

# EVALUACIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS FLOTANTES PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL Y DE USO AGRÍCOLA PREVIAMENTE CARACTERIZADAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**Abigail Poveda <sup>1/</sup> y Ramiro Velasteguí <sup>2/</sup>**

1/ Tesista Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. E-mail: abyp272008@hotmail.com

2/ PhD, Profesor de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. E-mail: rvelasteguis@yahoo.com

Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica, Campus Huachi, Av. Los Chasquis y Río Payamino.

Telf. 593-32400989, Fax 593-32400998

Ambato- Ecuador

## Resumen

El propósito principal del presente estudio fue la exposición de las distintas especies acuáticas flotantes a muestras de aguas residuales industrial (de la industria textil) y de uso agrícola (Río Pachanlica) para determinar su uso potencial como especies fitorremediadoras.

Para determinar las características de las muestras de aguas residuales se analizó: pH, Conductividad eléctrica, Sólidos totales, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Grasas y Aceites, Detergentes, Coliformes fecales, Color, Turbidez, Alcalinidad, Dureza, Nitratos, Nitritos y Cloruros.

Las especies acuáticas flotantes utilizadas fueron: "Helecho acuático" o "Azolla" (*Azolla* spp.), "Lenteja de agua" (*Lemna* spp.), "Salvinia" (*Salvinia* spp.), "Jacinto de agua" o "Lechuguín" (*Eichhornia crassipes*) y el "Trébol de agua" (*Limnobium laevigatum*).

Se analizó el porcentaje de incidencia de las aguas residuales sobre las especies acuáticas investigadas tomando datos semanales del número de hojas verdes y estado normal. Para la determinación del porcentaje de producción de biomasa se tomó datos semanales del peso seco. Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa estadístico Statgraphics.

La investigación permitió concluir que el "Jacinto de agua" o "lechuguín" (*Eichhornia crassipes*) y la "Lenteja de agua" (*Lemna* spp.), fueron las plantas acuáticas flotantes más promisorias como herramientas que contribuyan a la fitorremediación de aguas residuales. Cabe señalar que en el caso del agua residual industrial *Eichhornia crassipes* fue la mejor especie, mientras que en el agua residual de uso agrícola las dos especies *Lemna* spp. y *Eichhornia crassipes* mostraron resultados similares.

## Abstract

The main purpose of this study was the exposition of the floating aquatic species to industrial wastewater samples (of textile industry) and agricultural use (River Pachanlica) to determine its potential use as phytoremediator species.

To determine the characteristics of the wastewater samples it was analyzed: pH, electrical conductivity, total Solids, dissolved solids, suspended solids, Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand, fats and oils, detergents, fecal coliform, color, turbidity, alkalinity, hardness, nitrates, nitrites and chlorides.

The floating aquatic species used were: "Helecho acuático" or Azolla" (*Azolla* spp.), "Lenteja de Agua" (*Lemnas* spp.), "Salvinia" (*Salvinia* spp.), "Jacinto de agua" or "Lechuguín" (*Eichhornia crassipes*) and Trébol de agua (*Limnobiium laevigatum*).

It was analyzed the percentage of incidence of the wastewater over the aquatic species researched taking weekly data of the number of green leaves and normal estate. For the determination of the percentage of biomass production it was taken weekly data of dry weight. The statistic calculations were done with the statistical program Statgraphics.

The research allowed to conclude that the *Eichhornia crassipes* and *Lemna* spp. were the floating aquatic species most promising as tools to contribute the phytoremediation of wastewater. It should be noted that in the case of industrial wastewater the *Eichhornia crassipes* was the best specie, while than in the case of the wastewater of agricultural use both species *Eichhornia crassipes* and *Lemna* spp. showed similar results.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los rasgos característicos de la sociedad moderna es la creciente emisión al ambiente de sustancias contaminantes, destacando aquellas que proceden de las actividades industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas. Estos compuestos representan una amenaza directa e indirecta para los seres vivos, por lo que se han desarrollado una serie de métodos de biorremediación para enmendar el impacto causado. Los métodos convencionales suelen ser costosos y pueden afectar de manera irreversible las propiedades del suelo, agua y de los seres vivos que en ellos habitan (Padmavathiamma y Li, 2007).

Existen plantas terrestres que tienen la interesante capacidad de limpiar los ambientes contaminados. Pueden acumular o transformar sustancias tóxicas que aparecen en el suelo o el agua, ya sea por accidente (por ej. derrame de petróleo), por la actividad del hombre (por ej. desechos industriales) o por cuestiones geológicas (por ej. altos niveles de arsénico en las aguas subterráneas). Se conocen unas 400 especies que pueden acumular selectivamente alguna sustancia. La mayoría son muy conocidas, como el girasol (para el uranio) y el álamo (para el níquel, cadmio y zinc), dentro de una lista donde están también la alfalfa, la

mostaza, el tomate, el zapallo y el sauce (ArgenBio, 2007).

Las plantas acuáticas flotantes son aquellas que crecen flotando sobre la superficie del agua (sin sustrato). Se reproducen con mucha facilidad y en períodos muy cortos. Son sensibles al frío y a las heladas, por lo que en zonas de clima frío, se recomienda tenerlas en un invernadero con una excelente luz y en lo posible sol. Son especies que necesitan de pleno sol o media sombra ligera (PyJ, 2011). Se subdividen en: Plantas de libre flotación (no fijas): sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Y sus raíces no están fijas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Ejemplos: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna* spp), Helecho acuático (*Azolla* spp), etc. Plantas de hoja flotante (fijas): tienen sus hojas flotando sobre la superficie del agua, pero sus raíces están fijas en los sedimentos. Ejemplo: nenúfares (*Nymphaea elegans* y *Nymphoides fallax*) (Núñez et al., 2004).

Tratamiento de aguas residuales: Una alternativa al manejo del agua residual a través de plantas de tratamiento sería el sistema biológico, el cual contiene plantas como juncos, cañas. El agua es sometida a un tratamiento primario y posteriormente es conducida a una laguna donde tiene lugar el equivalente a los tratamientos secundario y

terciario. 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. Estas también absorben metales y aumentan el pH del agua, destruyendo así otros microorganismos nocivos (Mota, s/f)

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).

Podemos 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 (Hutchinson et al., 2001).

## MATERIALES Y METODOS

### Especies acuáticas utilizadas en la investigación:

- "Helecho acuático" o "Azolla" (*Azolla* spp.)
- Lenteja de agua (*Lemna* spp.)
- Salvinia (*Salvinia* spp.)
- "Jacinto de agua" o "Lechuguín" (*Eichhornia crassipes*)
- Trébol de agua (*Limnobium laevigatum*)

### Tipos de agua residuales:

- Industrial: Residuo de textiles (Lavado de Jeans)
- De uso agrícola: Río Pachanlica

### Obtención de las especies vegetales:

Las plantas fueron colocadas en diferentes recipientes plásticos de PET (Tereftalato de polietileno) de 20l que contenían agua potable. En esta fase se tomaron datos del incremento de biomasa (g) de las especies vegetales

durante 30 días, así como el pH y la conductividad eléctrica (us/cm).

Recolección de las muestras de aguas residuales: Se manejó una primera fase denominada como preselección. En esta las especies fueron colocadas en recipientes plásticos (PET) que contenían las muestras de aguas residuales, de 12l para las especies grandes, y vasos plásticos para las especies pequeñas, posteriormente se tomaron datos del número de hojas verdes durante 6 semanas. Luego se procedió a repetir el proceso para la determinación del aumento o disminución de biomasa (Peso seco en g.) durante 3 semanas. El diseño experimental que se aplicó fue el de bloques completamente al azar.

Caracterización previa de las aguas residuales: Al mismo tiempo que el proceso experimental también se realizó la caracterización previa de las aguas residuales que intervienen en la investigación. Para lo cual se recolectó una muestra de las aguas residuales.

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

Parámetros	Unidades
Dureza	ppm
Cloruros	ppm
Alcalinidad	ppm
Color	Uni. Pt-Co
Conductividad eléctrica	us/cm
Nitratos	ppm
Nitritos	ppm
S. Totales	ppm
S. Disueltos	ppm
S. Suspendidos	ppm
Turbidez	NTU
pH	-----
DQO	ppm
DBO <sub>5</sub>	ppm
<i>E. Coli</i> Fecal	NMP/100 ml
Grasas y aceites	Ppm
Detergentes	Ppm

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

Proceso de Fitorremediación: Las muestras de las aguas residuales se localizaron en recipientes de 20l y se colocaron las dos especies que presentaron mejores resultados y se tomaron datos cada 7 días durante 3 semanas de la caracterización de las aguas residuales. Para el proceso de adaptación se determinó los g/día y del rendimiento de biomasa (Tabla 2), para determinar la o las especies tiene la característica de desarrollarse y reproducirse de una manera más acelerada que las demás.

## RESULTADOS

La evaluación de varias especies acuáticas para la fitorremediación se realizó en dos etapas. Primera etapa tenemos el conteo semanal del número de hojas verdes durante 6 semanas para la determinación del porcentaje de incidencia (Gráfico 1 y 2) de las distintas muestras de agua en las especies vegetales Tabla 3 y Tabla 4.

**Fórmula para la determinación del porcentaje de incidencia del agua contaminada en las distintas especies vegetales (Ejemplo azolla):**

$$\frac{\text{Número de plantas u órganos afectados}}{\text{Número total de hojas analizadas}} * 100$$

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{0}{10} * 100$$

$$\% \text{ de Incidencia} = 0$$

En la segunda fase del proceso de pre-selección se determinó el mejor tratamiento basándose en la diferencia del peso seco de las distintas especies (Tabla 5). Se utilizó la prueba de Tukey al 95% de confianza en donde se obtuvo como resultado final que la planta acuática flotante Lechuguín es la que corresponde al mejor tratamiento (Tabla 6). Además se realizó una segunda prueba de Tukey con el objetivo de determinar la mejor especie en relación a las tres macrófitas acuáticas flotantes de menor tamaño, tal resultado se presenta en la Tabla 7. Con los resultados del proceso se realizó la comparación en relación a las normas ambientales vigentes en nuestro país dados por el Texto

Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y las normas INEN. Estas comparaciones se encuentran detalladas en las Tablas 8 y 9. Para la determinación de cuál es la especie que mejor proceso de fitorremediación se realizó una calificación y valoración de cada parámetro analizado, detallado en las tablas 10, 11 y 12.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con la caracterización previa de los diferentes tipos de aguas residuales se analizó las diferencias significativas entre ellas. Al hablar de un tipo de agua residual industrial y al específicamente el agua residual textil estaríamos frente a un caso de una contaminación química por todas las sustancias químicas (sosa cáustica, permanganato de potasio, enzimas, tintes, bisulfito, suavizantes, etc.) que utilizan comúnmente en el proceso, comprobando esto con los niveles altos de los parámetros químicos como la conductividad eléctrica y la (DBO) Demanda Química de Oxígeno, mientras que al hablar de una agua residual de uso agrícola se debe tener en cuenta que es una contaminación tipo biológico, por tal razón, los niveles de microorganismos son altos, debido a que en ella existen restos de aguas residuales domésticas y de las empresas aledañas, las cuales son descargadas directamente a la fuente de agua dulce.

Además algunos autores han indicado que los metales, parecen ser absorbidos por las *Lemnaceae* vivas o muertas de manera activa. De la misma forma se debe implementar una estricta vigilancia en la planta antes de su uso como alimento de animales domésticos o como fertilizantes naturales (Avila et al., 2007).

Por tal motivo depende de la entidad o usuarios que tomen a cargo este proceso de fitorremediación para escoger cual tipo de planta usarían para la fitorremediación porque cada una de éstas posee características, ventajas y desventajas importantes para su utilización como por ejemplo

los citados por Ávila et al. (2000), el jacinto de agua se lo usa como un excelente indicador biológico cuando se seca (debido a la falta de fotosíntesis al no captar el oxígeno del agua cuando está demasiado contaminada) o presenta una coloración amarillenta por exceso de elementos como el Hidrógeno "Clorosis". Además éste puede remover metales pesados, pero la eliminación segura de la planta presenta inconvenientes.

Y con la determinación del porcentaje de rendimiento de biomasa se logró establecer la especie que crece de manera favorable, puesto que según Núñez et al. (2004), entre las características que deben tener las plantas que pueden ser usadas para un proceso de fitorremediación están: que deben tener una rápida tasa de crecimiento, tener una alta productividad, ser especies locales, entre otras. Como resultado final se obtuvo que azolla es la planta acuática con mayor porcentaje de rendimiento de biomasa. En tanto que el Jacinto de agua fue la que menor crecimiento obtuvo, el resultado puede tener relación a la diferencia del tamaño entre las dos especies anteriormente mencionadas, así como al ciclo de vida de cada especie. Puesto que en el primer caso Azolla puede doblar su biomasa en pocos días, según García (2011), azolla puede duplicar su biomasa en 3 días, es decir, tiene una reproducción más rápida. Por su parte para que el Lechuguín llegue a su etapa reproductiva se necesita mayor cantidad de días debido al tamaño del mismo.

#### REFERENCIAS

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

Ávila, J.; Castillo, Q.; Zárete, W. 2000. Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), alternativa para el tratamiento de agua dulce en

producción acuícola. Consultado en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4695/1/7216.pdf> (03/12/13)

Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio). 2007. Las plantas limpiadoras: la fitorremediación. Consultado en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=427> (28/02/13)

García, Z. 2012. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Disponible en: [http://www.lima-water.de/documents/zgarcia\\_tesis.pdf](http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf) (20/05/13)

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

Padmavathamma, P y Li, L. 2007. Phytoremediation Technology: Hyperaccumulation Metals in Plants. *Water, Air, & Soil Pollution*. 184: 105-126.

Plantas y Jardín (PyJ). 2011. Plantas Acuáticas, Introducción & Descripción. Consultado en: <http://plantasyjardin.com/2011/01/plantas-acuaticas-introduccion-descripcion/> (07/04/13)

Mota, A. s/f. Química de las aguas naturales. Consultado en: <http://www.ugr.es/~mota/Parte2-Tema08.pdf> (25/02/14)

Núñez, R.; Meas, Y.; Ortega, R.; Olgún, E. 2004. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Consultado en: [http://suel.wikispaces.com/file/view/Fitorremediacion\\_Fundam\\_Aplic.pdf](http://suel.wikispaces.com/file/view/Fitorremediacion_Fundam_Aplic.pdf) (28/02/13)

## ANEXOS

**Tabla 2: Producción de biomasa (g/día) y rendimiento (%) de las distintas especies vegetales en condiciones normales.**

Especie	Biomasa(gr)/día	Rendimiento (%)
Lechuguín	0,65	148,8
Trébol	0,11	187,5
Salvinia	0,16	150
Azolla	0,51	255
Lenteja	0,43	230

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 3: Datos obtenidos del número de hojas verdes de las distintas especies vegetales en la muestra de agua residual de uso agrícola: Agua del Río Pachanlica**

Días	Especies vegetales														
	Azolla			Lenteja			Salvinia			Trébol			Lechuguín		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>0</b>	10	9	10	16	19	14	12	12	9	3	3	4	7	5	6
<b>7</b>	10	9	10	16	19	14	12	12	9	3	3	4	7	5	6
<b>14</b>	10	9	10	13	17	12	10	11	7	2	2	3	6	4	5
<b>21</b>	10	9	10	11	16	10	9	10	6	2	1	3	2	1	3
<b>28</b>	10	9	10	10	15	9	8	8	5	1	1	1	5	3	5
<b>35</b>	10	9	10	7	13	9	7	6	3	0	1	1	5	2	4
<b>42</b>	10	9	10	5	10	8	5	3	2	0	0	1	4	2	4

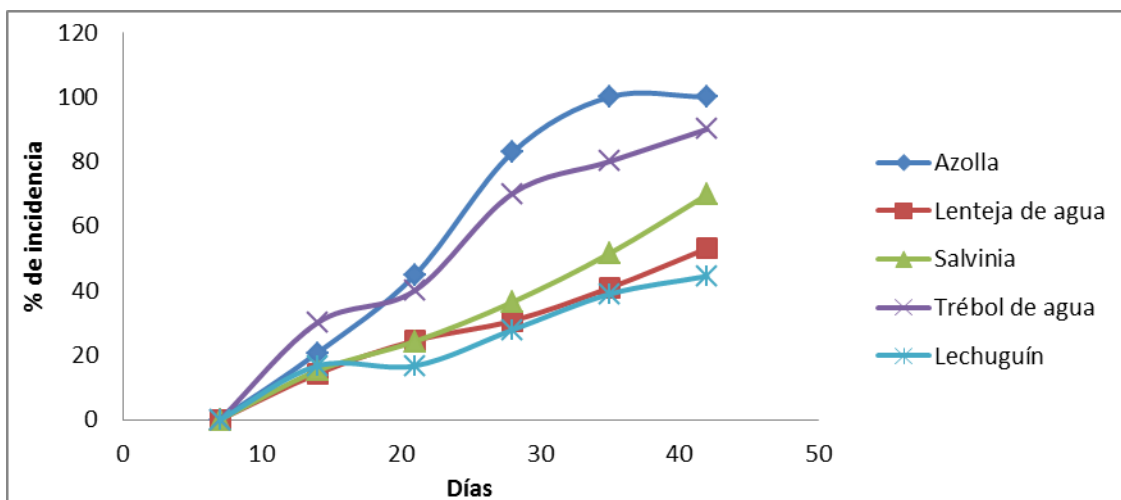
Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 4: Datos obtenidos del número de hojas verdes de las distintas especies vegetales en la muestra de agua residual industrial: Agua del lavado de jeans**

Días	Especies vegetales														
	Azolla			Lenteja			Salvinia			Trébol			Lechuguín		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>0</b>	10	10	10	11	11	14	8	6	15	3	3	5	5	5	8
<b>7</b>	10	10	10	11	11	14	8	6	15	3	3	5	5	5	8
<b>14</b>	7	6	8	11	10	13	7	5	10	2	2	4	4	4	6
<b>21</b>	3	2	3	10	9	13	6	4	7	2	1	4	4	4	5
<b>28</b>	1	1	0	10	7	11	5	3	5	0	1	2	3	3	4
<b>35</b>	0	0	0	7	5	8	2	0	0	0	0	0	3	2	4
<b>42</b>	0	0	0	5	4	8	0	0	0	0	0	0	2	2	4

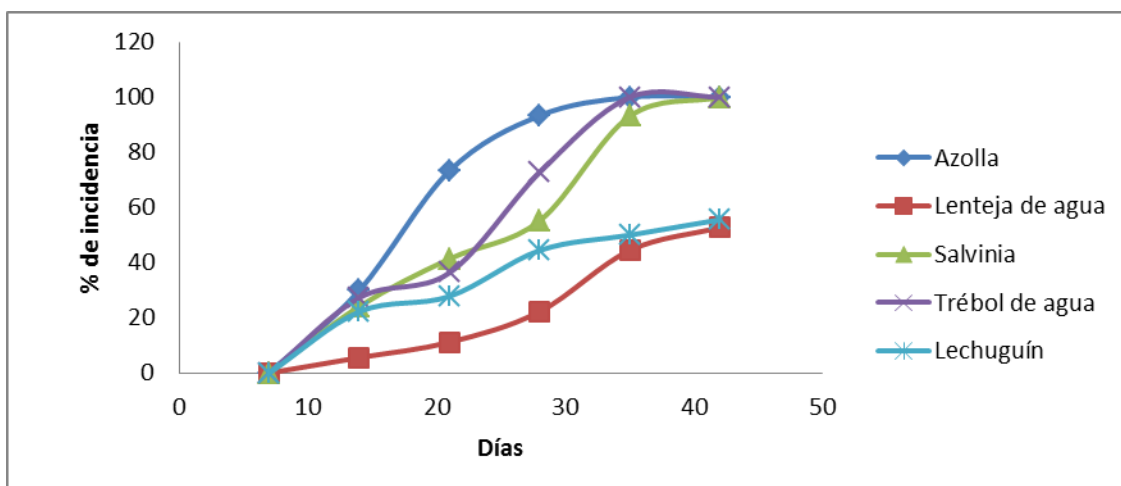
Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Gráfico 1: Comparación de porcentaje de incidencia del agua de uso agrícola (Río Pachanlica) en las distintas especies vegetales**



Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Gráfico 2: Comparación de porcentaje de incidencia del agua residual industrial (Lavadora de Jeans) en las distintas especies vegetales**



Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 5: Datos de la diferencia de biomasa (Peso seco) de las distintas especies vegetales en las diferentes muestra de aguas residuales usados para el diseño experimental**

Tipo de agua	Especies vegetales				
	Azolla	Lenteja	Salvinia	Trébol	Lechuguín
Río Pachanlica	0,03	0,07	0,03	0,07	0,67
Lavadora de Jeans	0,01	0,05	0,01	0,07	0,42

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 6: Prueba de Tukey para la determinación del mejor tratamiento con el uso de las 5 especies).**

Especie	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Salvinia	2	0,02	<b>A</b>
Azolla	2	0,02	<b>A</b>
Lenteja	2	0,06	<b>A</b>
Trébol de agua	2	0,07	<b>A</b>
Lechuguín	2	0,55	<b>B</b>

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 7: Pruebas de Múltiple Rangos para biomasa para las tres macrófitas de menor tamaño.**

Especie	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Azolla	2	0,017	<b>A</b>
Salvinia	2	0,020	<b>A</b>
Lenteja	2	0,057	<b>B</b>

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 8: Comparación de los resultados finales del agua de Jeans con los límites máximos permisibles dados por el TULAS**

Parámetro	Unidades	Caract. Previa	Result. Final		TULAS. Desc. Efluente	
			Lechuguín	Lenteja	1	2
Cloruros	Ppm	1120	45,5	45,8	1000	
<b>Nitratos</b>	<b>Ppm</b>	<b>28,88</b>	<b>2</b>	<b>10,1</b>	<b>10*</b>	
<b>Nitritos</b>	<b>Ppm</b>	<b>3,41</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10*</b>	
S. Totales	Ppm	1624	1030	1180	1600	1600
S. Sedimentable	Ppm	0	0	0	1	20
S. Suspendidos	Ppm	---	54	14	100	220
pH		8,13	7	7,2	5-9	5-9
DQO	Ppm	700	45	44	250	500
DBO5	Ppm	43	0	0,2	100	250
E. Coli Fecal	NMP/100 ml	1000	0	0	Remoción > al 99.9%	
Grasas y aceites	Ppm	0,000	0	0	0,3	100
Detergentes	Ppm	1,008	0	0	0,5	2

**\*Nitratos y nitritos.** Elaborado por: Poveda, A. 2013 - Fuente: Límites máximos permisibles del TULAS

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Libro VI. Anexo 1. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.

**1:** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

**2:** Límites de descarga al sistema de alcantarillado



**Tabla 9: Comparación de los resultados finales del agua del Río con los límites máximos permisibles dados por el TULAS y las normas INEN para agua potable.**

Parámetro	Unidades	Caract. Previa	Result. Final		TULAS			INEN
			Lechuguín	Lenteja	1	2	3	A.Potable
Dureza	ppm	110	<b>77,6</b>	51,2				
Color	Uni. Pt-Co	7,5	5	5				15
Nitratos	ppm	20,64	1,3	1,8		10*		50
<b>Nitritos</b>	<b>ppm</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>		<b>0,2</b>
S. Disueltos	ppm	394	452	356	3000	3000		
pH		7,81	7,31	7,41	6-9	6-9	6,5-8,5	
<b>E. Coli Fecal</b>	<b>NMP/100 ml</b>	<b>11000</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>		<b>&lt; 1000</b>	<b>200</b>	<b>&lt;1,1</b>
Grasas y aceites	ppm	0,0406	0	0	0,3		0,3	
Detergentes	ppm	0,023	0	0			0,5	

\***Nitratos y nitritos.** Elaborado por: Poveda, A. 2013 - Fuente: Límites máximos permisibles del TULAS y norma INEN

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Libro VI. Anexo 1. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.

- **1:** Criterios de calidad de aguas de uso agrícola
- **2:** Criterios de calidad para aguas de uso pecuario
- **3:** Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Instituto Nacional de Estandarización y Normalización (INEN). Norma NTE INEN 1108 del 2006. AGUA POTABLE. REQUISITOS.

**Tabla 10: Valoración de las dos especies vegetales en relación a los parámetros evaluados durante el proceso de fitorremediación para determinar el mejor tratamiento en la muestra de agua residual industrial (Lavado de jeans)**

Parámetro	Caract. Previa	Resultados finales		Valoración	
		Lechuguín	Lenteja	Lechuguín	Lenteja
Dureza	208	100	190	1	0
Cloruros	1120	45,5	45,8	1	0
Alcalinidad	596,8	219,4	227,4	1	0
Conductividad	2796	1775	2013	1	0
Nitratos	28,88	2	10,1	1	0
Nitritos	3,41	1	10	1	0
S. Totales	1624	1030	1180	1	0
S. Disueltos	1232	976	1166	1	0
S. Suspendidos	392	54	14	0	1
Turbidez	25	0,46	1,62	1	0
pH	8,57	7	7,2	1	0

DQO	700	45	44	0	1
DBO5	42	0	0,2	1	0
E. Coli Fecal	1000	0	0	1	1
			<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>3</b>

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Tabla 11: Valoración de las dos especies vegetales en relación a los parámetros evaluados durante el proceso de fitorremediación para determinar el mejor tratamiento en la muestra de agua residual de uso agrícola (Río Pachanlica)**

Parámetro	Caract. Previa	Resultados finales		Valoración	
		Lechuguín	Lenteja	Lechuguín	Lenteja
Dureza	110	77,6	51,2	1	0
Cloruros	110	13,1	12,7	0	1
Alcalinidad	384	64,8	42,6	0	1
Conductividad	1240	627	632	1	0
Nitratos	20,64	1,3	1,8	1	0
Nitritos	10	1	1	1	1
S. Totales	394	510	394	0	1
S. Disueltos	394	452	356	0	1
S. Suspendidos	---	58	38	0	1
Turbidez	7,7	0,73	0,48	0	1
pH	8,45	7,31	7,41	1	0
DQO	38	8	16	1	0
DBO5	33	0,6	0	0	1
E. Coli Fecal	11000	2000	3000	1	0
			<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013

**Calificación de la especie que presenta mejores resultados:**

- 100% Mayor remoción de los contaminantes
- 50% Remoción parcial de los contaminantes
- < 50% Menor remoción de los contaminantes

**Tabla 12: Tabla final para la determinación del mejor tratamiento desde el punto de vista técnico.**

Muestra de agua	Especie	Puntaje final	Porcentaje
Industrial	Lechuguín	12	80%
	Lenteja	3	20%
De uso agrícola	Lenteja	7	46,7%
	Lechuguín	8	53,3 %

Fuente: Poveda Abigail - Elaborado por: Poveda, A. 2013