

ARTÍCULO TÉCNICO

FITORREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO. SALCEDO-COTOPAXI.

César Germán Pozo Yépez^{1/} y J. Ramiro Velasteguí Sánchez^{2/}

1/ Ing. Al. Tesis Maestría en Producción Más Limpia (PML). 2012. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.162p. gpozoy@hotmail.com

2/ Profesor, Ing. Agr., MSc, PhD, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Director de Tesis. rvelasteguis@yahoo.com

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica. Campus Huachi, Av. Los Chasquis y Rio Payamino. Telf: 593-32400989, Fax 593-32400998, Ambato – Ecuador

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito fundamental el de evaluar el comportamiento, por separado, de un humedal con la especie vegetal “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y un humedal con la especie vegetal “carrizo” (*Arundo donax*) para descontaminar las aguas del canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato. Estas aguas reciben efluentes de aguas servidas, fábricas, establos, hospitales, mataderos y explotaciones agropecuarias, sin ningún tratamiento previo, por lo que las concentraciones de contaminantes en su mayoría están fuera de los valores límite permisibles contemplados en la Tabla 12, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Entre los valores más significativos están los de Coliformes Fecales y Coliformes Totales lo que plantea un serio riesgo para la salud pública a través de los alimentos que son producidos y lavados en las áreas agrícolas. Cada humedal vegetal tenía dimensiones de altura: 0.80 m.; ancho: 1.60 m.; longitud: 4.00 m., para un volumen total de 5.12 m³. Los factores en estudio fueron el “lechuguín” y el “carrizo” como especies vegetales y 0, 2 y 4 días como tiempos de retención de las aguas en cada humedal. Los parámetros analíticos evaluados fueron: Turbidez; pH; Conductividad Eléctrica; Sólidos suspendidos totales; Sólidos Sedimentables; Dureza total; Sulfatos; Nitratos; Amonio; DBO₅; DQO; Coliformes fecales; Coliformes totales; Materia orgánica. En el análisis de validación final se consideró además Cromo hexavalente y Plomo. Se empleó el programa

estadístico Statgraphics Plus, pruebas de comparación de medias y graficación. Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua se contrastaron con los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental vigente. Al examinar los resultados obtenidos en la investigación se pudo evidenciar la disminución de la concentración de los contaminantes del agua del canal especialmente en el caso del humedal con "lechuguín". En el caso del humedal con "carrizo" también ocurrió dicha disminución aunque con ciertas variaciones. Se pudo concluir que los dos vegetales empleados en el trabajo investigativo fueron eficaces en la descontaminación de las aguas del canal. Se recomienda que en una siguiente investigación se prueben los dos tipos de humedal en secuencia, es decir, que primero las aguas del canal pasen por el humedal de "lechuguín" y luego por el de "carrizo".

Summary

The research work was carried out in order to decontaminate the waters of the irrigation channel Latacunga-Salcedo-Ambato which contains high levels of contaminants, out of the permit limits for the Ecuadorian legislation TULAS. Therefore, the research was aimed to improve the characteristics of the waters and compare them with the TULAS permissible maximum levels. The field research involved two pools with one plant each, the first one had "lechuguín" (*Eichhornia crassipes*) and the second one had "carrizo" (*Arundo donax*). Each pool had: 0.80 m. height; 1.60 m. wide; 4.00 m. long, for a total volume of 5.12 m³. The investigated factors were the two plant species and the days of the water retention in each pool: 0, 2 and 4 days. The evaluated analytical parameters were: Turbidity; pH; Electrical conductivity; Total suspended solids; Sedimented solids; Total hardness; Sulphates; Nitrates; Ammonium; Biological Oxygen Demand (BOD); Chemical Oxygen Demand (COD); Total and fecal coliforms; Organic matter; Chromium and Lead. The results of the water analysis were contrasted with the maximum limits permitted by TULAS. The results showed the decrease in the concentration of the water pollutants, especially in the pool with "lechuguín" and also in the one with "carrizo" although with some variations. It was concluded that both plant species used are good to decontaminate the polluted water tested and are interesting options in similar situations. For further investigations it is recommended that the water channel pass first by a pool with "lechuguín" and then by a pool with "carrizo".

Planteamiento del problema

Las aguas del río Cutuchi, provincia de Cotopaxi, Ecuador, están altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Laso recibe efluentes de aguas servidas, fábricas, establos, hospitales, mataderos, entre otros, sin ningún tratamiento previo, para luego formar el canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga.

Se señala que en Latacunga el río Cutuchi recibe un volumen diario de 30.000 m³ de aguas servidas de uso doméstico; aguas residuales de algunas fábricas de alimentos lecheras y cárnicas; del Hospital General; del Hospital del Seguro Social; del Camal Municipal y; de la contaminación por actividades agrícolas (CNRH, 2002).

Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002) el río Cutuchi a la altura de la ciudad de Latacunga tiene un caudal medio anual de 5.2 m³/seg equivalente a 164 millones de metros cúbicos.

Luego de pasar las aguas del río Cutuchi por Latacunga en la parte sur de la ciudad, una fracción de su caudal es captado por los canales de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y Jiménez-Cevallos cuyas aguas contaminadas son utilizadas para irrigación agrícola y crianza de animales en importantes áreas de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua estimadas en 24000 hectáreas siendo sus productos transportados para la venta en ciudades tales como Latacunga, Ambato, Riobamba e incluso Quito y Guayaquil (CESA, 2003).

Ante la problemática existente el Objetivo General planteado por el presente trabajo de investigación fue el de realizar un estudio de fitorremediación en las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo. Los Objetivos Específicos fueron: 1) Determinar los niveles de los contaminantes físicos- químicos y microbiológicos de las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato; 2) Diseñar dos humedales vegetales a nivel de prototipo de campo, en base a “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y “carrizo” (*Arundo donax*) para la fitorremediación de las aguas del canal en el sector de la Argentina, Salcedo. 3) Validar la efectividad de los humedales investigados. 4) Realizar un estudio económico de las tecnologías empleadas.

Dispositivo Experimental

Cada humedal vegetal tenía las dimensiones: Altura: 0.80 m.; Ancho: 1.60 m.; Longitud: 4.00 m.; Volumen total: 5.12 m³

Los factores en estudio fueron:

FACTORES	NIVELES
A: Vegetales para fitorremediación	A1: Lechuguín
	A2: Carrizo
B: Tiempo de retención	b0: 0 días
	b1: 2 días
	b2: 4 días

Los parámetros analíticos evaluados fueron: Turbidez; pH; Conductividad eléctrica; Sólidos suspendidos totales; Sólidos sedimentables; Dureza total; Sulfatos; Nitratos; Amonio; DBO₅; DQO; Coliformes fecales; Coliformes totales; Materia orgánica. En el análisis de validación final se consideró además Cromo hexavalente y Plomo.

La toma de las muestras se ejecutó bajo modalidad convencional y los análisis fueron realizados en los laboratorios Cestta-Epoch, acreditados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).

Los resultados de los análisis de las aguas fueron confrontados con los Valores límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, Tabla 12, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

Los datos registrados en la investigación fueron tratados estadísticamente mediante el paquete computarizado Statgraphics Plus.

Principales Resultados

Tabla 1. Resumen de resultados de parámetros analíticos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el humedal de “lechuguín”

PARAMETROS	UNIDAD	METODO NORMA	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE
			0 DIAS	2 DIAS	4 DIAS	
TURBIEDAD	UTN	APHA2130B	2,13	2,91	0,93	
POTENCIAL HIDROGENO	-	APHA4500H	8,08	7,79	7,53	5-9
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Us/cm	APHA2510	705	574	734	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	APHA2540D	<50	<50	<50	100
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	APHA2540B	0,9	0,1	0,1	1,0
DUREZA TOTAL	mg/L	APHA2340C	240	290	301	-
SULFATOS	mg/L	APHA4500 SO42-E	26	28	29	1000
NITRATOS	mg/L	APHA4500-NO3-E	1,5	1,4	1,2	-
AMONIO	mg/L	EPA Water Waste No.350.2,1974	0,42	<0,1	0,37	-
DBO5	mg/L	APHA5210E	20	10	4	100
DQO	mg/L	APHA5220D	35	40	16	250
COLIFORMES FECALES	UCF/100 ml	APHA9222D,9221	400000	700	100	2500
COLIFORMES TOTALES	UCF/100 ml	APHA9222,9221	>1X10 ⁶	8100	2100	5000
MATERIA ORGANICA		Oxidación húmeda,Walkley	16	21	9	-

Fuente: Cesta-Epoch, 2011

Tabla 2. Resumen de resultados de parámetros analíticos del agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el humedal de “carrizo”

PARAMETROS	UNIDAD	METODO NORMA	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE
			0 DIAS	2 DIAS	4 DIAS	
TURBIEDAD	UTN	APHA2130B	2,13	10,17	9,22	
POTENCIAL	-	APHA4500H+	8,08	8,48	8,76	5-9
HIDROGENO						
CONDUCTIVIDAD	Us/cm	APHA2510	705	698	878	-
ELECTRICA						
SOLIDOS	mg/L	APHA2540D	<50	<50	<50	100
SUSPENDIDOS						
TOTALES						
SOLIDOS	mg/L	APHA2540B	0,9	0,2	0,1	1,0
SEDIMENTABLES						
DUREZA	mg/L	APHA2340C	240	334	335	-
TOTAL						
SULFATOS	mg/L	APHA4500 SO42-E	26	28	32	1000
NITRATOS	mg/L	APHA4500- NO3-E	1,5	1,4	1,8	-
AMONIO	mg/L	EPA Water Waste No.350,2,197 4	0,42	0,24	0,85	-
DBO5	mg/L	APHA5210B	20	10	8	100
DQO	mg/L	APHA5220D	35	41	35	250
COLIFORMES FECALES	UCF/100 ml	APHA9222D,9 221	400000	5700	500	2500
COLIFORMES TOTALES	UCF/100 ml	APHA9222,92 21	>1X10 ⁶	90000	20000	5000
MATERIA ORGANICA		Oxidación húmeda/Walk ley	16	23	20	-

Fuente: Cesta-Epoch, 2011

En el análisis de validación final se registraron también resultados de 0.016 mg/l de Cromo hexavalente siendo 0.5 mg/l el valor límite permisible y de <0.3 mg/l de Plomo siendo 0.2 mg/l el valor límite permisible.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

De los resultados obtenidos en la investigación se puede determinar que las aguas del río Cutuchi, provincia de Cotopaxi, conducidas luego por el canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato, poseen concentraciones de contaminantes en su mayoría fuera de los valores límite permisibles contemplados en la Tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Entre los valores más significativos están los de Coliformes fecales y totales lo que plantea un serio riesgo para la salud pública por los alimentos que son producidos y lavados en las áreas agrícolas.

La fitorremediación investigada mediante humedales separados de "lechuguín" (*Eichhornia crassipes*) y de "carrizo" (*Arundo donax*), a dos y cuatro días de retención de las aguas, estableció que la utilización de estos dispositivos es efectiva, determinándose que el humedal de "lechuguín" es el más aconsejable pues a partir de los 2 días de retención existió ya disminución de las

concentraciones de contaminantes. El humedal vegetal de “carrizo” también fue eficaz aunque con ciertas variaciones como los coliformes totales, por ejemplo. En el análisis de validación final, dos metales pesados como hexavalente y plomo, registraron niveles dentro de los límites permisibles.

Las plantas de “lechuguín” se adaptaron a las aguas del canal sin ningún contratiempo mientras que las plantas de “carrizo” mostraron fitotoxicidad cuando pequeñas.

El estudio económico realizado determinó que el empleo de estas tecnologías alternativas de descontaminación es de bajo costo y por tanto accesible para agricultores de escasos recursos.

Recomendaciones

Se sugiere realizar investigación probando que las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato pasen a través de dos humedales sucesivos, es decir, primero por un humedal de “lechuguín” y luego por el de “carrizo”.

Es recomendable que las plantas de “carrizo” estén convenientemente establecidas en el suelo del humedal antes de que el agua contaminada pase por ellas, a fin de evitar daños por fitotoxicidad.

Se recomienda que se investigue el comportamiento de las especies probadas en el presente trabajo con el paso del agua por los humedales a diferentes velocidades a fin de establecer su eficiencia.

Referencias

Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA). 2003. El Riego y la Producción Agrícola en la Provincia de Cotopaxi. CESA, PDA Pujilí, Swissair, Codereco. Cotopaxi-Ecuador. 16p.

Cervantes, J. 2008. Humedales de lirio acuático (*Eichornia crassipes*) en aguas grises. Consultado en: www.ejournal.unam.mx/cns/no53 (27-10-09)

Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). 2002. Proyecto Piloto para el Manejo Integral del Recurso y Tratamiento de Aguas Servidas en la Cuenca del Río Cutuchi. CNRH, Codereco, Cohiec. 29p.

Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). 2002. Modelo Institucional de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en el Ecuador. Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaria General de la OEA. Quito – Ecuador. v/p.

España, J. 2006. Estanques de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para tratamiento de residuos industriales. Universidad del Valle. Ingeniería Química. Santiago de Cali. Consultado en:

<http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-dejacinto/Estanquesdejacinto2.shtml> (27-10-09)

Fiallos, L.L.; Velasteguí, J.R.. 2011. Innovación biológica para la depuración de aguas contaminadas en la estación "El Peral", EMAPA-Ambato. Tesis Ing. Bioq. FCIAL-UTA. Consultado en:
<http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/ramiro-velastegui/depuracion-de-aguas-contaminadas.pdf>

Frers, C. 2005. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Consultado en: <http://www.ecojoven.com> (27-10-09)

Seoanez, M. 2007. Aguas residuales urbanas. Tomo II, Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Consultado en: www.ecopuerto.com (27-10-09)

Velasteguí, J.R. 2010. Apuntes del curso de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato. v/p.

Velasteguí, J.R. 2012. Calificación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo (Pelileo, Tungurahua) e instalación de dispositivos ecológicos piloto para su descontaminación. Planificación proyecto CEVIC-Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato. 32p. (En ejecución)