

COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACION DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO “EL PERAL” EP-EMAPA AMBATO

Marco Viteri ^{1/} y Ramiro Velasteguí ^{2/}

1/ Tesis de Maestría. 2014. Maestría en Agroecología y Ambiente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato. E-mail: marco.vit-14@hotmail.com

2/ Ing. Agr., MSc, PhD, Profesor Universidad Técnica de Ambato. E-mail: rvelasteguis@yahoo.com

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Maestría en Agroecología y Ambiente, Campus Querochaca, Cevallos.
Telf. 593-32746171, Fax 593-32746231
Cevallos- Ecuador

Resumen

Las aguas residuales domésticas del sector residencial de Ficoa, Ambato llegan a la Estación “El Peral” en donde pasan por un sistema de tratamiento primario que posee acciones de sedimentación, de filtración y de pozo séptico. Las aguas así tratadas no cumplen con todas las características técnicas microbiológicas y físico-químicas por lo que son una fuente contaminante del río Ambato lugar en el que son descargadas.

Por esta razón, el presente estudio tuvo como principal propósito investigar el comportamiento de dos especies vegetales instaladas en dos humedales sucesivos en la descontaminación de dichas aguas residuales y determinar su uso potencial como sistema remediador.

Para el efecto se construyeron dos humedales: en el primer humedal se instaló la especie acuática flotante “Jacinto de agua” o “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae) con una capacidad de tratamiento de 10 m³ y en el segundo humedal se plantó “Carrizo” (*Arundo donax*, Fam. Poaceae) con una capacidad de tratamiento de 2 m³, de manera que las aguas residuales pasaban primero por el humedal de lechuguín y luego por el de carrizo.

Las tomas de las muestras de agua fueron: a) Testigo, es decir, agua sin reposo en los humedales; b), agua con 48 horas de reposo en los humedales y; c) agua con 96 horas de reposo en los humedales.

Los parámetros analizados en las muestras fueron: Dureza, pH, Conductividad eléctrica, Sólidos totales disueltos, Cloruros, Materia orgánica, Olor, Color, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Turbidez, Detergentes, Aceites, grasas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Aerobios totales.

Los cálculos estadísticos se basaron en aplicar el método estadístico de la prueba de t para medias de muestras emparejadas.

La investigación realizada permitió concluir que el sistema de humedales probado puede ser utilizado como un complemento en la descontaminación de aguas residuales de tipo doméstico, luego de que éstas sean tratadas por métodos convencionales. Cabe señalar que la acción de los dos humedales por separado o en secuencia permite disminuir la contaminación en las aguas residuales sin que existan diferencias estadísticas entre los dos.

En consecuencia, humedales con las especies, “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y “Carrizo” (*Arundo donax*) pueden ser utilizados, solas o en humedales sucesivos, en las estaciones municipales de tratamiento de aguas residuales domésticas como un complemento de los procesos actuales de tratamiento.

Abstract

The domestic waste water from the residences of Ficoa district in Ambato arrives at the station “El Peral” where they move through a system of primary treatment based on sedimentation, filtration and a septic tank. The waste water treated like that does not comply with all the technical microbiological and physical-chemical characteristics so it is a pollution source of the Ambato river in which are downloaded.

For this reason, the present study had as main purpose investigate the behavior of two species of plants installed in two successive wetlands in order to decontaminate those waste water and determine their potential use as a phytoremediation system.

For this, two wetlands were constructed: in the first wetland, 10 m³ of capacity, was put the floating aquatic species “water hyacinth” or “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae) and in the second wetland (2 m³ of capacity) was planted “wetland reeds” or “Carrizo” (*Arundo donax*, Fam. Poaceae). Then waste water first passed to the wetland of “lechuguín” and then to the wetland of “carrizo”.

The treatments investigated were: a) Water control without any treatment in wetlands; b) Water with 48 hours in the wetlands; c) Water with 96 hours in the wetlands.

The parameters analyzed in the samples were: hardness, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, chlorides, organic matter, odor, color, chemical oxygen demand (DQO), biochemical oxygen demand (DBO₅), turbidity, detergents, oils, fats, total coliforms, fecal coliforms and total aerobics.

Statistical calculations were based on applying the statistical method of t-test for paired samples mean.

The investigation showed that the wetland system tested can be used as a complementary decontamination of domestic waste water, applied after conventional treatments used. Wetland of “lechuguín” plus the wetland of “carrizo” both in sequence or each specie alone, are positive methods, because there is no statistical differences between them.

Consequently, plant species “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) and “carrizo” (*Arundo donax*) can be used alone or in successive wetlands, in order to treat domestic waste water as a complement method to the existing treatment processes.

INTRODUCCIÓN

Constantemente existe introducción de contaminantes a un medio natural, provocando en este un cambio adverso; el contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental (Echarri, 2007).

Ciceana (2001) describe a los humedales como biomas intermedios entre los ambientes que se encuentran permanentemente o temporalmente inundados, por la influencia de aguas superficiales o subterráneas (acuáticos), y de los normalmente secos (terrestres), en donde la saturación de agua es un factor para determinar el desarrollo del suelo y los diferentes tipos de comunidades de plantas y animales que viven en el suelo o en la superficie, y cuyos límites son: el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional. Estos biomas varían notablemente debido a las diferencias de cada región, en cuanto a su suelo, topografía, clima, hidrología, química del agua, vegetación y otros factores, incluyendo por supuesto a la perturbación humana.

Una de las infraestructuras construidas por el hombre son los humedales artificiales y Silva R. y Zamora Z. (2005) los describen como áreas que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes como espadañas, carrizos, juncos y enneas que aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas y permite la transferencia de oxígeno. Existen dos tipos de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento del agua residual.

Sistemas de flujo libre (FWS), en el cual el nivel del agua está sobre la superficie del medio de soporte, el flujo de agua pasa a través de la grava y de la vegetación que incluye juncos, cañas, espadañas y enneas, que están sembradas y fijas. Los tallos, hojas y raíces proporcionan el oxígeno al humedal.

Sistemas de flujo subsuperficial (SFS). Está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado; la vegetación emergente es la misma del FWS. El nivel del agua está por debajo de la superficie del soporte, el agua fluye únicamente a través del lecho de grava que sirve para el crecimiento de la película microbiana, que es la responsable en gran parte del tratamiento que ocurre, las raíces penetran hasta el fondo del lecho.

Las aplicaciones para humedales artificiales son variadas e incluyen tratamiento de aguas residuales municipales, industriales y agrícolas (Silva y Zamora, 2005).

Los vegetales utilizados como fitorremediadores en la investigación fueron “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y “Carrizo” (*Arundo donax*).

Llamado comúnmente “lechuguín, jacinto de agua común o camalote (*Eichhornia crassipes*), es una especie invasora de planta acuática, de la familia de las Pontederiaceae; endémica del Amazonas y de la cuenca del río Paraná. También es usada como planta medicinal (Contreras, 2009).

Contreras (2009) describe el estudio de una tecnología específica de tratamiento de aguas residuales, a través del cultivo de especies vegetales como el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), planta que se encarga de depurar el agua residual, es decir, de disminuir el contenido de contaminantes, para poder ser reutilizada.

Contreras (2009) dentro del estudio evalúa el efecto depurador del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) remueve grandes cantidades nitrógeno y fósforo, además de metales pesados como manganeso, cromo, cobre, zinc y plomo. Reduce también microorganismos patógenos y su sistema radicular es un excelente medio filtrante para minimizar los sólidos suspendidos.

En este trabajo se abordaron los aspectos teóricos y técnicos concernientes a los estanques de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) especializados en el tratamiento de aguas residuales. La importancia actual que tiene como método alternativo y algunos datos obtenidos experimentalmente para comparar la eficiencia del efecto depurador de esta especie con el que tienen otras especies acuáticas sobre los desechos domésticos.

Deltoro et al. (2012) se refieren al carrizo de género *Arundo* (L.) que pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae) e incluye seis especies nativas, de climas cálidos de Europa, Asia y África. Se dice que este cultivo presenta problemas en los medios fluviales mediterráneos, en la especie *A. donax*, comúnmente conocida como “caña o cañizo o carrizo”. Desde el punto de vista taxonómico, *A. donax* pertenece a la subfamilia Arundinoideae.

Al hablar de *Arundo donax*, Pozo (2012) describe como una planta cuyas raíces ayudan a la eliminación de microorganismos patógenos, retención de nutrientes y remoción de minerales; siendo una planta herbácea interesante que actúa de forma tapizante, con sus rizomas es un sistema natural efectivo. Esta especie protege a los microorganismos de los cambios ambientales que pueden ser letales y crea una estructura estable, en las depuradoras convencionales de aguas para el tratamiento biológico, lo que se conoce como sopa de bacterias.

Según el Plan Nacional de Calidad Turística del Perú, Caltur (2008), el tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería.

Las aguas residuales pueden ser tratadas dentro del terreno del hospedaje (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) y en caso de zonas comunales, éstas son llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente pueden utilizar bombas para ser trasladadas a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones locales y sectoriales (regulaciones y controles).

Moreno et al. (2013) presentan diferentes métodos para el tratamiento de las aguas servidas, pasando por sistemas completos de tratamiento de aguas residuales que contienen trampa de grasas, tanque de balance o estabilización, tanque de aireación, tanque de sedimentación, humedal subsuperficial de flujo ascendente y humedal superficial.

Un sistema de descontaminación de aguas servidas debe contar con un tanque separador de sólidos, canales de sedimentación y lagunas de descontaminación. La generación de líquidos contaminados que se escurren a través del suelo, motiva al uso de este tipo de tecnología para que al final del proceso, las aguas vertidas cumplan con los parámetros ambientales establecidos y no generen focos de contaminación y proliferación de enfermedades.

Para el tratamiento de aguas residuales la presente investigación propone como alternativa al manejo del agua residual a través de plantas remediadoras en humedales artificiales como un sistema biológico, un primer humedal que contiene plantas de lechuguín y un segundo humedal que contiene plantas de carrizo. El agua es sometida a un tratamiento primario convencional y posteriormente a los dos humedales señalados. La descontaminación del agua se lleva a cabo por la acción de bacterias y otros microorganismos presentes en las raíces de las plantas y rizomas y por la generación de oxígeno de las especies anotadas a más de retener partículas de sólidos.

La fitorremediación es una tecnología emergente, de categorización verde para la remediación de suelos, sedimentos, agua superficial y subterránea, que se basa en el uso de la vegetación como principal agente descontaminador, para eliminar sustancias peligrosas para el medio ambiente (Alkorta, 2000).

Se pueden distinguir dos tipos diferentes de “fitorremediación”: “in planta” y “ex planta”, según se realice la degradación del contaminante dentro de la propia planta o fuera de ella. En el primer caso (in planta), la planta absorbe el contaminante y lo incluye dentro de ella, mientras que cuando es “ex planta”, dicha degradación se realiza en la zona de la rizósfera, debido a los exudados radicales y los microorganismos presentes en ella (Hutchinson et al., 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Especies utilizadas en la investigación

- Jacinto de agua o lechuguín (*Eichhornia crassipes*)
- Carrizo (*Arundo donax*)

Tipo de agua residual

- Domésticas de las descargas de las alcantarillas del sector Ficoa La Delicia que son evacuadas a la Planta de Tratamiento “El Peral” del Municipio de Ambato.

Instalación de Humedales.- Se instalaron dos humedales, el uno con planta flotante lechuguín y otro con carrizo, los que estaban conectados por un tubo de PVC por el que circula el agua contaminada de un humedal a otro, para la instalación del carrizo se debió esperar mayor tiempo ya que la planta no se adapta fácilmente al agua contaminada, esperando para que entre en funcionamiento 30 días.

Recolección de las muestras.- Una vez instalados los humedales se tomaron muestras en cada humedal para ser analizadas en el laboratorio Lacquanálisis por ser un laboratorio con certificación OAE, a los 87 y 95 días siendo el primer ciclo de muestras, y un segundo ciclo de muestras a los 95 y 103 días de instalados los humedales. El diseño experimental aplicado fue el de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Caracterización de aguas residuales.- La caracterización de las aguas residuales que son consideradas para la investigación son las que llegan a la Planta de Tratamiento El Peral. Para lo cual se recolectó muestras de las aguas residuales en cada humedal y se las envió para su análisis en Lacquanálisis, tomando en cuenta los parámetros a ser analizados:

Tabla 1: Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en el agua

Parámetros	
Análisis Físico Químicos	Unidades
Dureza	mgCaCO ₃ /l
pH	UpH
Conductividad	us/cm
Sólidos totales disueltos	mg/l
Cloruros	mgCl/l
Materia orgánica	kg/día
Olor	N/A
Color	Unid. Pt-Co
DQO	mg/l
DBO ₅	mg/l
Turbidez	NTU
Detergentes	mg/l
Aceites y Grasas	mg/l
Análisis Microbiológicos	Unidades
Coliformes Totales	NMP/100ml
Coliformes Fecales	NMP/100ml
Aerobios totales	UFC/100ml

Elaborado por: Marco Viteri. 2013

Proceso de descontaminación.- Las muestras de las aguas residuales procesadas se tomaron en recipientes de un galón para los análisis físico-químicos y de 50 ml para los análisis microbiológicos (4,68 l), luego de 48 horas y 96 horas del agua en reposo en los humedales, muestras que se enviaron para su análisis al laboratorio Lacquanálisis; se ejecutaron 12 tomas de muestras, de las cuales se consideraron como inicial la del día 87 y

final la del día 95 para el primer muestreo, mientras que para el segundo se parte del día 95 y se termina en el día 103 como lo demuestran las Tablas 16 y 17.

RESULTADOS

Las especies investigadas; “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae y “Carrizo” *Arundo donax*, Fam. Poacea, son aptas para las condiciones medioambientales existentes en la planta de tratamiento “El Peral”; pero al ingresar aguas contaminadas, el carrizo tiene un proceso de adaptabilidad diferente al lechuguín, ya que necesita estar por un tiempo determinado (30 días) en contacto con el agua contaminada hasta ejercer completamente su actividad.

Los parámetros estudiados se encuentran entre los valores TULAS (2010) para determinar el tipo de calidad de agua, siendo esta agua apta para ser descargada al río y pudiendo utilizarse en riego de cultivos no hortícolas y otros menesteres.

De acuerdo a los análisis de los parámetros fisicoquímicos, se obtuvo un aumento en la primera toma de muestras en los parámetros de pH, STDS, detergentes y aceites y grasas; en la segunda toma de muestra el pH decrece, el STDS mantiene su tendencia, mientras que la conductividad y turbidez incrementa su valor.

De acuerdo a los análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes), se obtiene una disminución de sus concentraciones de contaminación, pero sin llegar a ser óptimos para el consumo humano, por la presencia de coliformes fecales ya que éstos influyen en la salud humana.

La innovación tecnológica propuesta en este estudio, es decir, que el agua pase primero por el humedal de lechuguín y luego pase por el humedal de carrizo, es una alternativa para complementar los procesos fitorremediadores convencionales que se realizan en la Planta de Tratamiento El Peral.

Los procesos existentes actualmente en la Planta de Tratamiento El Peral, se complementan con la acción fitorremediadora, al activar los microorganismos presentes tanto en las raíces de las plantas y el medio circundante, logrando mejorar la calidad de agua que es vertida al río Ambato.

Al instalar los humedales, los costos varían en un 13%, siendo más costoso el lechuguín, lo que se compensa con el tiempo que tarda el carrizo para entrar en funcionamiento como humedal; considerando que el lechuguín funciona a los 30 días de instalado, mientras el carrizo demora 60 días para soportar la carga de contaminantes a ser descontaminada.

Para la construcción de los humedales, se tiene presente que estos sean sucesivos, ya que la acción del uno completa el funcionamiento del otro y se obtienen mejores resultados, esto se demuestra con los datos tomados durante el estudio (Tablas 16 y 17), aunque sin diferencias significativas.

DISCUSIÓN

La discusión del presente trabajo de investigación está contenida en el documento desarrollado de tesis de grado y está basada en la confrontación de los resultados obtenidos con los resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas en otras instituciones nacionales y extranjeras cuyas referencias constan en la bibliografía del documento in extenso. En este artículo técnico la discusión está extractada sin que consten las referencias bibliográficas.

Las especies investigadas, “Lechuguín” *Eichhornia crassipes* y “Carrizo” *Arundo donax* pueden ser utilizadas como biofiltros en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, como complemento de los procesos actuales de tratamiento.

El “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, posee resistencia al contacto con aguas contaminadas y se adapta fácilmente, pero al ser una planta invasora se debe precautelar su manejo, debiendo programar limpiezas de los humedales con frecuencias no mayores a los 30 días ya que se multiplican rápidamente, el material vegetal de este manejo se lo puede reutilizar como abono verde.

El “Carrizo” *Arundo donax*, para su adaptabilidad y resistencia al contacto con aguas contaminadas tiene un proceso lento para su implementación, pero una vez implantado se vuelve una planta invasora, la misma que se la debe manejar periódicamente y aprovecharla ya que posee múltiples usos.

Tanto el lechuguín como el carrizo son plantas que deberían ser utilizadas en nuestro medio, como complemento para el mejoramiento de la calidad de agua que se vierte al río Ambato en las plantas de tratamiento de la ciudad, debiendo establecerse áreas para su instalación.

En la impermeabilización de los humedales cuando se utilizan plantas acuáticas como lechuguín, se deben tener en cuenta sistemas de impermeabilización alternativos, como la utilización de asfaltos o compactación de suelos para así bajar costos.

Para la implementación de humedales en los que se utilizan plantas enraizadas en sustratos como el carrizo, la impermeabilización no es necesaria, ya que para su crecimiento necesita del elemento suelo, el mismo que está presente en el lecho.

El agua que es descargada al río puede ser utilizada para riego, pero tomando en cuenta que no sean hortalizas las que reciban el beneficio del riego.

REFERENCIAS

Alkorta, I.; Garbisu, C. 2000. Phytoremediation of organic contaminants in soils. *Bioresource Technology* 79, pg 273 – 276. Elsevier Science Ltd.

Contreras K. 2009. Diseño de un Sistema de Tratamiento Secundario de la descarga de aguas grises y Negras en el Terminal de GLP Oyambaro. Tesis Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad Central de Ecuador.

Deltoro T. V., Jiménez R. J. y Fragueiro V. X. 2012. Bases para el manejo y control de Arundo donax L. (Caña común) España, Valencia, Colección de manuales técnicos. 69 p.

Echarri L. 2007. Contaminación del agua. Universidad de Navarra. 26 p.

Hutchinson, S.; Banks, M.; Schwab, A. 2001. Phytoremediación of aged petroleum sludge: Effect of inorganic fertilizers. Journal Environmental Quality, vol.30

Moreno V., Bustamante Z, Murgueitio R., Arango A., Calle D., Naranjo F., Cuartas A. Caro F., Medidas Integrales para el Manejo Ambiental de la Ganadería Bovina, Cartilla #2, Recurso Natural Agua. Universidad de Colombia. Consultado en <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=858259> (18/07/2013).

Plan Nacional de Calidad Turística del Perú-Cultur 2008. Manual Técnico de Difusión. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. Perú. Ministerio de Comercio exterior y Turismo. 62p.

Pozo, C.G. 2012. Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo. Salcedo-Cotopaxi. Tesis Maestría en Producción Más Limpia (PML). Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. 181p.

Silva R. y Zamora Z. 2005. Humedales Artificiales. Trabajo de Grado; Modalidad Monografía. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales 100 p.

ANEXOS

Tabla 16.- Resultados de la primera toma de las muestras.- Son los resultados de los análisis proporcionados por Lacquanálisis 2012 durante el período del 20 al 27 de noviembre de 2012.

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo	%
			87 días	95 días	Descontaminación
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO ₃ /l	181,30	169,05	6,76 %
	pH	UpH	7,55	7,60	-0,66 %
	Conductividad	us/cm	920,00	871,00	5,33 %
	Sólidos totales disueltos	mg/l	354,00	541,00	-52,82 %
	Cloruros	mgCl/l	68,43	60,83	11,11 %
	Materia orgánica	kg/día	10,02	8,47	15,47 %
	Olor	N/A	Característico	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	466,00	376,00	19,31 %

	DQO	mg/l	179,00	151,00	15,64 %
	DBO5	mg/l	116,00	98,00	15,52 %
	Turbidez	NTU	29,79	26,90	09,70%
	Detergentes	mg/l	6,90	8,30	-20,29%
	Aceites y Grasas	mg/l	1,90	2,70	-42,11%
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	1×10^{10} 10000000000,00	$1,5 \times 10^6$ 1500000,00	0,02%
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	1×10^{10} 10000000000,00	$3,4 \times 10^5$ 3400000,00	0,03%
	Aerobios totales	UFC/100ml	1×10^{10} 10000000000,00	1×10^{10} 10000000000,00	00,00%

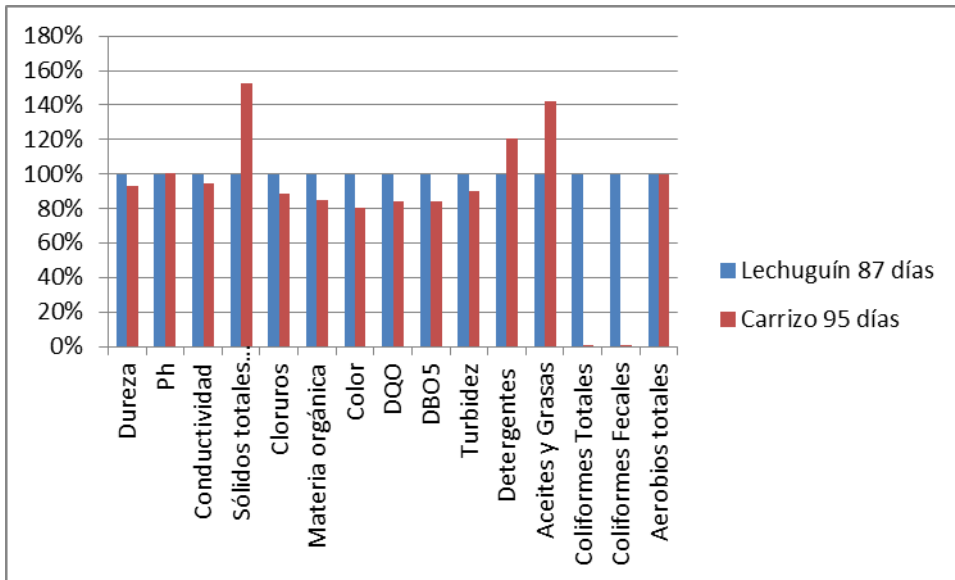
Fuente: Marco Viteri - Elaborado por: Marco Viteri. 2013

Tabla N.- 17 Segunda toma de muestras.- Son los resultados de los análisis proporcionados por Lacquanálisis 2012 durante el período del 27 de noviembre y el 3 de diciembre del 2012.

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo	% Descontaminación
			95 días	103 días	
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO ₃ /l	176,40	173,55	1,62 %
	Ph	UpH	7,64	7,42	2,88 %
	Conductividad	us/cm	795,50	922,25	-15,93 %
	Sólidos totales disueltos	mg/l	410,00	441,00	-07,56 %
	Cloruros	mgCl/l	68,44	62,10	9,26 %
	Materia orgánica	kg/día	7,78	5,70	26,74 %
	Olor	N/A	Característico	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	428,00	214,00	50,00 %
	DQO	mg/l	139,00	101,00	27,34 %
	DBO5	mg/l	90,00	66,00	26,67 %
	Turbidez	NTU	17,00	36,00	111,76 %
	Detergentes	mg/l	6,60	5,70	13,64 %
	Aceites y Grasas	mg/l	3,20	2,40	25,00 %
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	$1,1 \times 10^6$ 110000,00	$1,7 \times 10^5$ 170000,00	-54,55 %
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	$4,6 \times 10^5$ 460000,00	$1,4 \times 10^5$ 1400000,00	-204,35 %
	Aerobios totales	UFC/100ml	$2,8 \times 10^6$ 2800000,00	$2,4 \times 10^6$ 2400000,00	14,29 %

Fuente: Marco Viteri - Elaborado por: Marco Viteri. 2013

Gráfico 1.- La línea roja muestra la eficacia del tratamiento fitoremediador de las especies investigadas durante el primer ciclo de toma de muestras.



Fuente: Marco Viteri - Elaborado por: Marco Viteri. 2013

Gráfico 1.- La línea roja muestra la eficacia del tratamiento fitoremediador de las especies investigadas durante el segundo ciclo de toma de muestras.

