

# **Evaluación Del Crecimiento Inicial De Cuatro Especies Forestales (*Azadirachta Indica*, *Ziziphus Thyrsoflora*, *Prosopis Juliflora*, *Leucaena Leucocephala*) Regadas Con Agua Residual De Las Lagunas De Oxidación De Los Cantones Santa Elena Y La Libertad En La Prov. De Santa Elena.**

Johanna Rosaura Morales Naspud  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Campus Gustavo Galindo, Guayaquil, Ecuador  
binchadb@hotmail.com  
Edwin Jiménez  
Ingeniero Agropecuario  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
ejimenez@espol.edu.ec

## **Resumen**

*En las últimas décadas, es cada vez más evidente la escasez de agua en el planeta, debido, entre importantes factores, a la contaminación de acuíferos y a la tala indiscriminada de árboles, que en nuestro país alcanza cifras alarmantes. Una de las formas para conservar el recurso hídrico, es el tratamiento de agua residual mediante lagunas de oxidación. La provincia de Santa Elena cuenta con seis lugares donde se encuentran lagunas de oxidación para el tratamiento de agua residual, sin que se reporte algún estudio previo al presente, en el que esta se utilice con fines productivos o de conservación. El presente trabajo propone el uso de agua residual tratada en lagunas de oxidación, para el riego en vivero de cuatro especies forestales (*Azadirachta indica*, *Ziziphus thyrsoflora*, *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala*) en el cantón Santa Elena. Las pruebas se realizan con dos tipos de agua; una proveniente de la laguna facultativa y otra de la de maduración, frente un testigo con agua potable. El efecto del riego con agua residual se midió en las variables de supervivencia, altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas evaluados durante doce semanas a partir del repique.*

**Palabras claves:** *agua residual, especies forestales*

## **Abstract**

*In the last decades, the water shortage is more evident in the planet; one of the reasons is the contamination of water-bearing and the indiscriminate cutting of trees, that in our country it reaches alarming numbers. One of the ways to conserve this natural resource is the recycle water treatment by the oxidation of lagoons. In the province of Santa Elena, there are six places where can be found lagoons of oxidation for the recycle water treatment, without previous studies to the present, in which this is used with productive aims and conservation. This research presents that the recycle water is treated in oxidation lagoons, for the irrigation in the nurseries of four forest species (*Azadirachta indicates*, *thyrsoflora Ziziphus*, *juliflora Prosopis*, *Leucaena leucocephala*) at this province. The research is made with two kinds of water; one from the original lagoon and another one from the maturation, finally the control with potable water. The effect of the irrigation with recycle water was measured with the variables of survival, height of plant, diameter of stem and number of leaves evaluated during twelve weeks from the transplanting from the seedbeds to the nurseries.*

**Palabras claves:** *waste water, forests*

## 1. Introducción

El presente trabajo trata de la evaluación del crecimiento inicial de cuatro especies forestales (*Azadirachta indica*, *Ziziphus thyrsoiflora*, *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala*) regadas con agua residual de las lagunas de oxidación de los cantones Santa Elena y La Libertad en la Prov. De Santa Elena, enfocado a la obtención de plantas saludables y vigorosas, que no presenten problemas fitosanitarios con la utilización de esta agua para el riego. Mediante el seguimiento del crecimiento de la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y porcentaje de supervivencia, se determinó la efectividad del riego de dos fuentes de agua residual (laguna facultativa y laguna de maduración), frente a un testigo regado con agua potable. En la zona no se han desarrollado pruebas anteriores de este tipo, y es muy poco el aprovechamiento que se le da a las aguas que son tratadas por medio de las lagunas de oxidación. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de dos tipos de agua residual de lagunas de oxidación sobre cuatro especies forestales de importancia en La Península de Santa Elena, reflejados en la mortalidad, altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas.

## 2. Marco teórico

El término agua residual se refiere a un tipo de agua contaminada por las eses fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales [6].

Los tratamientos naturales de agua residual son procedimientos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural [11]. Son apropiados y aconsejados para pequeños núcleos rurales [5].

La tecnología de lagunas de oxidación o estabilización son fundamentalmente reservorios artificiales, que comprenden una o varias series de lagunas anaerobias, facultativas y de maduración. El tratamiento primario se lleva a cabo en la laguna anaerobia, la cual se diseña principalmente para la remoción de materia orgánica suspendida (SST) y parte de la fracción soluble de materia orgánica (DBO5). La etapa secundaria en la laguna facultativa remueve la mayoría de la fracción remanente de la DBO5 soluble por medio de la actividad coordinada de algas y bacterias heterotróficas. El principal objetivo de la etapa terciaria en lagunas de maduración es la remoción de patógenos y nutrientes (principalmente Nitrógeno) [7].

Las especies forestales no son exigentes en el agua de riego y no necesitan de grandes cantidades, a diferencia de otros sistemas [4]. Las especies que se escogieron para hacer las pruebas en este estudio están adaptadas a las condiciones climáticas de la península

y son de gran interés para los agricultores de la región, por sus usos.

**Familia:** MIMOSACEAE

**Nombre científico:** *Leucaena leucocephala* (Lam)

Originaria de América tropical, aparentemente del sur de México (Yucatán). Las hojas de este árbol son un buen forrajes para el ganado si se mezclan con pastos [12]. Esta especie posee nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces del simbiote: *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*. Nodula espontáneamente con el *rhizobium* del lugar lo que le permite buena adaptación aún en sitios con factores limitantes [13].

**Familia:** RHAMNACEAE

**Nombre científico:** *Ziziphus thyrsoiflora*

Es una especie bien distribuida en la región tumbesina desde la costa del Ecuador hasta el noreste de Perú. Crece en bosques tropófitos secos y muy secos del Litoral ecuatoriano. La madera no es aserrable y es utilizada para la elaboración de cabos de hacha, durmientes y carbón [12].

**Familia:** MELIACEAE

**Nombre científico:** *Azadirachta indica* Juss

Nativa del bosque seco de la India, Pakistan, Malaya, Indonesia, Tailandia. Es una especie recomendada especialmente para la recuperación de cuencas hidrológicas y reforestación de tierras áridas [8].

Las semillas y hojas tienen un compuesto que se usa como repelente de insectos, lo que hace de esta planta un repelente natural contra plagas y una excelente barrera viva en cultivos susceptibles [1].

**Familia:** MIMOSACEAE

**Nombre científico:** *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Especie originaria de México. Es una especie de fácil adaptación, cuyas raíces se asocian con bacterias nitrificantes (*rhizobium*), formando nódulos fijadores de nitrógeno (12). Al igual que la leucaena es una buena productora de abono verde y materia orgánica [13].

Los viveros forestales son el punto de partida del cambio necesario para revertir la degradación de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población [10]. El riego es de suma importancia en la etapa de vivero. El exceso o deficiencia de este puede causar graves problemas. Cuando hay falta de agua las plantas no pueden captar los nutrientes del suelo, y al no tener nutrientes quedan desprotegidas ante plagas y enfermedades, también la falta de agua causa que todo el contenido nutricional y preferencia de crecimiento vaya hacia las raíces en busca del líquido vital, lo que ocasiona un crecimiento desproporcionado en la planta y disminuye la calidad de la plantación [3].

### 3. Materiales y métodos

#### 2.1. Área de estudio

El presente proyecto se desarrolló en los terrenos que se encuentran junto a las lagunas de oxidación del cantón Santa Elena, de la provincia del mismo nombre. Las coordenadas son: 2°14'27.75''Sur y 80°51'53.84''Oeste. A las lagunas las divide la línea limítrofe imaginaria de los cantones de La Libertad y Santa Elena. Se extiende en sentido altitudinal desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 300 metros, en los altos de Chanduy. Su temperatura promedio anual es de 24 °C y su precipitación media anual, oscila entre los 62,5 y 125 milímetros (2).

#### 2.2. Metodología

**2.2.1. Construcción del vivero.** El vivero se construyó junto a la segunda laguna facultativa. Se armaron pequeños cuadrantes para colocar fundas de polietileno de 4" x 5", teniendo para cada tratamiento un total de 36 fundas. El sistema de riego fue por gravedad colocando una serie de seis tanques interconectados entre sí, de los cuales tres recibían la carga de agua de la laguna facultativa y los otros tres de la laguna de maduración. Dentro del vivero el riego se utiliza mangueras de jardín, distribuidas de manera específica para cada fuente de agua. Para el riego del testigo (agua potable) se utilizó un tanque de 55 galones.

**2.2.2. Análisis de agua de las lagunas de oxidación utilizadas en el riego.** Se realizó un análisis de agua tanto a la proveniente de la laguna facultativa como a la de maduración. Para el caso del agua potable el análisis de agua fue entregado por AGUAPEN. De los resultados de los análisis se observó que el nivel de aceites y grasas está por encima de lo permitido por la ley para el uso de aguas para riego agrícola al igual que el nivel de coleiformes totales y fecales. De los tres tipos de agua analizados la que muestra un mayor contenido nutricional es el agua de la laguna de maduración, con el mayor contenido de nitratos, nitritos, fósforo y fosfatos aunque la diferencia es mínima en comparación con los otros tipos de agua analizados.

**2.2.3. Análisis de sustrato utilizado.** El sustrato utilizado para llenar las fundas estuvo compuesto por materiales recolectados en la zona en proporciones iguales de arcilla (20%), arena de río (20%), tierra de porotillo (20%), estiércol seco (20%) y aserrín (20%). Cada material fue previamente tamizado e incorporado de manera uniforme. Además se añadió al sustrato un 0.033% de ceniza de caña de azúcar para control fúngico y como aporte nutricional de zinc.

**2.2.4. Seguimiento y control del vivero.** Se ubicaron los tratamientos en campo, y se prepararon las fundas de polietileno para el repique, regando las mismas de acuerdo a la fuente de agua correspondiente. Para el repique se sumergió a las plántulas en una solución de agua potable con un desinfectante (captan 8) en cantidades de 2 gr por 500 ml de agua, por un lapso de 15 minutos antes de iniciar el repique. El riego se realizó cada dos días en lo posible. No se aplicó ningún tipo de fertilizante o fungicida. La toma de datos se realizó semanalmente desde el repique con las variables altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas.

**2.2.5. Diseño experimental.** La unidad experimental tiene un área de 0.25 m<sup>2</sup> donde se ubicaron 36 fundas, en un diseño de parcelas divididas, con 12 tratamientos y 3 repeticiones. La toma de datos se hizo a 16 plantas dentro de cada cuadrante eliminando de esta manera el efecto borde, que podría afectar el resultado del experimento.

Tratamientos:

- T1: a1b1: Ébano, agua potable
- T2: a1b2: Ébano, agua de piscina facultativa
- T3: a1b3: Ébano, agua de piscina de maduración
- T4: a2b1: Neem, agua potable
- T5: a2b2: Neem, agua de piscina facultativa
- T6: a2b3: Neem, agua de piscina de maduración
- T7: a3b1: Leucaena, agua potable
- T8: a3b2: Leucaena, agua de piscina facultativa
- T9: a3b3: Leucaena, agua de piscina de maduración
- T10: a4b1: Algarrobo, agua potable
- T11: a4b2: Algarrobo, agua de piscina facultativa
- T12: a4b3: Algarrobo, agua de piscina de maduración

Las variables dependientes medidas fueron altura de planta, diámetro de tallo y emisión foliar (número de hojas).

### 2.3. Resultados

#### Porcentaje de supervivencia

El porcentaje de supervivencia se encuentra para todos los tratamientos por encima del 85%. Los tratamientos 10 (algarrobo con agua de laguna de maduración) y 12 (algarrobo con agua potable) son los de los porcentajes más bajos con 89.58% en ambos casos.

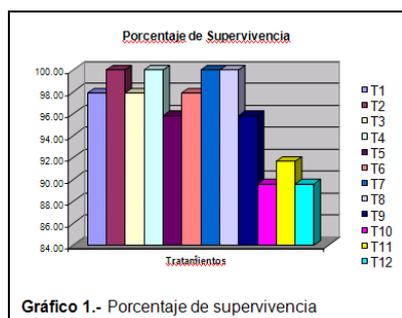


Gráfico 1.- Porcentaje de supervivencia

### Variable Altura de planta

Con los datos tomados en campo y luego de aplicar el área bajo la curva para todas las plantas en cada tratamiento, se obtuvo la siguiente tabla de ADEVA:

Tabla 1.- ADEVA- Altura de planta (SC Tipo I)

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	8704,18	13	669,55	68,38	<0,0001
Especie	8222,19	3	2740,73	279,91	<0,0001
Agua	27,81	2	13,90	1,42	0,2426
Especie*Agua	222,14	6	37,02	3,78	0,0011
Error	5297,22	541	9,79		
Total	14001,40	554			

De acuerdo a la significancia de los tratamientos ( $\text{sig}=0,0011$ ), lo que indica que por lo menos uno de las áreas bajo la curva de los tratamientos difiere significativamente del resto.

### Variable diámetro de tallo

Con los datos tomados en campo y luego de aplicar el área bajo la curva para todas las plantas en cada tratamiento, se obtuvo la siguiente tabla de ADEVA:

Tabla 2.- ADEVA- Diámetro de tallo (SC Tipo I)

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	354,74	13	27,29	161,83	<0,0001
Especie	341,56	3	113,85	675,21	<0,0001
Agua	0,41	2	0,20	1,21	0,2977
Especie*Agua	2,13	6	0,35	2,10	0,0516
Error	91,22	541	0,17		
Total	445,96	554			

De acuerdo a la tabla de ADEVA no existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $\text{sig}=0,0516$ ), lo que indica que el área bajo la curva de los tratamientos son iguales estadísticamente.

### Variable número de hojas

Con los datos tomados en campo y luego de obtener el área bajo la curva para todas las plantas en cada tratamiento, se obtuvo la siguiente tabla de ADEVA:

Tabla 3.- ADEVA- Número de hojas (SC Tipo I)

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	1160,03	13	89,23	33,97	<0,0001
Especie	1035,43	3	345,14	131,39	<0,0001
Agua	5,96	2	2,98	1,13	0,3226
Especie*Agua	83,13	6	13,86	5,27	<0,0001
Error	1423,80	542	2,63		
Total	2583,83	555			

## 2.4. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos muestran que existe diferencia significativa para los tratamientos en las variable altura, altamente significativa para la variable número de hojas y no existe diferencia estadística para la variable diámetro de tallo.

Cabe resaltar que para todas las variables al analizar los factores de manera independiente se evidencia que el factor que afecta la significancia es la especie no tanto como el tipo de agua para riego que no tuvo significancia estadística.

En todas las variables no se encontró significancia estadística para el tipo de agua, por lo que se puede decir que las áreas bajo la curva de los tratamientos son iguales para los tres tipos de agua evaluados en este experimento.

Aplicando la prueba de Tukey para la variable altura se obtuvo que los mejores tratamientos fueron T9 (leucaena con agua de laguna de maduración), T8 (leucaena con agua facultativa) y T7 (leucaena con agua potable) con los promedios más altos. Seguido de estos y diferentes a los tres primeros se encuentran T6, T5, T10 y T11 cuyos promedios son cercanos entre si y los tres últimos de este grupo se asemejan a los tratamientos T4 y T12, y a la vez estos dos son iguales a los tratamientos T1, T2 y T3.

La especie con mejor altura en este caso fue la leucaena. El neem y el algarrobo tuvieron promedios semejantes y el ébano fue el de menor tamaño.

Para la variable diámetro de tallo no se encontró diferencia estadística para los tratamientos, y sólo se aplicó Tukey para el factor de las especies, siendo la de mayor diámetro la leucaena, seguido del Neem, y por último están el ébano y el algarrobo que fue el que menor diámetro presentó.

Aplicando Tukey para el número de hojas muestra que los tratamientos T7 y T9 son los mejores, seguidos por los tratamientos T8 y T6, el tratamiento que mostró menor emisión foliar fue el T12.

En este caso también el tratamiento de mayor emisión foliar fue la leucaena y el de menor fueron los del algarrobo.

En la supervivencia se puede observar que todos los valores son aceptables y están dentro de parámetros normales en vivero (supervivencia sobre el 85%). El tratamiento de menor supervivencia fue el T10 que es algarrobo regado con agua potable.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

El riego con agua residual tampoco tuvo un efecto significativo en la mortalidad, ya que esta se encuentra dentro de parámetros normales (por debajo del 10%).

La diferencia significativa entre los tratamientos se debe a las especies y no al tipo de agua con la que fueron regadas.

La leucaena fue la especie que mejores obtuvo los promedios más altos en altura, diámetro de tallo y número de hojas, debido a que es una planta que tiene un rápido crecimiento y al ser una leguminosa aprovecha de mejor manera el nitrógeno atmosférico fijándolo en el suelo.

Las especies forestales evaluadas en este experimento, resisten el riego con aguas residuales a pesar de los altos niveles de aceites y grasas, esto se evidenció en la igualdad estadística de las variables evaluadas.

La cantidad de nitratos, nitritos, amoníaco y fosfatos que se encuentran en el agua no tuvo gran efecto en el desarrollo de los árboles.

### 3.1. Recomendaciones

Se deben realizar replicas de este experimento en otras localidades de la Península y con otras especies para que se confirmen los datos presentados en este proyecto, manteniendo en igualdad de condiciones los tratamientos y repeticiones.

Para ejercicios de programas de reforestación, el riego con agua procedente de lagunas de oxidación es igual de eficiente que el riego con agua potable, ya sea que provenga de lagunas facultativas o de maduración, por lo que no afectará su desarrollo de manera negativa, teniendo en cuenta que este tipo de agua no sustituye la fertilización.

Se deben continuar con la toma de datos en campo para evaluar si existe alguna diferencia una vez que las plantas están en terreno definitivo, ya que algunos nutrientes como el nitrógeno amoniacal en primera instancia no están disponibles para la planta pero con bacterias del suelo luego de un tiempo, este puede transformarse en formas asimilables, y podría reemplazar la fertilización nitrogenada en campo.

El agua residual tratada mediante lagunas de oxidación debe ser aprovechada en programas de reforestación intensivos que le devuelvan a la Península de Santa Elena la cobertura forestal que se ha perdido por años y años de deforestación agresiva.

## 5. Referencias

- [1] Ahmed, Saleem; Bamefleh, Salem; Munshi, Ma'toug. 1989. Cultivation of neem (*Azadirachta indica*, Meliaceae) in Saudi Arabia. *Economic botanic*.
- [2] Cañadas, L. 1983. El Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito. Ecuador.
- [3] CATIE. 1994. El árbol al servicio del agricultor- Manual de agroforestería para el desarrollo rural.
- [4] CEPIS. 1993. Memoria del taller regional para las Américas sobre aspectos de salud, agricultura y ambiente vinculados al uso de las aguas residuales. Jiutepec, Morelos. México.
- [5] Curtis, T. 1994. The effect of sunlight on mechanisms for the die-off faecal coliform bacteria in waste stabilization ponds. Ph. D. thesis. School of Civil Engineering, University of Leeds. Leeds. United Kingdom.
- [6] Mara, D. y Pearson, H. 1998. Design manual for waste stabilization ponds in Mediterranean countries. European Investment Bank. Lagoon Technology International. Leeds. United Kingdom.
- [7] Mara, D.; Alabaster, G.; Pearson, H. and Mills, M. 1992. Waste Stabilization Ponds: A Design Manual for Eastern Africa. Lagoon Technology International. Leeds, England.
- [8] Muñoz, L. 2007. Manejo de Cuencas Hidrográficas Tropicales. Editorial Gustavo A. Serrano de la CCE. Loja. Ecuador.
- [9] National Research Council. 1992. *Neem: a tree for solving global problems*. Washington, DC: National Academy Press.
- [10] Navall, M. 2004. El vivero forestal. Estación Experimental Agropecuario Santiago del Estero. Buenos Aires. Argentina.
- [11] Peña, M. 2002. Advanced primary treatment of domestic wastewater in tropical countries: development of high-rate anaerobic ponds. Ph. D thesis. School of Civil Engineering, University of Leeds. United Kingdom.
- [12] Valverde, F. M. 1998. Plantas útiles del litoral ecuatoriano. Ministerio del Ambiente. ECORAE. Ecociencia. Guayaquil.
- [13] Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.