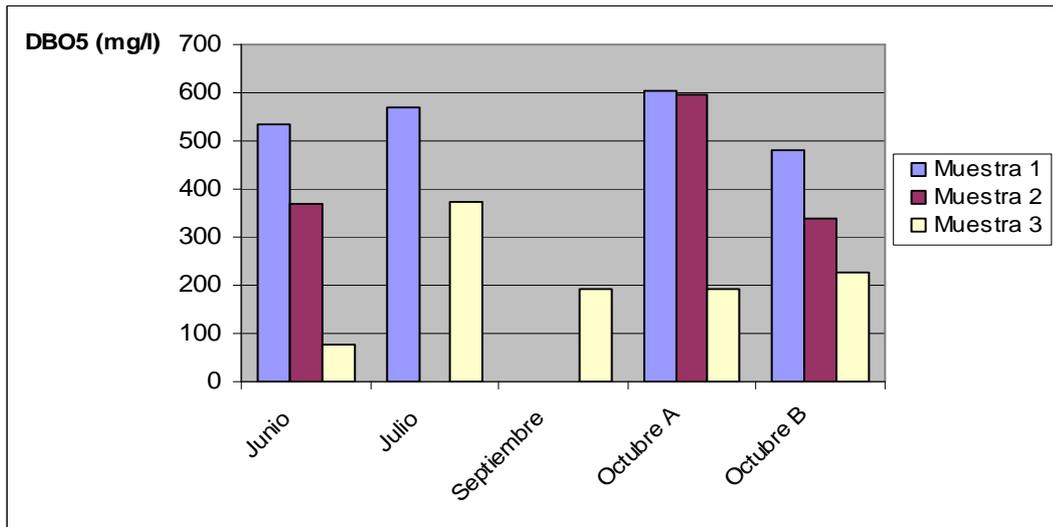


Figura 20. DBO₅ (mg/l) en los 3 puntos de muestreo en Eduardo Castex.

La figura 20 permite corroborar que la DBO₅ fue menor en la M3 (humedal) que en la M1 (pileta decantadora) en todos los meses analizados. También se observa que la mayor diferencia entre ambas muestras se verificó en el mes de Junio.

En cuanto a la DQO (Figura 21) se constató también una disminución desde la M1 a la M3, siendo en el mes de Junio cuando se registró la mayor diferencia entre ambas.

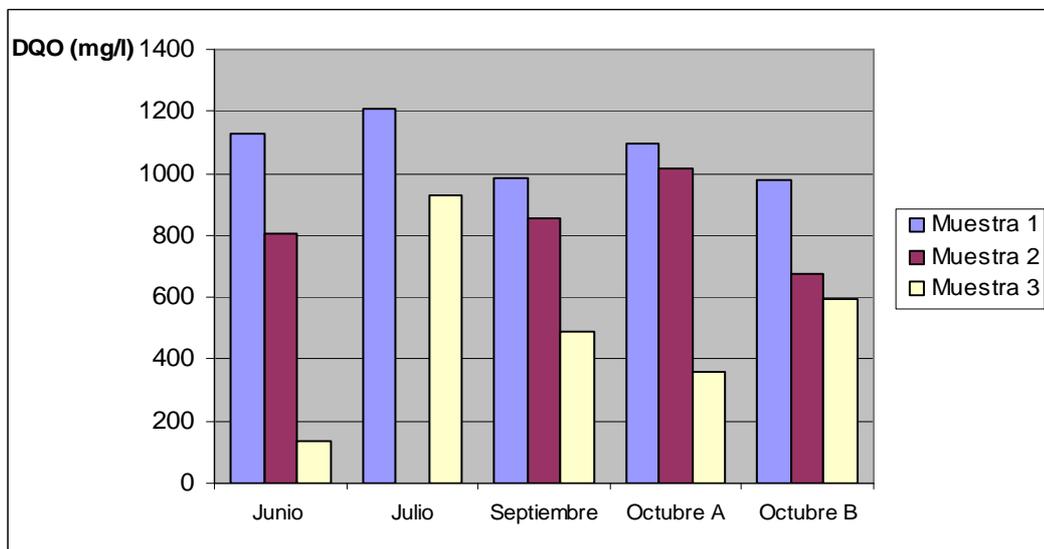


Figura 21. DQO (mg/l) en los 3 puntos de muestreo en Eduardo Castex.

En la Tabla 18 se observan los valores del indicador de remoción obtenidos para la planta de Eduardo Castex.

Tabla 18. Remoción de DBO₅, DQO y N en Eduardo Castex. Año 2007.

Fecha	Meses	Remoción DBO ₅ (%)	Remoción DQO (%)	Remoción N (%)*
13/06/2007	Junio	85,82	83,71	S/D
12/07/2007	Julio	34,5	22,84	S/D
12/09/2007	Septiembre	S/D	50,35	S/D
17/10/2007	Octubre A	68,04	67,42	S/D
23/10/2007	Octubre B	53	39,54	18,19

* Solo se determinó la remoción de N para la muestra del 23/10/2007.

La mayor remoción de DBO₅ y de DQO se obtuvo (Figura 22) en el mes de Junio, mientras que la menor se registró en Julio. Un análisis más detallado de los distintos compartimientos del sistema se muestra en la figura 23, donde se observa que la mayor remoción registrada en Julio se debe al funcionamiento más eficiente del carrizal respecto de Octubre (B).

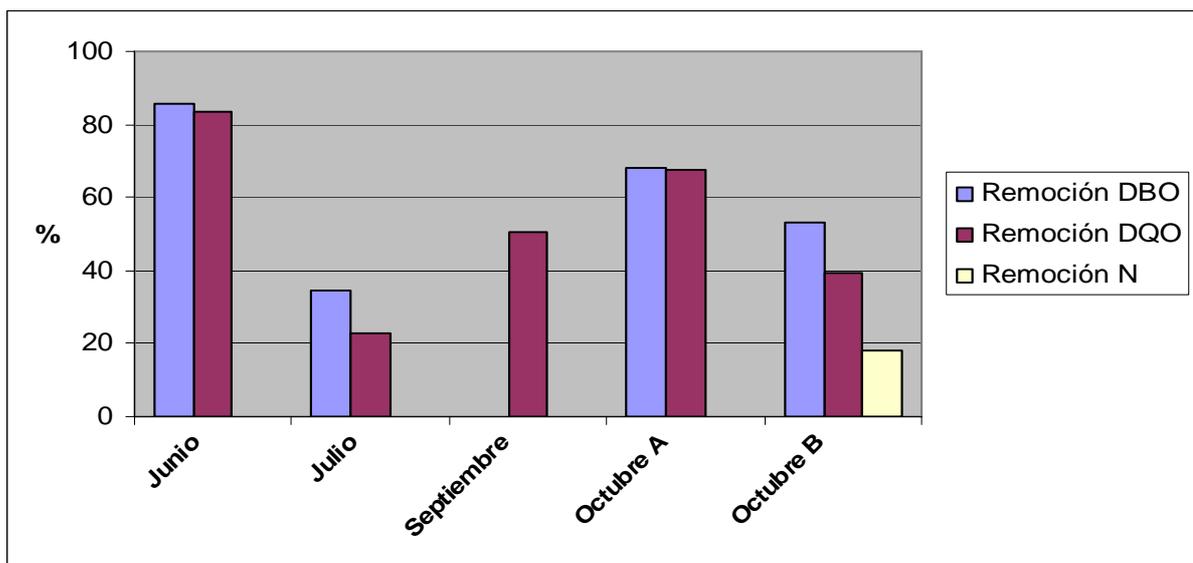


Figura 22. Remoción de DBO₅, DQO y N, en Eduardo Castex.

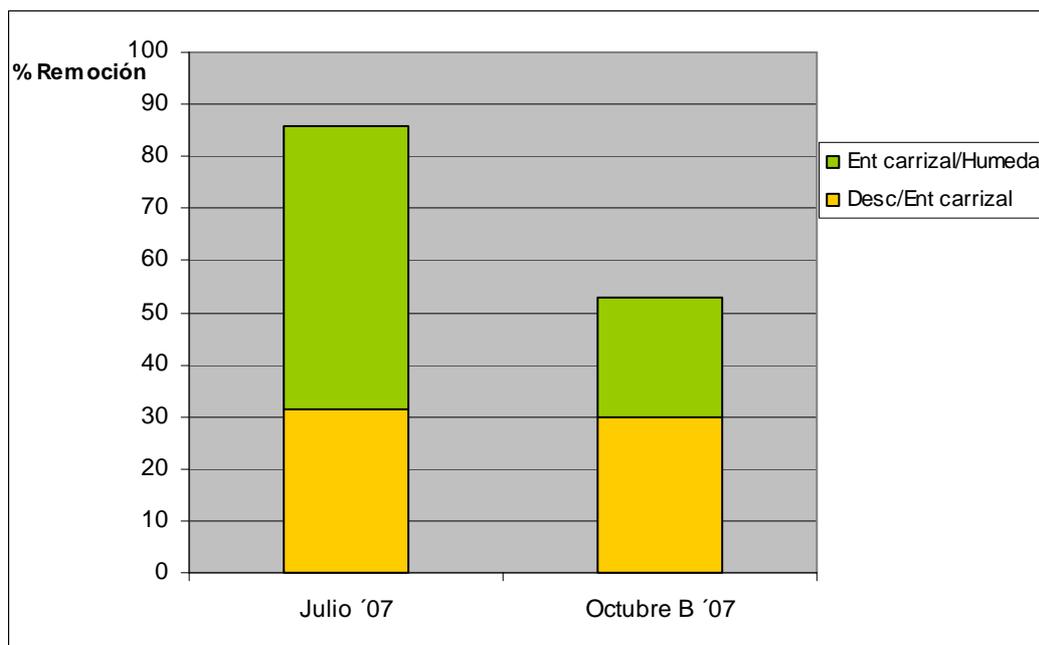


Figura 23. Remoción de DBO₅ en los diferentes compartimientos del sistema en E. Castex.

En la localidad de Uriburu se efectuó el análisis de la relación DQO/DBO que se encuentra entre 1,61 y 1,99 y resulta similar a la de Eduardo Castex.

Los valores de DBO₅ y DQO obtenidos en las muestras de la localidad de Uriburu, para los 3 puntos de muestreo se consignan en la tabla 19.

Tabla 19. Valores de DBO₅ y DQO en los 3 puntos de muestreo de Uriburu.

Uriburu		DBO5 (mg/l)			DQO		
Fecha	Meses	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3
19/04/2006	Abril '06				630	584	793
21/06/2006	Junio '06	389	388	202	666	763	412
23/08/2006	Agosto '06	390		268	779		484
08/01/2007	Enero '07					1336	561
14/04/2007	Abril '07					610	310
30/05/2007	Mayo '07						
26/06/2007	Junio '07	342	163	105	551	369	531
22/08/2007	Agosto '07					446	553
26/09/2007	Septiembre '07		442	125		791	596

En todos los meses, la DBO₅ (Fig. 24) evidenció una disminución en la M3 (humedal) con respecto a la M1 (pileta decantadora) y en Septiembre ocurrió lo mismo entre M2 y M3. En lo que respecta a DQO (Fig. 25) se observa un comportamiento errático, ya que en algunos muestreos la DQO en el humedal (M3) fue mayor que en la pileta decantadora (M1), como se verifica en Abril de 2006 y en Junio y Agosto de 2007, en los dos últimos casos, comparando con M2.

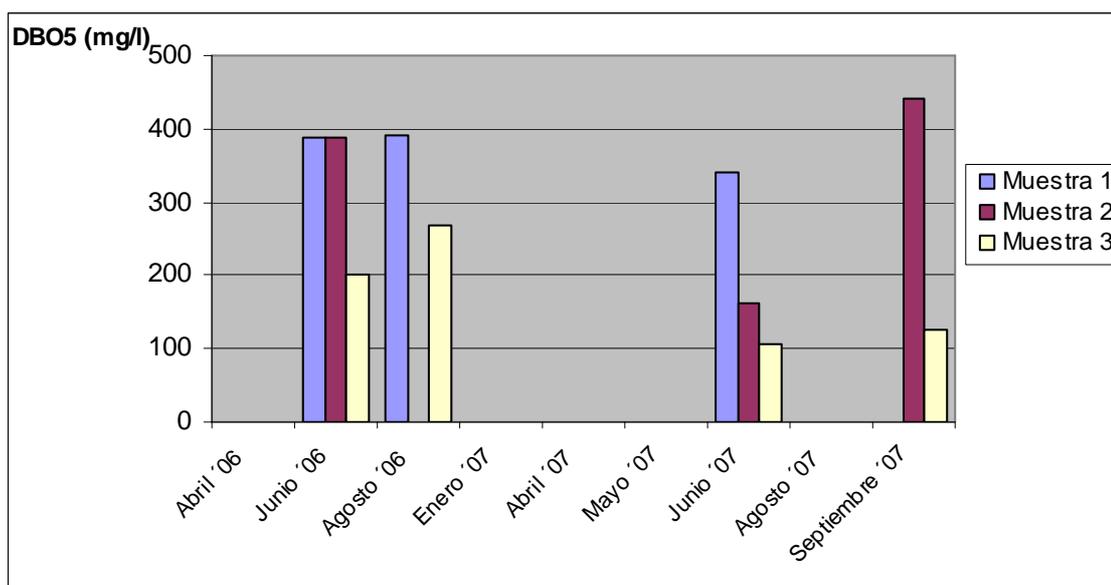


Figura 24. DBO₅ (mg/l) en los 3 puntos de muestreo en Uriburu.

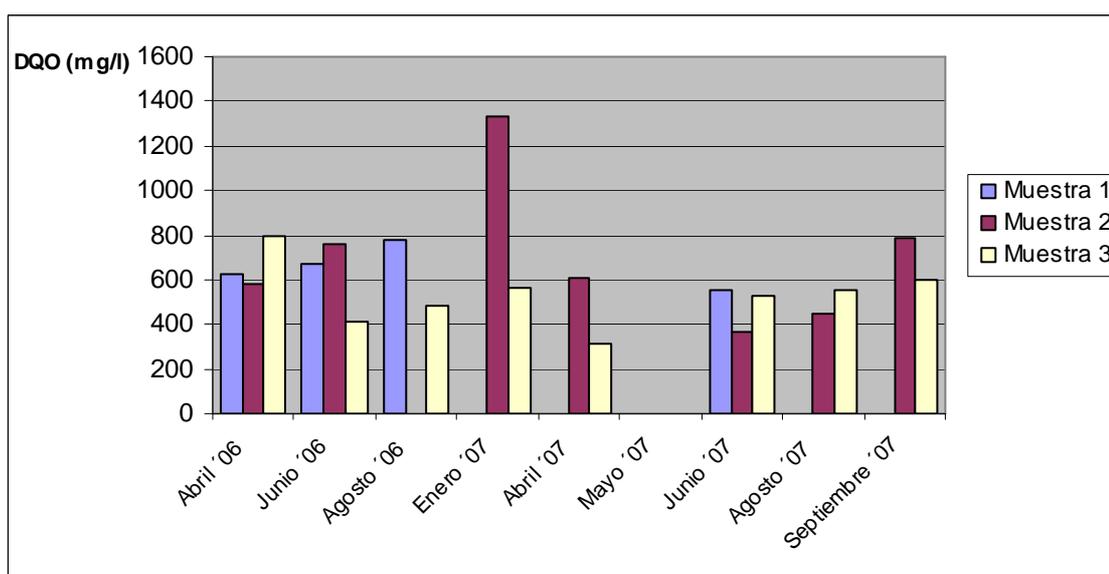


Figura 25. DQO (mg/l) en los 3 puntos de muestreo en Uriburu.

Las remociones de DBO₅ y de DQO obtenidas en la planta de tratamiento de la localidad de Uriburu se detallan en la Tabla 20. La mayor remoción de DBO₅ fue en el mes de Septiembre, en cambio la de DQO fue en el mes de Abril.

En la figura 26 se observa que en los meses de Junio y Septiembre, la remoción de DBO₅ alcanza valores entre 60% y 80%, mientras que la de DQO, que tiende a disminuir a lo largo del período, exhibe su valor mínimo en Junio.

Tabla 20. Remoción de DBO₅ y DQO en Uriburu. Año 2007.

Fecha	Meses	Remoción DBO5 (%)	Remoción DQO (%)
08/01/2007	Enero	S/D	58
14/04/2007	Abril	S/D	49,18
30/05/2007	Mayo	S/D	S/D
26/06/2007	Junio	69,29	3,62
28/08/2007	Agosto	S/D	S/D
26/09/2007	Septiembre	71,71	24,5

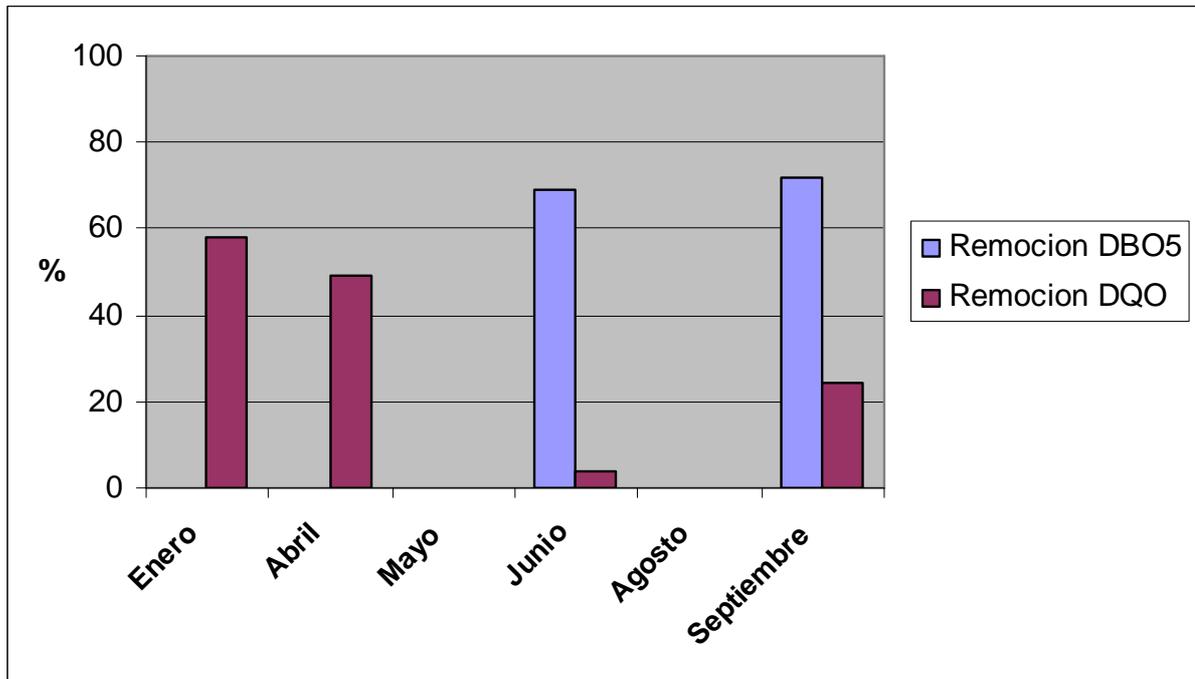


Figura 26. Remoción de DBO₅ y DQO en Uriburu.

4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las plantas de tratamiento de Eduardo Castex y Uriburu tuvieron, durante el período considerado, promedios de remoción de 78% y 65 %, para DBO₅ y DQO respectivamente. Los valores de DBO₅ resultan similares a los obtenidos en un estudio donde también se determina la remoción de DBO₅ en sistemas que poseen ciertas semejanzas con las plantas estudiadas, aunque para valores iniciales de DBO₅ más elevados (Rodríguez Pérez de Agreda et al., 2003). Aunque se trata de porcentajes de remoción que pueden considerarse significativos, Muñoz et al. (2007) advierten que las concentraciones finales en el líquido tratado superan valores referenciales surgidos de un conjunto de normas nacionales e internacionales sobre vertido de efluentes.

En el caso de Eduardo Castex se detectó que la remoción en el mes de Julio sufrió una importante disminución con respecto a la obtenida en Junio, pero esta situación no puede ser explicada con la información disponible. En cambio, la menor eficiencia registrada en Octubre podría atribuirse a que sólo uno de los filtros fitoterrestres se encontraba operativo.

El análisis más detallado de los compartimientos del sistema permite afirmar que el buen funcionamiento de ambos carrizales es de vital importancia para la eficiencia del sistema en su conjunto. Así, en las condiciones operativas del mes de Octubre (B), la eficiencia total del sistema es del 53%, con un aporte del 23% por el único filtro en funcionamiento, mientras que en Junio, cuando ambos carrizales contribuyen con el 54,5%, se alcanza una remoción total de casi 86%.

Los porcentajes parciales de remoción obtenidos en la pileta decantadora se mantienen en el orden del 30% y pueden considerarse comparables con los obtenidos en una EDARs (Estación Depuradora de Aguas Residuales) de España, con un diseño y operatoria similar a las plantas de tratamiento estudiadas, donde varían entre el 25 y 40% (Perez Ortiz, 2003).

En el caso de Uriburu, el comportamiento errático de la remoción de DQO requeriría de un estudio particular en futuros trabajos que contemplen también las variaciones de Nitrógeno y Fósforo.

Como se puede observar, analizando los resultados obtenidos, ambos sistemas producen diferentes abatimientos, lo que puede deberse a causas diversas. Por ejemplo, se observó que cada FTT posee una configuración y un tamaño propio que deben adaptarse a la cantidad de habitantes que posee la localidad. El tamaño, entonces, es un factor importante a tener en cuenta, debido a que una vez establecido el sistema, es difícil su reestructuración. Las especies vegetales utilizadas, es otra de las diferencias entre ambos sistemas de depuración.

Tanto las especies como el estado de las mismas, juegan un rol importante dentro del sistema, teniendo una influencia directa en el funcionamiento de los mismos.

La utilización de Filtros Fitoterrestres para el tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias es una metodología, simple y de bajo costo, que 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.

En nuestra provincia hay varias localidades que podrían adoptar esta tecnología, aunque para ello deberían tener en cuenta una serie de requisitos. Estos son: el tamaño poblacional (en lo posible, menor a 20.000 habitantes), la configuración espacial que adoptará el sistema, las especies a implantar en los FFT y el mantenimiento del mismo. Otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de efluentes que podrían ingresar al mismo. Es importante determinar si se trata de efluentes domiciliarios o industriales, ya que estos últimos requieren un tratamiento especial previo a su ingreso al sistema.

El empleo de este tipo de metodologías, conjuntamente con otras, para la autodepuración de aguas residuales urbanas resulta importante para disminuir su potencial de contaminación. Así se atendería uno de los desafíos más urgentes para la protección del ambiente: el uso óptimo del agua y el cuidado de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, W. C.; P. B. Hook; J. A. Biederman and O. R. Stein.** (2002). Wetlands and aquatic proceses. *J. Environ. Qual.* 31 (3), pp 1010-1016.
- APHA-AWWA-WPCF,** 1989. "Manual de Métodos Normalizados para el análisis de agua potables y residuales". Ed. Díaz de Santos S.A.
- Cano, E., G. Casagrande, H. A. Conti, B. Fernandez, R. Hevia, J. C. Lea Plaza, D. Maldonado Pinedo, H. Martínez, M. A. Montes y C. A. Peña Zubiate** (2004). Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. (Reedición del Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa 1980 completada con Fauna Vertebrados). República Argentina, soporte magnético.
- Custodio, E. y M. R. Llamas.** (1983). Hidrología Subterránea. Segunda Edición. Tomo II. Cap. 23.2. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- Giambelli, G.** (2008). Dinámica espacial y temporal del nivel freático del Noreste de la provincia de La Pampa. Tesina de Grado. Fac. de Cs. Exactas y Naturales, UNLPam (inédito).
- Greenway, M. y A. Woolley.** (1999). Constructed wetlands in Queensland: Performance efficiency and nutrient bioaccumulation. En: *Ecological Engineering* 1999, N° 12 pp. 39-55.
- Ingallinella, A. M.; R. Fernandez; G. Sanguinetti; L. Hergert; H. Quevedo; M. Strauss y A. Montanegro.** (2001). Lagunas de estabilización para la descarga de líquidos de camiones atmosféricos. En: *Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* Enero-Febrero 2001, N° 54. AIDIS. Argentina.
- Instituto Geológico y Minero de España.** (1995). Nuevas Tecnologías para el Saneamiento, Depuración y Reutilización de la aguas residuales de la provincia de Alicante. Cap. 1, 2a, 2b, 3.
- Laos, F.; M. J. Mazzarino; P. Satti; L. Roselli; S. Moyano; M. Ruival; L. y L. Moller Poulsen** (2000). Planta de compostaje de biosólidos: Investigación y desarrollo en Bariloche, Argentina. En: *Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* N° 50, pp. 86-89. AIDIS. Argentina.
- Mayor, A. R.; L. Sereno y R. A. Suppo.** (2005). Tratamientos de líquidos residuales mediante Filtros Fitoterrestres. pp. 9-16. Eduardo Castex. La Pampa, Argentina. Soporte magnético del I Congreso Pampeano del Agua.
- Maine, M. A.; N. Suñe; H. Hadad; G. Sanchez; S. Caffaratti y C. Bonetto.** (2007). Depuración del efluente de una empresa metalúrgica utilizando un wetland construido. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales,* v 1,2, 8 p.
- Metcalf & hedi.** (1991). *Ingeniería de Aguas Residuales.* En: Tratamiento, vertido y reutilización. 3rd Ed. McGraw-Hill. Cap 3.
- Moreno Merino, L.; M. A. Fernandez Jurado; J. C. Rubio Campos; J. M. Calaforra Chordi; J. A. Lopez Geta; J. Beas Torroba; G. Alcain Martínez; 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 p.
- Muñoz, M. A.; E. B. Buitrón y J. A. Ormaechea.** (2007). Eficiencia de los sistemas de líquidos cloacales en la provincia de La Pampa. Soporte magnético del II Congreso Pampeano del Agua.
- Muñoz Ratto, E.** (1999). Proyecto de reglamentación para la valorización agrícola de los biosólidos. En: *Disposición de Biosólidos.* AIDIS. Argentina. Interational Water Association.
- Perez Ortiz, O. G.** (2003). Sistemas de tratamiento y depuración de aguas residuales y fangos de depuración utilizados en las EDARs de Carraixet, Poble de Farnals Ribarroja (Valencia, España) *Revista Clon,* 2: 47-72.
- Pozzi, J.** (2004). Consideraciones generales sobre la reutilización de aguas residuales depuradas para riego agrícola. En: *Ingeniería Sanitaria.* N° 76, pp. 68-72. AIDIS. Argentina.
- Rodríguez Pérez de Agreda, C.; M. Diaz Marrero; L. Guerra Diaz y J. M. Hernandez de Armas** (2003). Acción depuradora de algunas plantas acuáticas sobre las aguas residuales. 4p. La Habana, Cuba.

- Sbrocco, J. A.; O. C. Carballo y E. Mariño.** (2005). Plantas de tratamiento de efluentes domiciliarios en la provincia de La Pampa. 10 p. X Congreso Colombiano de Geología, Bogotá.
- Schiller, H.** (2000). Técnicas naturales de tratamiento de efluentes. Proyecto TENATECO-GTZ Cooperación Técnica Alemana-Agencia Córdoba Ambiente. Argentina. 224 p.
- USEPA- United States Environmental Protection Agency** (1993). Subsurface Flow Constructed Wetlands For WasteWater Treatment: A Technology Assessment. 87p.
- USEPA- United States Environmental Protection Agency** (2000). Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. 166p.

ANEXOS

ANEXO I

Tabla 1. Datos de ETP, ETR y lluvias de General Pico. Período 1997-2001.

MES	ETP promedio	ETR promedio	LLUVIA promedio	EXC.
Enero	139,6	88,3	107,27	11,1
Febrero	109	76,5	105,8	25,2
Marzo	95,5	69,2	134,44	57,9
Abril	58	45,9	69,5	20,2
Mayo	37,2	30,4	42,24	13,8
Junio	17,3	15,5	17,27	2,3
Julio	16,6	15,5	21,75	4,6
Agosto	30,2	23,6	21,31	3,6
Septiembre	40,8	32	44,34	9,4
Octubre	70,8	55,2	87,31	24,4
Noviembre	97,4	77	101,4	36,6
Diciembre	131,9	88	113,4	35,7
Total	844,3	617,1	866,03	244,8

Tabla 3: Análisis de líquidos residuales Eduardo Castex Junio '07.

Análisis N° 2728 -2730

Origen: Eduardo Castex

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes

Muestras: M1: Entrada Cámara N°1; M2: Salida Cámara N°3; M3; Salida filtro fit 2.

Extractores: Salazar

Solicitante: APA

Traslado: Refrigerado

Fecha Ext.: 13/06/07

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Color		Marrón Verdoso	Marrón Verdoso	Ambar		
Olor		Putrefacto	Característico	característico.		
Aspecto		Muy Turbio	Muy Turbio	Ambar		
Temperatura	(°c)	10	8,5	8		
pH		7.9	8.1	78		
rH-mv		S/D	S/D	S/D		
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0.1	< 0.1	< 0.1		
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	1	<0,1	<0.1		
Sól. Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól. Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól. Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
OD	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
DBO5	(mg/l)	536	368	76		
DQO	(mg/l)	1130	803	184		
N-NH4+	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO2-	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO3-		S/D	S/D	S/D		
SSE	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D	S/D		
Ct	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad COH	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fósforo Total (P)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fósforo de PO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sulfuros Totales	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		

Tabla 4: Análisis de líquidos residuales Eduardo Castex Julio '07.

Análisis N°2328-2330

Origen: Eduardo Castex

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes

Muestras: M1: Liq. crudo1; M2: Cámara 2; M3; salida Cámara 3; M4: Salida filtro fit 1;

Extractores: Salazar

Solicitante: APA

Traslado: Refrigerado

Fecha Ext.: 12/07/07

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra
Color		Marrón oscuro	Marrón	Lig.Amarron.			
Olor		Putrefacto	Característico	Característico.			
Aspecto		Muy Turbio	Turbio	Turbio			
Temperatura	(°c)	14.5	14	13			
pH		8	8.5	7,8			
rH-mv		S/D	S/D	S/D			
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0.1	< 0.1	< 0.1			
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,7	<0,1	<0.1			
Sól. Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Sól. Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Sól. Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
DBO5	(mg/l)	*	*	193			
DQO	(mg/l)	983	855	488			
N-NH4+	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
N-NO2-	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
N-NO3-		S/D	S/D	S/D			
SSE	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D	S/D			
Ct	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Alcalinidad CO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Alcalinidad COH	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Fósforo Total (P)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Fósforo de PO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			
Sulfuros Totales	(mg/l)	S/D	S/D	S/D			

Sin determinar por falta de capacidad operativa en el instrumental de medición. El filtro fitoterrestre N1 no está en funcionamiento, en actividad el N° 2 Los carrizo del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas. Los carrizo del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas. Los carrizos del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas.

Tabla 5: Análisis de líquidos residuales Eduardo Castex Septiembre '07.

Análisis N°2796-2797

Origen: Eduardo Castex

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes

Muestras: M1: Entrada camara 1, y M2 Salida filtro fit 2;

Extractores: Salazar

Solicitante: APA

Traslado: Refrigerado

Fecha Ext.: 12/09/07

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Color		Marrón oscuro	Marrón Oscuro		
Olor		Putrefacto	Característico		
Aspecto		Muy Turbio	Muy Turbio		
Temperatura	(°c)	14	8,5		
pH		7,9	7,9		
rH-mv		S/D	S/D		
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0.1	< 0.1		
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,6	<0,1		
Sól. Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D		
Sól. Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D		
Sól. Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D		
OD	(mg/l)	S/D	S/D		
DBO5	(mg/l)	568	372		
DQO	(mg/l)	1208	932		
N-NH4+	(mg/l)	S/D	S/D		
N-NO2-	(mg/l)	S/D	S/D		
N-NO3-		S/D	S/D		
SSE	(mg/l)	S/D	S/D		
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D		
Ct	(mg/l)	S/D	S/D		
Alcalinidad CO	(mg/l)	S/D	S/D		
Alcalinidad COH	(mg/l)	S/D	S/D		
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D		
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D		
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D		
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D		
Fósforo Total (P)	(mg/l)	S/D	S/D		
Fósforo de PO	(mg/l)	S/D	S/D		
Sulfuros Totales	(mg/l)	S/D	S/D		

El filtro fitoterrestre N1 no está en funcionamiento, en actividad el N° 2

Los carrizo del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas.

Tabla 6: Análisis de líquidos residuales Eduardo Castex Octubre A '07.

Análisis N°2930-2932

Origen: Eduardo Castex

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes

Muestras: M1: Entrada camara N° 1, M2 Camara, M3: Salida filtro fit 2;

Extractores: Salazar

Solicitante: APA

Traslado: Refrigerado

Fecha Ext.: 17/10/07

Determinaciones	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Color		Marrón oscuro	Marrón Oscuro	Ambar	
Olor		Putrefacto	Putrefacto	Característico	
Aspecto		Muy Turbio	Muy Turbio	Lig. Turbio	
Temperatura	(°c)	20	19.5	17	
pH		7,5	8	7.5	
rH-mv		S/D	S/D	S/D	
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	<0.1	< 0.1	< 0.1	
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,1	0,3	< 0.1	
Sól. Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Sól. Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Sól. Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
OD	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
DBO5	(mg/l)	604	596	193	
DQO	(mg/l)	1096	1015	357	
N-NH4+	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
N-NO2-	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
N-NO3-		S/D	S/D	S/D	
SSE	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D	S/D	
Ct	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Alcalinidad CO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Alcalinidad COH	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Fósforo Total (P)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Fósforo de PO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	
Sulfuros Totales	(mg/l)	S/D	S/D	S/D	

El filtro fitoterrestre N1 no está en funcionamiento, en actividad el N° 2

Los carrizo del filtro N° 1 fueron extraídos para su renovación y las cámaras de decantación han sido limpiadas.

Tabla 7: Análisis de líquidos residuales Eduardo Castex Octubre B '07.



**COOPERATIVA REGIONAL DE ELECTRICIDAD, DE
OBRAS Y OTROS SERVICIOS DE Gral. PICO LTDA.**

Matricula Nacional N°1761 - Prov. de La Pampa N° 1

GERENCIA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO URBANO

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE EFLUENTES

INFORMACION GENERAL

Analisis N°	1296	Solcita:	Gabriela Dalmasso
Fecha de Extracción	23-10-07	Domicilio:	Santa Rosa Carrizal Edo Castex:
Resp de Extracción	Gabriela Dalmasso	Procedencia:	Pileta Decant.
Fecha de Realización	24-10-07	Conservación:	refrigerada
Muestra:			

RESULTADOS : Ver tabla adjunta

Determinación	Valores Obtenidos	Metodología Empleada
pH	7,76	Método electrométrico
Dif.de Potencial (mv)	***	Método electrométrico
Potencial Redox (mv)	***	Método electrométrico
Temperatura (°C)	18,6	---
O.D.(mg/lt.)	0,7	Método de electrodo de membrana
Color	***	---
Olor	caracteristico	---
Aspecto	Turbio	---
Conductividad (mS/cm.) a 20°C	5,16	Método 2510 B St Methods
S.S.10 min.(mg/lt)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.S.2hs.(mg/lt)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.T.Suspensión.(mg/lt)	95,66	Método 2540 D St Methods
S.T.Disueltos 103 °C.(mg/lt)	3440	Método 2540 B St Methods
D.Q.O. (mg./lt.)	980	Método de digestión y colorimetría
D.B.O.5(mg/lt.)	482	Método manometrico
Fósforo Total (PO4 mg/lt)	3,4	Digestión y colorimetría
Nitrógeno Total (N mg/lt)	108,3	Digestión y colorimetría

Observaciones: Las determinaciones de Fósforo y nitrógeno total se realizaron sobre muestra diluida ya que la técnica disponible es para concentraciones menores



**COOPERATIVA REGIONAL DE ELECTRICIDAD, DE
OBRAS Y OTROS SERVICIOS DE Gral. PICO LTDA.**

Matricula Nacional N°1761 - Prov. de La Pampa N° 1

GERENCIA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO URBANO

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE EFLUENTES

INFORMACION GENERAL

Analisis N°	1297	Solicita:	Gabriela Dalmasso
Fecha de Extracción	23-10-07	Domicilio:	Santa Rosa
Resp de Extracción	Gabriela Dalmasso	Procedencia:	Carrizal Edo Castex: Salida
Fecha de Realización	24-10-07	Conservación:	refrigerada
Muestra:			

RESULTADOS : Ver tabla adjunta

Determinación	Valores Obtenidos	Metodología Empleada
pH	9,45	Método electrométrico
Dif.de Potencial (mv)	***	Método electrométrico
Potencial Redox (mv)	***	Método electrométrico
Temperatura (°C)	20,4	---
O.D.(mg/l.)	0,8	Método de electrodo de membrana
Color	***	---
Olor	caracteristico	---
Aspecto	Turbio	---
Conductividad (mS/cm.) a 20°C	5,11	Método 2510 B St Methods
S.S.10 min.(mg/l)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.S.2hs.(mg/l)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.T.Suspensión.(mg/l)	85,33	Método 2540 D St Methods
S.T.Disueltos 103 °C.(mg/l)	3407	Método 2540 B St Methods
D.Q.O. (mg./l.)	678	Método de digestión y colorimetría
D.B.O.5(mg/l.)	338	Método manometrico
Fósforo Total (PO4 mg/l)	4,4	Digestión y colorimetría
Nitrógeno Total (N mg/l)	96,2	Digestión y colorimetría

Observaciones: Las determinaciones de Fósforo y nitrógeno total se realizaron sobre muestra diluida ya que la técnica disponible es para concentraciones menores. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida, este Laboratorio, declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciese de este informe.



**COOPERATIVA REGIONAL DE ELECTRICIDAD, DE
OBRAS Y OTROS SERVICIOS DE Gral. PICO LTDA.**

Matricula Nacional N°1761 - Prov. de La Pampa N° 1

GERENCIA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO URBANO

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE EFLUENTES

INFORMACION GENERAL

Analisis N°	1295	Solcita:	Gabriela Dalmasso
Fecha de Extracción	23-10-07	Domicilio:	Santa Rosa Carrizal Edo Castex:
Resp de Extracción	Gabriela Dalmasso	Procedencia:	Humedal
Fecha de Realización	24-10-07	Conservación:	refrigerada
Muestra:			

RESULTADOS : Ver tabla adjunta

Determinación	Valores Obtenidos	Metodología Empleada
pH	9,5	Método electrométrico
Dif.de Potencial (mv)	***	Método electrométrico
Potencial Redox (mv)	***	Método electrométrico
Temperatura (°C)	21,5	---
O.D.(mg/lt.)	1	Método de electrodo de membrana
Color	***	---
Olor	característico	---
Aspecto	Turbio	---
Conductividad (mS/cm.) a 20°C	4,9	Método 2510 B St Methods
S.S.10 min.(mg/lt)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.S.2hs.(mg/lt)	<0,1	Método 2540 F St Methods
S.T.Suspensión.(mg/lt)	48,66	Método 2540 D St Methods
S.T.Disueltos 103 °C.(mg/lt)	3267	Método 2540 B St Methods
D.Q.O. (mg./lt.)	592,5	Método de digestión y colorimetría
D.B.O.5(mg/lt.)	226,5	Método manometrico
Fósforo Total (PO4 mg/lt)	5,2	Digestión y colorimetría
Nitrógeno Total (N mg/lt)	88,6	Digestión y colorimetría

Observaciones: Las determinaciones de Fósforo y nitrógeno total se realizaron sobre muestra diluida ya que la técnica disponible es para concentraciones menores. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida, este Laboratorio, declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciese de este informe.

Tabla 8. Análisis líquidos residuales Uriburu Abril '06

 Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
 MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 - 6300 - Sarta Rosa - La Pampa - Tet.: (02954)-427046/ 432845/43344S/ 43S896/ 423755

Análisis NO 2113 - 2115
Origen: Uriburu

Referencias: Plante fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras: M1: U'q Crudo, M2: Salida Cámara N° 2, M3: Laguna Estabilización.-

Extractores: Muñoz - Zalazar

Solicitante: A.PA

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 19/04/06

Fecha rec.: 19/04/06

Determinaciones	unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Amarrón.	Amarron-Verd	Verde inten.		
Olor		Putrefacto	Putrefacto	caract		
Aspecto		liq. Turbio	liq. Turbio	liq. MuyTurbio		
Temperatura	(°C)	17,5	17,5	16		
pH		7,6	7,6	8,3		
Rh mv		S/D	S/D	S/D		
SólSedimentables en 10'	(mg/l)	1,1	<0,1	3,2		
SólSedimentables en 2 hs.	(mg/l)	7,5	0,2	7		
Sól.Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SólTotales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SólTotales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
OD	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
DBOs	(mg/l)	A/L	A/L.	A/L		
DQO	(mg/L)	630	584	793		
N-NH ₄	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₂	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₃	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SSEE	.	S/D	S/D	S/D		
Conductividad	µS/cm	S/D	S/D	S/D		
Ca	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO ₃	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO ₃ H	(mg/t)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fósforo Total (PJ)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fósforo de PO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		

Referencias: (* 103 -105 °C); (** 180 °Q; (*** 550 °C - fijos volátiles); (S/D: sin determinar) A/L:

accidente laboratorio.

Tabla 9. Análisis de líquidos residuales Uriburu Junio '06

PROVINCIAL
OH AGUA

Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 - 6300 - Santa Rosa - La Pampa - Jet.: (02954)-427046/ 432S45/ 43344S/ 4338967 423755

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis NO 2200 - 2202

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras: M1: Úq Crudo, M2: Salida Cámara N° 2, M3: Laguna Estabilización.-

Extractores: Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

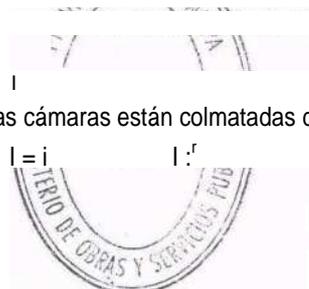
Fecha extr.: 21/06/06

Fecha rec.: 21/06/06

Determinaciones	Unidades	Muestra	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Amarrón.	Amarrón.	Verdoso		
Olor		Putrefacto	Putrefacto	Caract		
Aspecto		MuyTurbio	MuyTurbio	Turbio		
Temperatura	(°C)	16	15	14		
->H		7,6	7,2	8,1		
wri-mv		S/D	S/D	S/D		
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	0,1	1,6	<0,1		
Sol. Sedimentantes en 2 hs.	(mg/l)	0,5	3,6	0,2		
Sól.Totales en Suspensión .	(mg/l)	S/D	S/D			
SÓLTotales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sóf.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (***)	-	S/D	S/D	S/D		
OD	(mg/l)	2,3	< 1	1,2		
DBO ₅	(mg/l)	389	388	202		
DQO	(mg/l)	666	763	412		
N-NH/	(rog/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₂ "	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₃ '	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Conductividad	jS/cm	S/D	S/D	S/D		
Irj	(mg/t)	S/D	S/D	S/D		
ptealinidad CO ₃ ⁻	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO ₃ H"	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro Total	(mg/l)^	S/D		S/D		
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fosforo Total (Pt)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		

Referencias: { * 103-105 °C); (** 180 °C); (***)550°C-fijos volátiles); (S/0: Sin determinar) ^,

Observaciones: .Se observó en la M3 la presencia de algas y patos. Las salidas de las cámaras están colmatadas de sólidos. Las temperaturas y pH se tomaron in situ.



Dra. BEATRIZ BUITRÓN
LIC. EN QUÍMICA
MPCPQ. 5518 IEFA DEL
LABORATORIO DE ASUAS
!!!MMICT!>in(Jii >>V)tttK(i4i 0?1 AR!>*

Tabla 10. Análisis de líquidos residuales Uriburu
Agosto '06.



Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Vfflegas 194 - 6300 - Santa Rosa - La Pampa- Tel: (02954)-427046/ 43284S/ 4334457 433S96/ 423755

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis N° 2272 - 2273

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes

Muestras: M1: Salida Cámara N° 3, M2: Laguna Estabilización.-

Extractores: Zalazar

Solicitante: A.P.A

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 23/08/06

Fecha rec: 23/08/06

Determinaciones	Unidades	Muestra	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Gris Amarill	Verdoso			
Olor		Caract	Caract.			
Aspecto		Turbio	Turbio			
Temperatura	(°C)	14	10			
pH		7,1	8,1			
f TIV		S/D	S/D			
SoT.Sedimentabtes en 10'	(ml/O	0,5	<0,1			
SóXSedimentabtes en 2 hs.	(ml/D	1	0,2			
Sól.Totales en Suspención	CmoJ)	S/D	S/D			
Sól.Totates disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
SólTtotates disueftos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sol/Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D			
DBO ₅	(mg/l)	390	268			
DQQ	(mg/l)	779	484.			
N-NH/	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NC [^]	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NCV	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ H ["]	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D			
Doro libre	ímg/l)	S/D	S/D			
Fosforo Total (PJ	(mg/t)	S/D	S/D			
Fósforo de PQ [^]	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfuras Totales	(mg/l)	S/D	S/D			, ^ . Df7 ^ %

Referencias: (* 103 - 105 °C); (** 180 °q; C *** 550 °C - fijos y vofábtes); (S/D:

sde laboratorio)

Observaciones: Sin muestrear la salida de Cámara N° 2 por estart colmatada de solidos y ei liq. crudo debido a la imposibilidad de desplazar la tapa de cemento, tas temperl se tomaron in situ.E los filtros fit. Había presencia de gallinas y patos.

Tabla 11. Análisis de líquidos residuales Enero '07

Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 6300 - Santa Rosa La Pampa Tel.: (02954)-427046/ 432845, 43344S/ 433S96/ 423755

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis NO 2485-2486

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras MI: Salida Cámara N° 3, M2: Lag. de Maduración

Extractores: Néstor Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 08/01/07

Fecha rec.: 08/01/07

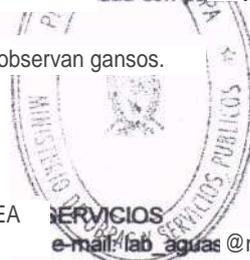
Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Gris marrón clare	Vedrede int.			
Olor		CaracL	Caract.			
Aspecto		Turbio	Turbio			
Temperatura	(°C)	20	23,5			
PH		7,7	9,5			
rH~mv		S/D	S/D			
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	0,7	<0,1			
Sól.SedimentaWes en 2 hs.	(ml/l)	1,4	< 0,1			
So! .Totales en Suspenden	(mg/D	S/D	S/D			
Sól.Totates disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sol.Totales disueltos (***)	(mg/1)	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D			
D8O ₅	(mg/1)	S/D	S/D			
DQO	(rng/l)	1336	561			
N-NrV	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₂ "	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NCV	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ °	(mg/1)	S/D	S/D			
Alcalinidad COjH'	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/1)	S/D	S/D			
Fósforo Total (P)	(mg/i)	S/D	S/D			
Fosforo de PQ, ³ⁿ	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfuras Totales	(mg/l)	S/D	S/D			

Referencias: (* 103 -105 °Q; (** 180 °C); (***) 550 °C - fijos y volátiles); (S/D: Sin determinar) ; (A/L:Accidente de laboratorio)

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron in situ.

En el sector de descarga de camiones un bombeador vertía agua en dicha zona O¹ Hasta el momento del monitoreo no había descargado ningún camión. Los dos altos, soto en el primer metro de la superficie se veía agua debido a la **fitoterrest** (que los carrizales se estaban secando), tienen carrizales verdes y muy en **ada con pá** tos barro existentes.

En los carrizales se observan gallinas y patos. En la laguna de maduración se observan gansos.



[Handwritten Signature]
Dr. BEATRIZ BUITRON
 LIC. EN QUIMICA
 MPCPO 551B
 A DEL LABORATORIO DE AGUAS
 SUBSECRETARÍA PROVINCIAL DEL A.P.A.

Tabla 12. Análisis de líquidos residuales Uriburu Abril '07.



Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 6300 - Santa Rosa La Pampa Tel.: (02954)-4270461 43284S/ 433445.' 433S96/ 423755

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis N° 2593 - 2594

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras MI: Salida Cámara N° 3, M2: Lag. de Maduración

Extractores: Néstor Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 11/04/07

Fecha rec.: 11/04/07

Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Marrón	Verde amarro.			
Olor		Caract	Caract.			
Aspecto		Muy Turbio	Turbio			
Temperatura	(°C)	20	17			
PH		7,1	8,5			
rH-mv		S/D	S/D			
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/0	0,2	<0,1			
Sol. Sedimentares en 2 hs.	(ml/l)	0,5	<0,1			
Sól.Totales en Suspenden	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D			
DB0 ₅	(mg/l)	*	*			
DQO	(mg/l)	610	310			
N-NH ₄ ⁺	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₂ ⁻	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NCV	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO _f	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO _s H'	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D			
Fósforo Total (Pt)	(mg/l)	S/D	S/D			
Fósforo de PO ₄ ³⁻	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfuras Totales	(mg/l)	S/D	S/D			

Referencias: (* 103 -105 °C); (** 180 <>C); (***) 550 °C - fijos y volátiles); (S/D: Sin determinar) ; (A/L:AcckJente de laboratorio)

* Sin determinar por interrupción de energía eléctrica que incidió en el proceso de medición de DBO.

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron tn situ.

; tienen carrizales verdes y muy t genera que se produzca

Tabla 13. Análisis de líquidos residuales Uriburu Mayo '07



Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

VBtegas1S4 6300 - Santa Rosa La Pampa Te I.; (G2S54)-42704S/ 432849 433445/433896/423755

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis NO 2670 - 2671

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras MI: Salida Cámara N° 3, M2: Lag. de Maduración

Extractores: Néstor Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 30/05/07

Fecha rec.: 30/05/07

Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Gris Verdoso	Verde Oscuro.			
Olor		Caract.	Caract.			
Aspecto		Turbio	Muy Turbio			
Temperatura	(°C)	9	2,4			
pH		7,1	9			
rH-mv		S/D	S/D			
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	0,3	<0,1			
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,5	0,1			
Sol .Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D			
Sol .Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sol.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D			
DBO ₅	(mg/l)		x			
DQO	(mg/l)	665	787			
N-NH ₄ ⁺	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₂ ⁿ	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NCV	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ ⁼	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CC^H ⁿ	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D			
Fósforo Total (P _i)	(mg/l)	S/D	S/D			
Fosforo de PO ₄ ³ⁿ	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfuras Totales	(mg/l)	S/D	S/D			

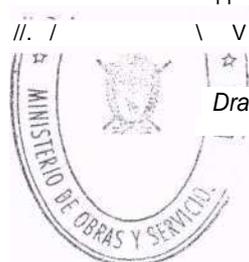
Referencias: (* 103 -105 °C); (** 180 °C); (***) 550 °C - fijos y volátiles); (S/D: Sin determinar) ; (A/L:Accidente de laboratorio) * Sin determinar por encontrarse el instrumental es servicio de mantenimiento y control.

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron in situ.

Hasta el momento del monitoreo no había descargado ningún camión. Los dos filtros boca de registro de la salida de ambos filtros está rota lo que genera que se produ en el interior de la Planta de Tratamiento se observan patos sueltos.

Dpto. Laboratorio de Aguas - ÁREA
SERVICIOS H. Lagos N° 333 - 6300 - Santa Rosa - Tel/Fax 02954 -
425345 - e-mail: lab_aguas@mailtelefonica.com.ar \

MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
Filtraciones de los camiones (s) carrizales secos. La
eTienarcamientosbpor rebase del agua.



Dra. BEATRIZ IUFTRON
LIC. EN QUÍMICA
MRCPQ 5518
EFA DEL LABORATORIO DE AGUAS
PMVWCWI MI *, «W

Tabla 14. Análisis de líquidos residuales Junio '07.



Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 6300 - Sarta Rosa La Pampa Tel.: (02954H2704& 432845,' 433445' 433S96/ 4237B5

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis N° 2754 - 2756 Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes. **Muestras:** M1: Salida Cámara N° 3, M2: Salida de Filtro, M3: Lag. Maduración

Extractores: Néstor Zalazar
Solicitante: A.P.A.
Traslado: Refrigerado
Fecha extr.: 27/06/07
Fecha rec.: 27/06/07

Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra NO 3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Marrón Claro	Marrón Claro	Marrón Claro		
Olor		Caract.	Caract.	Caract.		
Aspecto		Muy Turbio	Turbio	Turbio		
Temperatura	(°C)	7	6	3		
PH		7,1	7,4	8,5		
rH-mv		S/D	S/D	S/D		
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	0,2	0,1	<0,1		
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,4	0,2	<0,1		
Sol .Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
OD	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
DBO ₅	(mg/l)	342	163	105		
DQO	(mg/l)	551	369	531		
N-NH ⁺	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₂ ^o	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
N-NO ₃ ⁻	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D	S/D		
CT	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO ₃ ⁼	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad CO ₃ H ^o	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Qoro Total	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fosforo Total (PJ)	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Fósforo de PO ₄ ³⁻	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		
Sulfúros Totales	(mg/l)	S/D	S/D	S/D		

(* 103 - 105 °Q ; (** 180 °Q ; (***) 550 °C - fijos y volátiles) ; (S/D: Sin determinar) ; (A/L:Accidente de laboratorio)

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron in situ. Hasta el momento del monitoreo no había descargado ningún camión. Los dos filtros Fitoterrestres tienen los carrizales secos. La boca de registro de la salida de ambos filtros está rota, el agua por rebase y al no produzcan encharcamientos.

Tabla 15. Análisis de líquidos residuales Uriburu Agosto '07.

Análisis de Líquidos Residuales

Análisis no 2842- 2843

Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras: M1: Salida Cámara N° 3, M2: Salida de filtro

Extractores: Néstor Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 22/08/07

Fecha rec: 22/08/07

Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N° 3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Grisaseo	Ug. Amarrón.			
Olor		Caract	Caract			
Aspecto		Turbio	Turbio			
Temperatura	(°C)	8	7			
PH		7,4	7,4			
rH-mv		S/D	S/D			
Sól.Sedimentables en 10'	(ml/l)	0,1	<0,1			
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	1,2	0,1			
Sól.Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D			
OD	(mg/0	S/D	S/D			
DBO ₅	(mg/l)	*	*			
DQO	(mg/l)	446	553			
N-NH ₄ ⁺	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₂ ⁻	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NCV	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃	(mg/0	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ H	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/0	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/D	S/D	S/D			
Fósforo Total (P _T)	(mg/l)	S/D	S/D			
Fósforo de PO ₄ ³⁻	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfures Totales	(mg/1)	S/D	S/D			

(* 103-105°Q;(**180°C);(***)550°C-Sin determinar (S/O: Sin determinar) ; (A/L:Accidente de laboratorio)

por desperfectos en el instrumental

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron in situ.

Hasta el momento del montoreo no había descargado ningún camión. Los dos filtros fitoterrestres de los carrizales secos. La boca de registro de la salida de ambos filtros está rota, el agua por rebase y al que no escurrir hacia la laguna de maduración genera se produzcan encharcamientos.



Dra.
8EATF
ÚIC. EN QÜIMI jMPCPQ A ITRON

551 JEM DE LABORATORIO DE AGUAS
M1WSTEACIOI PUOVIMCM 9H

1:

Dpto. Laboratorio de Aguas - ÁREA SERVICIOS
H. Lagos N° 333 - 6300 - Santa Rosa - Tel/Fax 02954 - 425345 - e-mail: lab_aguas@maHtelefonjca.com.ar

Tabla 16. Análisis de líquidos residuales Uriburu Septiembre '07.

 Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos
 MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Villegas 194 6300 - Santa Rosa La Pampa Tel.: (02954)-427046/ 43284S/ 43344S/ 433S96/ 4237S5

Análisis de Líquidos Residuales
Análisis N° 2898- 2899
Origen: Uriburu

Referencias: Planta fitoterrestre de tratamiento de efluentes.

Muestras: M1: Salida Cámara N° 3, M2: Laguna de Maduración.

Extractores: Muñoz - Zalazar

Solicitante: A.P.A.

Traslado: Refrigerado

Fecha extr.: 26/09/07

Fecha rec.: 26/09/07

Determinaciones	Unidades	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N° 3	Muestra N°	Muestra N°
Color		Amarronado	Verde Intenso			
Olor		Putrefacto	Caract.			
Aspecto		Turbio	Turbio			
Temperatura	(°C)	13	10			
PH		7,5	9			
rH-mv		S/D	S/D			
Sol. Sedimentares en 10'	(ml/l)	<0,1	<0,1			
Sól.Sedimentables en 2 hs.	(ml/l)	0,2	0,1			
Sol .Totales en Suspensión	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (*)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (**)	(mg/l)	S/D	S/D			
Sól.Totales disueltos (***)	(mg/l)	S/D	S/D			
OD	(mg/l)	S/D	S/D			
DBO ₅	(mg/l)	442	125			
DQO	(mg/l)	791	596			
N-NH/	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₂ "	(mg/l)	S/D	S/D			
N-NO ₃ "	(mg/l)	S/D	S/D			
SSEE	(mg/l)	S/D	S/D			
Conductividad	uS/cm	S/D	S/D			
Cr	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ ⁼	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad CO ₃ H'	(mg/l)	S/D	S/D			
Alcalinidad Total	(mg/l)	S/D	S/D			
SRAO	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro Total	(mg/l)	S/D	S/D			
Cloro libre	(mg/l)	S/D	S/D			
Fosforo Total (P.)	(mg/l)	S/D	S/D			
Fósforo de PQ, ³ⁿ	(mg/l)	S/D	S/D			
Sulfures Totales	(mg/l)	S/D	S/D			

Referencias: (* 103 -105 °Q ; (** 180 °C) ; (***) 550 °C - fijos y volátiles); (S/D: Sin determinar) ; (A/L:Accidente de laboratorio)

Ora. BEATRIZ BIUITR&N

Observaciones: Las temperaturas y pH se tomaron in situ.

 Hasta el momento del monitoreo no había descargado ningún camión. Los
 boca de registro de la salida de ambos filtros está rota, el agua por rebase y al
 que se produzcan encharcamientos.

Ambos filtros presentan fisuras laterales con escurrimiento de líquido.


 LABORATORIO DE AGUAS
 SIW «WIKHIL Of M»

 Los registros tienen los carriles
 hacia la laguna de mac

ANEXO II

Planta de Tratamiento de Líquidos Domiciliarios de Eduardo Castex



Figura 4. Cámara de Pre-Tratamiento o Sedimentación.



Figura 5. Lugar de descarga de los camiones atmosféricos.



Figura 6. Descarga de un camión.



Figura 7. Rejilla previa a la Cámara de Pre-tratamiento.



Figura 8. Entrada del efluente a la Cámara de Pre-Tratamiento.



Figura 9. Filtro Fitoterrestre en funcionamiento.



Figura 10. Planta carrizo (*Phragmites australis*).



Figura 11. Planta carrizo (*Phragmites australis*).



Figura 12. Humedal.

Planta de Tratamiento de Uriburu



Figura 14. Vista de la fosa decantadora.



Figura 15. Filtro Fitoterrestre.



Figura 16. Estado de los carrizos.



Figura 17. Vista del humedal.



Fotografía 18. Descarga de un camión en la fosa decantadora.



Fotografía 19. Descarga de un camión en la fosa decantadora.