

INNOVACIÓN BIOLÓGICA PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS EN LA ESTACIÓN “EL PERAL”, EMAPA-AMBATO

Liliana L. Fiallos N.^{1/} y J. Ramiro Velasteguí S.^{2/}

1/ Ing. Bioq, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. lilifi22@hotmail.com

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

Instituciones Cooperantes:

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA)
Av. Antonio Clavijo y Manuel Sánchez/Casilla 521
Teléfono pbx (593-3) 2997700 / Fax ext. 513 www.emapa.gov.ec
Ambato - Ecuador

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 estudio tuvo como propósito fundamental mejorar las características de agua de la estación El Peral, utilizando componentes biológicos alternativos. Dicha estación, se encuentra ubicada en el sector de Ficoa –La Delicia, al noreste de la ciudad de Ambato, en una de las aéreas que dispone la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA) para la recepción de aguas contaminadas (aguas servidas) provenientes de aguas de uso doméstico. Estas aguas circulan por un sistema de tratamiento de sedimentación, filtración y pozo séptico para luego ser descargadas en el río Ambato. Las aguas no cumplen con las características

técnicas tanto microbiológicas como físico-químicas como para ser descargadas en un río, por lo que están contribuyendo a la contaminación ambiental.

La mencionada innovación consistió en dos estanques en los que se cultivaron por separado dos especies vegetales, el uno contuvo “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) – Fam. Poaceae y el otro “carrizo” (*Phragmites australis* – Fam. Pontederiaceae.

Para conocer las características de las aguas se analizó: pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos totales, Demanda química de oxígeno(DQO), Demanda bioquímica de oxígeno

(DBO₅), detergentes, nitrógeno, fósforo, color, olor, coliformes totales y fecales.

Mediante la aplicación del programa estadístico Statgraphics Plus y pruebas de comparación de medias, se compararon las diferencias de las características físico-químicas y microbiológicas. Los resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa en la mayoría de parámetros tales como DBO₅, DQO, sólidos disueltos totales, nitrógeno y fósforo, que constituían parte importante de la carga contaminante. Los resultados de los análisis se contrastaron con los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental vigente.

Al examinar los resultados obtenidos en la investigación se pudo evidenciar el decremento de la concentración de los contaminantes especialmente en el caso del

estanque con “lechuguín” puesto que el vegetal se adaptó al medio sin problema, no así en el caso del estanque con “carrizo” que aunque disminuyó la carga contaminante, no tuvo un comportamiento estable debido probablemente al tipo y niveles de concentración de los contaminantes.

Se puede concluir que los dos vegetales empleados por separado son beneficiosos para la descontaminación de las aguas servidas que pasan por la Estación “El Peral”, EMAPA-Ambato y que constituyen alternativas de interés en casos similares.

Palabras Claves:

Descontaminación, “Lechuguín”, “Carrizo”, Aguas Contaminadas, Aguas servidas, TULAS.

SUMMARY

The waste water treatment plant called “El Peral” is located in the city of Ambato, within the area of Ficoa-La Delicia. This is a plant that the Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA) is using to collect and decontaminate the waters polluted by household use. This waters go through a system of sedimentation and filtration treatment, and then through a septic tank to be finally discharged into the Ambato river. However these waters do not satisfy nor the microbiological characteristics neither the physicochemical ones to be discharged into the river because they are polluting it and so the general environmental pollution.

This research called “Biological innovation to purify contaminated waters in the treatment plant El Peral, EMAPA-Ambato”, was aimed to improve the characteristics of the waters in order to satisfy the permissible maximum levels of pollution according to the national environmental legislation called TULAS.

The innovation involved two pools where two plant species were grown separately, the first tank had “lechuguín” (*Eichhornia crassipes* – Fam. Poaceae), the second tank had “carrizo” (*Phragmites australis* – Fam. Pontederiaceae).

To know the water quality, some characteristics were analyzed: pH,

temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, chemical oxygen demand (DQO), biochemical oxygen demand (DBO), detergents, nitrogen, phosphorus, color, smell, total and fecal coliforms. The evaluation took place in two separated months and four times each per month. An experimental design A x B with two replicates was used as well as the Statgraphics Plus program for statistical calculations. The results found shown that there are statistical difference in the majority of the parameters such us DBO, DQO, total dissolved solids, nitrogen and

phosphorus. The results of the analysis were contrasted with the maximum limits permitted.

The results showed the decrease in the concentration of the pollutants, especially in the pool with "lechuguin" which was growing well in the pool without any problem whereas "Carrizo" have no a normal growth probably due to the kind and levels of concentration of pollutants.

It was conclude that both plant species used are good to decontaminate the polluted water tested and are interesting options in similar situations.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo.

La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda. El uso de los recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utilizan. El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua significa una mayor carga de aguas servidas. Se entiende por desarrollo sostenible aquel que permita compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas. Hay que considerar también que el hombre influye sobre el ciclo del agua

de dos formas distintas, bien directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas como se ha dicho, o bien indirectamente alterando la vegetación y la calidad de las aguas.

El mundo por muchos años ha sido descuidado y maltratado por los seres humanos. La industrialización y el modernismo son algunos factores que ayudan a la contaminación del ambiente.

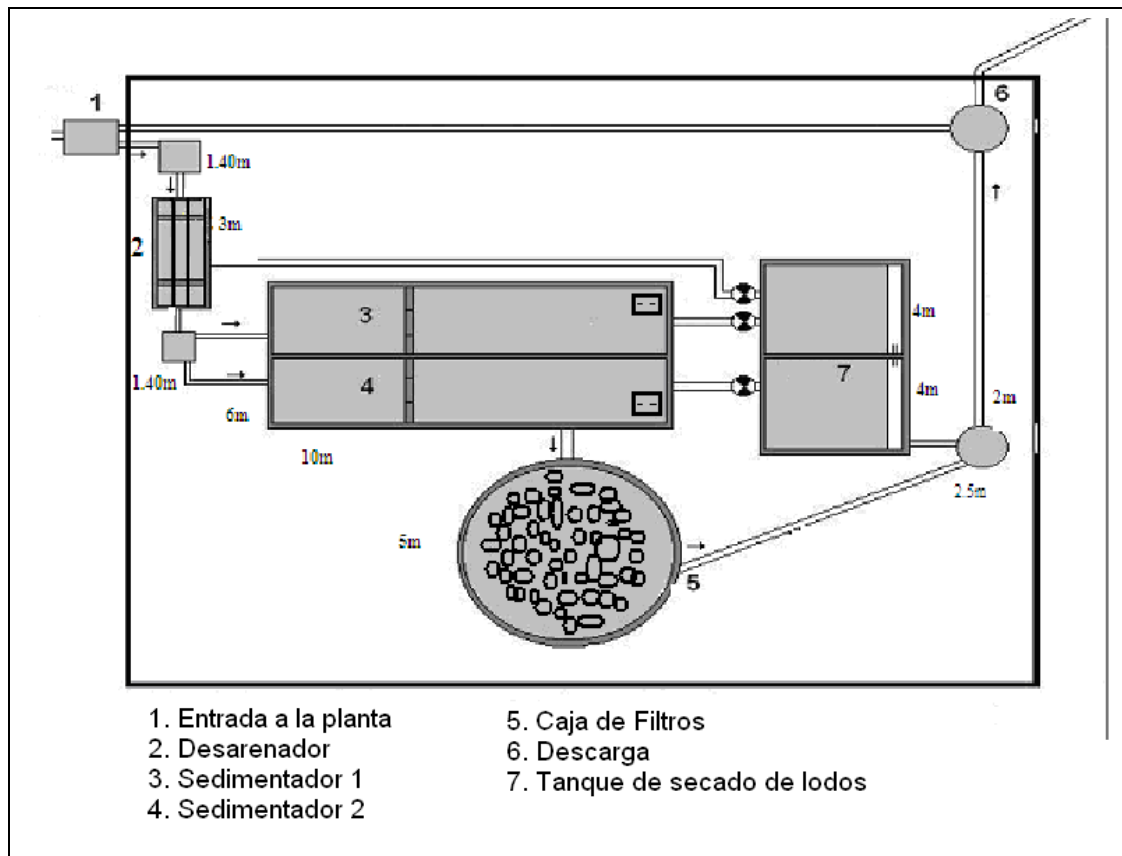
Como consecuencia del incontrolable crecimiento urbano y del sector industrial, en las últimas décadas se ha venido atendiendo y soportando un grave problema de salubridad como son los incrementos constantes y masivos de las aguas servidas, el colapso y la falta de mantenimiento de las estaciones de bombeo existentes arrastrando diferentes problemas urbanísticos, como son el afeamiento y deterioro de los sectores y enfermedades en la comunidad.

Dentro del contexto nacional, el problema de las aguas servidas, ha ocupado en los últimos años un lugar relevante en las políticas sanitarias del país al punto de haberse constituido en una de las principales actividades. Cuando las aguas servidas son recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización, existen los mismos peligros para la salud pública en el punto de descarga. Si dicha descarga

es en aguas receptoras, se presentarán peligrosos efectos adicionales. El problema de las aguas servidas se enfoca más que todo en los efectos que ocasiona el incremento de estas, afectando más específicamente los sistemas de salud, de infraestructura y funciona como factor contaminante del agua potable para el consumo humano.

MÉTODOS

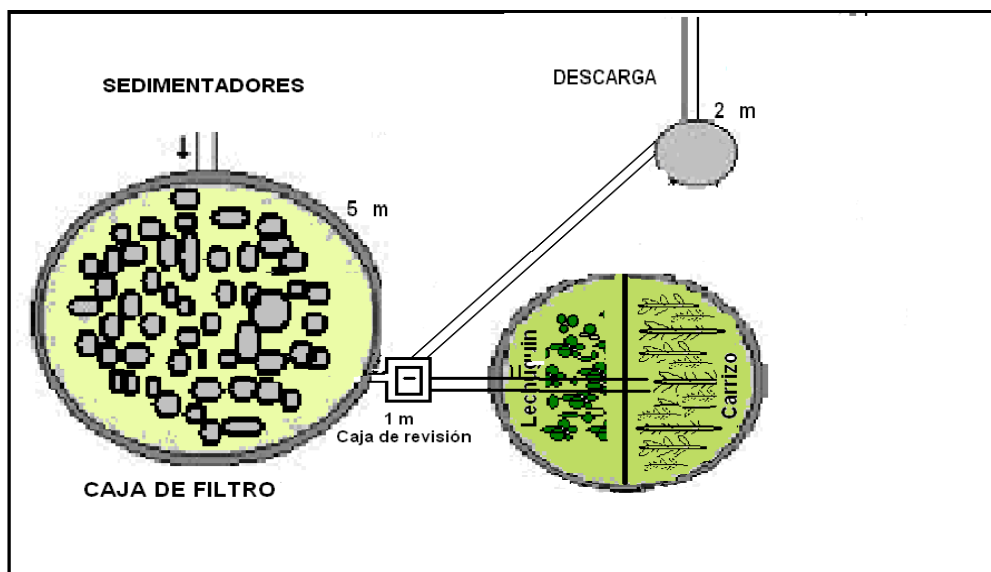
Gráfico 1. Sistema actual en la Estación “El Peral”



Fuente: Departamento técnico de la EMAPA

Elaborado por: Personal del departamento técnico de la EMAPA

Gráfico 2. Sistema de innovación biológica (Fitorremediación).



Fuente: Liliana Fiallos
 Elaborado por: Liliana Fiallos, 2011

Diseño Experimental

Se empleó un diseño experimental A x B con dos réplicas. Los factores en estudio fueron las especies vegetales: “lechuguín” y “carrizo” y los tiempos de toma de muestras: 0, 10, 20 y 30 días, en dos etapas diferentes, es decir, 16 tratamientos en cada etapa. Los análisis estadísticos en Statgraphics Plus fueron los análisis de varianza y pruebas de Tukey el 5%. Se evidenciaron diferencias estadísticas a nivel del 5% entre tratamientos.

Toma y conservación de la muestra

Se tomó una muestra de cada estanque, en periodos de 10 días, durante un mes, las muestras analizadas en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA), fueron transportadas de inmediato, mientras que las que fueron enviadas a Quito se transportaban en una hielera.

Determinación de pH

Método APHA4500 H

Para determinar el pH se usó el método del electrodo de cristal, primero se calibró el electrodo con las soluciones buffer respectivamente (4, 7, 10), lavado con agua destilada, secar e el electrodo con cuidado, luego insertar el electodo en la muestra mínimo 2 veces.

Determinación de Temperatura

Método APHA 2550B

Se puede medir lecturas con cualquier termómetro Celsius de mercurio, que como mínimo debió tener una escala con marcas cada 0.1°C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que permitió un equilibrado rápido.

Determinación de la Conductividad

Medir la conductividad de la muestra a una temperatura lo más cercana posible a 20 °C:

- Calibrar el conductímetro con las soluciones patrón.
- Introducir el electrodo en la muestra, esperar un momento

hasta que la lectura en la pantalla se estabilice.

Determinación de los Sólidos totales Disueltos.

Los sólidos disueltos totales de la muestra se midió simultáneamente con la conductividad y la temperatura ya que el conductímetro registra estos tres parámetros.

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO₅

Método APHA 5210

Verter la muestra en una botella color ámbar, con un agitador magnético, añadir un sobre de buffer nutritivo para DBO, cerrar con un tapón la botella aplicando grasa en el pico, con un embudo añadir cuidadosamente un sobre de LiOH, conectar los frascos al equipo de DBO₅, encender y programar el tiempo de e este caso, 5 días, registrar la lectura final en el equipo.

Determinación de la Demanda Química de Oxígeno - DQO

Método APHA 5220

En un tubo de reactivos de digestión para DQO, añadir 2 mL de muestra, en un segundo tubo se prepara el blanco, para lo que se añade 2 ml de agua destilada, tapados herméticamente los tubos se agitará suavemente, y colocarlos en el reactor precalentado a 150°C, durante 2 horas, dejar enfriar hasta que llegue a temperatura ambiente. A continuación se iniciará la determinación colorimétrica con el método 8000 en el espectrofotómetro de UV-visible, la lectura se inicia siempre por el blanco, y posteriormente la muestra, los resultados se presentan en mg/L DQO.

Determinación de Nitrógeno Total

Método APHA 4500 Norg C

El método consistió en la digestión de la muestra en presencia de ácido sulfúrico, sulfato de potasio, y sulfato cúprico como catalizador para llevar el nitrógeno orgánico hasta Amonio y determinarlo posteriormente con el método de Nesslerización.

Determinación de Fósforo Total

Método APHA 4500 PCA 50ml de muestra se añade 1 ml de la solución de ácido sulfúrico y 0,4 g de persulfato amónico, llevar a ebullición, durante 45 mn, dejar enfriar y añadir 10 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenoltaleína + y titular con NaOH 1N, añadir una gota de una disolución diluida de ácido sulfúrico, se procede a la determinación de fósforo (ortofosfatos) siguiendo el método colorimétrico del vanadato-molibdato amónico

Determinación de Detergentes

Método APHA 5540 C

Ingresar el número 710 en Hach, correspondiente al programa para surfactantes aniónicos. Establecer la longitud de onda de 605 nm. Verter 300 ml de muestra a un embudo de separación. Añadir 10 ml de solución buffer de sulfato agitar. Añadir un sobre con reactivo para detergentes y agitar, Añadir 30 ml de benceno en el embudo. Cerrar y agitar, colocar el embudo de separación en un soporte. Identificar en el Hach el tiempo requerido para la reacción y esperar 30 minutos. Transvasar 25 ml de muestra del embudo hacia una celda limpia. Llenar otra celda con 24ml de benceno como blanco. Colocar la celda con el blanco en el Hach y cerrar la tapa de la luz. Encerrar y cambiar la celda por al

que contiene la muestra. Cerrar nuevamente la tapa y presionar el botón de lectura.

Determinación de Coliformes totales y fecales

Método APHA 9221 B - C

Consistió en preparar medio para Coliformes totales fue Membrane Lauryl Sulphate Broth (MLSB) y para

Coliformes fecales medio Slanetz & Bartley Media. Se incubó a 37°C por 24 horas, contabilizar todas las colonias amarillas, ignorar las blancas y transparentes, para coliformes totales y para coliformes fecales incubar a 44°C por 24 horas y registrar las colonias rosadas y cafés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar las aguas contaminadas durante el proceso de fitorremediación se tomo directamente de los estanque, una muestra de cada uno, en periodos de 10 días durante un mes, y se repitió

el monitoreo con una nueva muestra durante un mes más, con esto se corrigió posibles errores y se verifico la eficacia del método.

Los resultados se visualizan en las siguientes tablas.

PRIMERA ETAPA

Tabla 1. Resultados de los análisis realizados durante un mes en agua del estanque con “lechuguín”

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS				LIMITE PERMISIBLE
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	
Temperatura	°C	18,30	18,30	19,10	18,20	<35
pH		7,62	8,05	7,86	07,35	
Conductividad	us/cm	623,00	539,00	465,00	365,00	
Sólidos disueltos totales	mg/l	305,00	264,00	228,00	179,00	
DQO	mg/l	194,00	70,00	58,00	54,00	250,00
DBO5	mg/l	58,00	21,00	12,00	4,60	100,00
Detergentes	mg/l	1,24	0,98	0,32	0,28	0,50
Índice de Coliformes Totales	NMP/100 ml	5,4 x10 ⁶	1,6 x10 ⁶	110,00	240,00	5000,00
Índice de Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2,8 x10 ⁵	2,2 x10 ⁵	3,3x10 ³	33,00	2500,00
Nitrógeno Total	mg/l	154,23	45,42	20,34	8,16	15,00
Fósforo Total	mg/l	19,70	16,20	10,00	1,36	10,00

Limite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de control de calidad de aguas (EMAPA)- Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química, (UCE)

Elaborado por: Liliana Fiallos, 2011

Tabla 2. Resultados de los análisis realizados durante un mes en agua del estanque con “carrizo”.

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS				LIMITE PERMISIBLE
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	
Temperatura	°C	18,30	18,20	18,90	18,10	<35
pH		07,62	08,34	09,33	09,97	
Conductividad	us/cm	623,00	559,00	507,00	443,00	
Sólidos disueltos totales	mg/l	305,00	274,00	248,00	217,00	
DQO	mg/l	194,00	63,00	133,00	182,00	250,00
DBO5	mg/l	58,00	19,00	15,00	11,20	100,00
Detergentes	mg/l	01,24	00,93	0,42	0,31	0,50
Índice de Coliformes Totales	NMP/100m l	5,4x10 ⁶	3,5x10 ⁴	920,00	2,2x10 ³	5000,00
Índice de Coliformes Fecales	NMP/100m l	2,8x10 ⁵	350,00	2,4 x10 ⁴	170,00	2500,00

Limite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1, 10 TULAS).

Fuente: Laboratorio de control de calidad de aguas (EMAPA)- Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química, (UCE)

Elaborado por: Liliana Fiallos, 2011

SEGUNDA ETAPA

Tabla 3. Resultados de los análisis realizados durante un mes en agua del estanque con “lechuguín”.

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS				LIMITE PERMISIBLE
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	
Temperatura	°C	18,50	18,00	18,30	18,20	<35
pH		07,84	07,90	07,70	07,30	
Conductividad	us/cm	702,00	392,00	374,00	323,00	
Sólidos disueltos totales	mg/l	293,00	230,00	216,00	178,00	
DQO	mg/l	162,00	79,00	61,00	52,00	250,00
DBO5	mg/l	56,00	21,40	15,80	08,40	100,00
Detergentes	mg/l	1,03	01,02	0,72	0,49	0,50
Índice de Coliformes Totales	NMP/100m l	4,8x10 ⁵	1,2x10 ⁵	716,00	344,00	5000,00
Índice de Coliformes Fecales	NMP/100m l	3,1x10 ⁴	1,5x10 ⁴	3,3x10 ³	502,00	2500,00

Limite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de control de calidad de aguas (EMAPA)- Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química, (UCE)

Elaborado por: Liliana Fiallos, 2011

Tabla 4. Resultados de los análisis realizados durante un mes en agua del estanque con “carrizo”.

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS				LIMITE PERMISIBLE
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	
Temperatura	°C	18,50	18,20	18,70	18,40	<35
pH		07,84	08,30	08,60	09,30	
Conductividad	us/cm	702,00	463,00	398,00	346,00	
Sólidos disueltos totales	mg/l	293,00	268,00	239,00	185,00	
DQO	mg/l	162,00	67,00	57,00	83,00	250,00
DBO5	mg/l	56,00	20,03	15,20	9,87	100,00
Detergentes	mg/l	1,03	1,10	0,65	0,51	0,50
Índice de Coliformes Totales	NMP/100m l	4,8x10 ⁵	2,5x10 ⁵	419,00	933,00	5000,00
Índice de Coliformes Fecales	NMP/100m l	3,1x10 ⁴	2,1x10 ⁶	2,4x10 ⁴	757,00	2500,00

Limite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de control de calidad de aguas (EMAPA)- Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química, (UCE)

Elaborado por: Liliana Fiallos, 2011

Los factores en estudio para la aplicación de la Fitorremediación en aguas contaminadas fueron 11 parámetros, en los dos estanques independientemente.

Los primeros muestreos, reportaron valores mayores al límite permisible según TULAS, en 5 parámetros, como fue en el caso de los detergentes, Índice de coliformes fecales y totales, nitrógeno total y fósforo total, en el segundo muestreo 10 días después, estos valores disminuyen, pero de igual forma no cumplen la norma, mientras en los muestreos posteriores (20 y 30 días), estos valores disminuyeron y se logró cumplir con la norma ambiental para descarga al río, los parámetros que tardaron más en cumplir con la norma fueron el índice de coliformes fecales y el nitrógeno, debido a que se trata en su mayoría

de aguas residuales de uso doméstico (aguas servidas), es decir de agua de inodoros, cocina, lavandería entre otras actividades diarias, es lógico pensar que el contenido bacteriano es alto, el índice de coliformes fecales inicial fue de 2.8×10^5 UFC/100ml valor que es demasiado elevado comparado con el permisible que tan solo es de 2500 UFC/100ml. En el caso del Nitrógeno el valor inicial fue de 154.23mg/l y el límite permisible es solo de 15mg/l, la concentración de este elemento es muy alto, esto se puede deber a la presencia de detergentes y fertilizantes pero principalmente a las excretas humanas, pero con la acción de los vegetales que funcionan como filtros y descontaminantes biológicos (microbiota en las raíces) se logró

reducir a niveles que se encuentran por debajo de los valores permisibles. En la segunda etapa se utilizó los mismos estanques de la etapa anterior pero lavándolos y en el de “carrizo” se realizó una nueva siembra en vista que este vegetal se pudrió presumiblemente debido a las características y carga de los contaminantes presentes en las aguas servidas y/o por las características de los estanques empleados en la investigación.

En esta segunda etapa fueron 4 los parámetros que incumplen la norma ambiental según TULAS. En los posteriores muestreos estos valores fueron disminuyendo hasta cumplir la norma en todos los parámetros, con lo que se establece que la fitorremediación fue positiva y redujo el índice de contaminación de las aguas servidas.

Realizando un análisis global entre el agua de salida de la estación de tratamiento El Peral y el agua que pasa por los estanques vegetales se

CONCLUSIONES

En esta investigación se aplicó la innovación biológica para depuración de aguas contaminadas provenientes del sector de Ficoa – La Delicia, que son transportadas por los drenajes de alcantarillado hacia la estación de tratamiento de aguas “El Peral”, de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA), la innovación biológica aplicada en esta investigación fue la Fitorremediación, con dos tipos de vegetales, “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y “Carrizo” (*Phragmites australis*), además se tomó en cuenta los valores permisibles según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental

pudo comprobar que existe disminución de la carga de contaminantes, según los resultados de Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Índice de bacterias coliformes tanto fecales como totales, Nitrógeno y Fósforo, además de parámetros físicos como color y olor, en las aguas que se sometieron a fitorremediación, especialmente en el estanque que contuvo “lechuguín”, ya que el vegetal se adaptó rápidamente al medio por lo cual su acción fue eficaz en todos los parámetros; a pesar que en algunos no mostró diferencias significativas se logró cumplir con la norma ambiental. No se puede decir lo mismo del “carrizo” debido a que al inicio del proceso se mostró mejora en los parámetros, pero con el trascurso del tiempo se malogró el vegetal debido probablemente a las características y carga de los contaminantes presentes en las aguas servidas y/o por las características de los estanques empleados en la investigación.

Secundaria (TULAS, 2010), con esto se determinó que, inicialmente las aguas contaminadas no cumplían con los valores permitidos, aplicando la fitorremediación se consiguió reducir los 11 parámetros analizados como indicadores de calidad del agua, por lo que se puede afirmar que la metodología aplicada fue positiva para el mejoramiento del agua y así se pudo descargar al río un agua con un índice de contaminación aceptable.

De acuerdo a la evaluación del funcionamiento del sistema de depuración implementado se puede concluir que la eficacia de los vegetales fue positiva. Tomando en cuenta los resultados del monitoreo

en los estanques durante 30 días, tanto con “Lechuguín” (*Eichhornia crassipes*), como con “Carrizo” (*Phragmites australis*), se logró reducir la contaminación, en el caso del “lechuguín” se logró mejores resultados tanto físicos como bioquímicos por lo que se puede afirmar que este vegetal posee mayor capacidad de depuración además de adaptarse fácilmente al medio.

El estudio económico del sistema de depuración empleado muestra que es económicamente bajo, las especies vegetales “lechuguín” y “carrizo” son de fácil obtención y de costo muy reducido.

De acuerdo a los resultados encontrados en la presente tesis de grado, sería recomendable realizar una investigación empleando dos estanques vegetales: el primer estanque con la planta acuática flotante “Lechuguín” seguido de un segundo estanque con “Carrizo” (con plantas bien establecidas).

REFERENCIAS

FALQUEZ J, 2006. Problemas Jurídicos Ambientales que se Presentan en el Centro de la Ciudad de Guayaquil y su Incidencia en el Medio.

APHA – AWWA-WPCF. 1992. “Métodos Normalizados – Para el análisis de aguas potables y residuales”; Ediciones Díaz de Santos; Madrid – España.

OROZCO C. 2007. “Contaminación Ambiental una visión desde la

Es de suma importancia readecuar la estación de El Peral, en vista que el sistema actual no brinda los resultados necesarios para cumplir la norma ambiental de descarga hacia el río Ambato.

Es recomendable colocar una rejilla en la caja de ingreso de las aguas servidas a la estación de “El Peral”, con el fin de retener sólidos de gran tamaño, se requiere también colocar letreros dentro y fuera de la estación, para identificar al lugar como una unidad de tratamiento de aguas servidas.

Es aconsejable que a la brevedad posible se implemente el área de análisis de aguas residuales en el laboratorio de control de calidad de la EMAPA, para un monitoreo periódico de los índices de contaminación en estaciones de tratamiento como la de “El Peral”.

Química”. Editorial Thomson, Tercera Edición, Madrid –España, Pag: 281-287.

ROMERO J. 2007. “Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño”. Tercera Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, Pág.: 18-23.

BUSTAMANTE X. 2007. Agonizan contaminados los principales ríos de la sierra, Fundación Natura, El

Comercio- Ecuador.

VELASTEGUÍ, J.R. 2009. Apuntes del curso de Ingeniería Ambiental.

Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ec. v/v.