

Comparación del efecto de riego con aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación de Santa Elena, sobre 4 especies forestales (*Loxopterygium huasango*, *Tabebuia* sp, *Pseudosamanea guachapele*, *Caesalpinia glabrata*) en etapa de vivero

Maria Elena Noboa León
Facultad de Ingeniería en Mecánica Y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politecnica Del Litoral
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mnoboa@espol.edu.ec; maelenanoboa@hotmail.com

Resumen

*La presente investigación muestra la comparación del uso del agua de las lagunas de oxidación del canton Santa Elena, para el riego de las especies forestales: *Loxopterygium huasango*, *Tabebuia* sp, *Pseudosamanea guachapele*, y *Caesalpinia glabrata*, y determinar el tratamiento con mejor respuesta. Los datos que se tomaron para la experimentación fueron: supervivencia; altura de planta; número de hojas y diámetro del tallo de las especies, realizando esta labor cada semana en un período de tres meses. Los tratamientos evaluados consistieron en el uso del agua obtenida de la laguna facultativa, maduración y agua potable, interactuando con las cuatro especies forestales de la Península de Santa Elena. El delineamiento experimental se lo realizó a través del diseño de parcelas divididas, siendo el factor principal: especies forestales, y los subfactores: tipos de agua. Los datos obtenidos de las unidades experimentales analizados por medio del ADEVA determinaron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir, que estas especies pueden ser regadas con aguas provenientes de las lagunas de oxidación durante la fase de vivero.*

Palabras Claves: *Lagunas de oxidación, especies forestales, supervivencia, altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo.*

Abstract

*The present research shows the comparison between the uses of oxidation ponds in "El Canton Santa Elena" to be used later in the irrigation of forestry species. *Loxopterygium huasango*, *Tabebuia* sp., *Pseudosamanea guachapele*, and *Caesalpinia glabrata*, in order to find the treatment with best results. The data used for the experimentation was: survivor, high in plant, number of leaves and stem diameter, doing the procedure every week for three months. The result of the treatment consists in the use of water obtained from the facultative pond, maturation and potable water, interacting with four forestry species of Santa Elena. The experimental context was done by the design of split pots being the main factor: forestry species, and its sub factors: types of water. The data obtained analyzed from the experimental units by ADEVA determinate that there is not significance difference between the treatments, it means that this species could be used for irrigation with water coming from the oxidation ponds during the nursery phase*

Key words: *Oxidation ponds, forestry species, survivor, high in plant, number of leaves, stem diameter.*

1. Introducción

De acuerdo a Terrón y Hernández (1992), el agua es muy importante no solo en la vida de los animales, sino, también es esencial para la supervivencia y el crecimiento de las plantas. La Península de Santa Elena fue la principal abastecedora de madera para el

Ecuador, especialmente durante la construcción de las vías férreas a partir del año 1900; en consecuencia sus bosques de vegetación tropical seca se encuentran amenazados y en peligro de extinción. Además en esa zona, el acceso al recurso agua es sumamente limitado debido a la escasez de lluvias generada por la falta de bosques que capten el líquido

y contribuyan a que el ciclo del mismo pueda desarrollarse con normalidad.

Por lo mencionado anteriormente, es imperativo iniciar un proceso de reforestación usando alternativas que aporten a la propagación de plantas utilizando eficazmente los recursos de la zona, uno de ellos es el agua de las lagunas de oxidación. Para este propósito se planteó el presente estudio, con el fin de determinar si estas aguas pueden ser utilizadas como fuentes alternativas de riego sobre cuatro especies forestales durante la fase de vivero.

2. Objetivo

Objetivo general

- Comparar el efecto del riego con aguas de lagunas de oxidación sobre 4 especies forestales, mediante la implementación de un vivero, con el fin de determinar si estas aguas pueden ser utilizadas como fuentes alternativas de irrigación

Objetivos específicos

- Establecer el porcentaje de supervivencia de 4 especies forestales mediante el riego con aguas residuales.
- Determinar la especie forestal con mejor desarrollo sobre las variables altura, diámetro del tallo y número de hojas.
- Determinar la fuente de riego que genera la mejor respuesta en el desarrollo de las especies sobre las variables altura, diámetro del tallo y número de hojas.
- Determinar el tratamiento con mejor respuesta sobre las variables altura, diámetro del tallo y número de hojas.

3. Hipótesis

En la comparación de los diferentes tratamientos se utilizó el siguiente contraste de hipótesis para las variables supervivencia, altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas:

$$H_0: \mu T_1 = \mu T_2 = \mu T_3 \dots \dots \dots = \mu T_{12}$$

H_a : Al menos un μT_i difiere;
 $i=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12$

H_0 : El efecto del tipo de agua por especie es igual en todos los promedios de los tratamientos

Por ser diseño de parcelas divididas se plantean hipótesis para cada uno de los factores como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Hipótesis nula y alternativa de los factores analizados

VAR	HIP	FACTORES	
		Factor a (tipo de agua)	Factor b (especie forestal)
ALTURA	Ho	Los tipos de agua tienen el mismo efecto en la altura promedio sobre las cuatro especies forestales.	La altura promedio de las cuatro especies forestales es igual
	Ha	Al menos uno de los tres tipos de agua es diferente en la altura promedio sobre las cuatro especies forestales.	La altura promedio de al menos una de las cuatro especies forestales es diferente
DIÁMETRO	Ho	Los tres tipos de agua tienen el mismo efecto en el diámetro promedio sobre las cuatro especies forestales.	El diámetro promedio de las cuatro especies forestales es igual
	Ha	Al menos uno de los tres tipos de agua es diferente en el diámetro promedio sobre las cuatro especies forestales.	El diámetro promedio de al menos una de las cuatro especies forestales es diferente.
NÚMERO DE HOJAS	Ho	Los tres tipos de agua tienen el mismo efecto en el número de hojas promedio sobre las cuatro especies forestales.	El número de hojas de las cuatro especies forestales es igual
	Ha	Al menos uno de los tres tipos de agua es diferente en el número de hojas promedio sobre las cuatro especies forestales.	El número de hojas de al menos una de las cuatro especies forestales es diferente.

4. Materiales y métodos

Las lagunas de oxidación donde se realiza la investigación se encuentran entre los límites urbanos de los cantones: Santa Elena y La Libertad con las siguientes coordenadas: 2°14'27.75"Sur, 80°51'53.84" Oeste.

El ensayo se realizó en la etapa de vivero, aplicando el riego cada dos días para todos los tratamientos, y evaluando el efecto de los mismos con parámetros como: la altura, número de hojas, diámetro y supervivencia.

Tabla 2. Parámetros climáticos del sector

Temperatura	19°-22° C. en época seca
Altitud	0 a 300 msnm
Pluviosidad Promedio	entre los 62, 5 y 125 milímetros
Velocidad del Viento	8 a 10 Km/h

Fuente: Estación Meteorológica del INAMHI

Diseño experimental

El diseño usado fue parcelas divididas, con tres repeticiones, el factor principal estuvo compuesto por las cuatro especies forestales y las subparcelas estuvieron determinadas por el agua de las lagunas (una facultativa, y otra de maduración) además del agua potable que fue considerado como testigo.

El área experimental fue determinada para 0.50 m2 donde se ubicaron 36 plantas, de las cuales se evaluaron 16, eliminando el *efecto de borde*.

Factores en estudio:

Factor A: especie arbórea

- a1: Tabebuia sp.

- a2: Caesalpinia glabrata
- a3: Pseudosamanea guachapele
- a4: Loxopterygium huasango

Factor B: Tipos de agua

- b1: agua potable
- b2: agua de la segunda laguna de facultativa
- b3: agua de la segunda laguna de maduración

Tratamientos estudiados:

- T1 (a1b1): Guayacán, agua potable
- T2 (a1b2): Guayacán, agua de la segunda laguna de facultativa
- T3 (a1b3): Guayacán, agua de la segunda laguna de maduración
- T4 (a2b1): Cascol, agua potable
- T5 (a2b2): Cascol, agua de la segunda laguna de facultativa
- T6 (a2b3): Cascol, agua de la segunda laguna de maduración
- T7 (a3b1): Guachapeli, agua potable
- T8 (a3b2): Guachapeli, agua de la segunda laguna de facultativa
- T9 (a3b3): Guachapeli, agua de la segunda laguna de maduración
- T10 (a4b1): Huasango, agua potable
- T11 (a4b2): Huasango, agua de la segunda laguna de facultativa
- T12 (a4b3): Huasango, agua de la segunda laguna de maduración

Datos evaluados:

Las variables evaluadas semanalmente durante un periodo de tres meses fueron:

- Supervivencia de plantas.- conteo de plantas vivas de cada uno de los tratamientos con sus repeticiones, desde la etapa del transplante hasta la doceava semana de evaluación.
- Altura de planta.- Tomando el dato con una regla, midiendo desde la base del tallo hasta la inserción de la última rama.
- Diámetro de tallo.- Utilizando un vernier, midiendo en la base del tallo.
- Número de hojas.- conteo de la totalidad de las hojas de cada una de las plántulas.

5. Resultados

Al analizar los datos obtenidos en campo se pudo obtener los siguientes resultados:

Supervivencia

En la tabla 3 se presenta el análisis de variancia para supervivencia de plantas de las cuatro especies arbóreas regadas con tres tipos de agua, observándose diferencias significativas para el primer factor, no así para el segundo factor e interacción entre los dos.

Tabla 3.- Análisis de variancia para supervivencia de plantas del efecto de tres tipos de agua en cuatro especies forestales

	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	209	19	11	4,3	0,0024
Repetición	8,72	2	4,36	0,66	0,5513
Factor A	125,4	3	41,8	6,32	0,0275
Error A	39,72	6	6,62	2,59	0,06
Factor B	5,06	2	2,53	0,99	0,3935
Factor AxFactor B	30,06	6	5,01	1,96	0,1321
Error	40,89	16	2,56		
Total	249,9	35			

Coefficiente de variación (1,73)

Al realizar la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad se detectaron dos rangos de significancia, en el primero se ubicaron las especies huasango, cascol y guachapelí, esta última compartiendo el segundo rango con guayacan. El porcentaje de supervivencia más alto de las especies se obtuvo cascol con 99,78 % y el más bajo con guayacán que fue de 95 %.

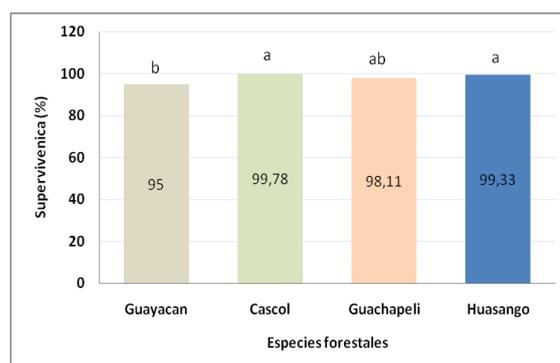


Figura 1. Promedios y prueba de tukey al 5 % para supervivencia de cuatro especies forestales bajo tres tipos de agua

Número de hojas

En la tabla 4 se presenta el análisis de variancia para la variable número de hojas de las cuatro especies arbóreas cultivadas con los tres tipos de agua, observándose diferencias significativas para el

primer factor, no así para el segundo factor e interacción de ambos.

Tabla 4. Análisis de variancia para el número de hojas de plantas del efecto de tres tipos de agua en cuatro especies forestales

	Grados			F	p-valor
	Suma de Cuadrados	Libertad	Cuadrados Medios		
Modelo	2444.77	157	15.57	13.88	<0.0001
REP	16.71	2	8.36	2.43	0.1303
A	317.24	3	105.75	30.71	<0.0001
B	0.95	2	0.47	0.14	0.8730
A*B	56.86	6	9.48	2.75	0.0640
REP*A*B	41.32	12	3.44	3.07	0.0004
SEM	1693.11	11	153.92	137.20	<0.0001
SEM*A	274.02	33	8.30	7.40	<0.0001
SEM*B	6.74	22	0.31	0.27	0.9996
SEM*A*B	37.80	66	0.57	0.51	0.9993
Error	307.38	274	1.12		
Total	2752.16	431			

Coficiente de variación (15,23)

Al realizar la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad se detectaron dos rangos de significancia, en el primero se ubicaron las especies guayacan y cascol, y en el segundo el husango y guachapeli. El número de hojas más alto de las especies se obtuvo del cascol con 7,82, y el más bajo lo presentó el huasango con 5,98.

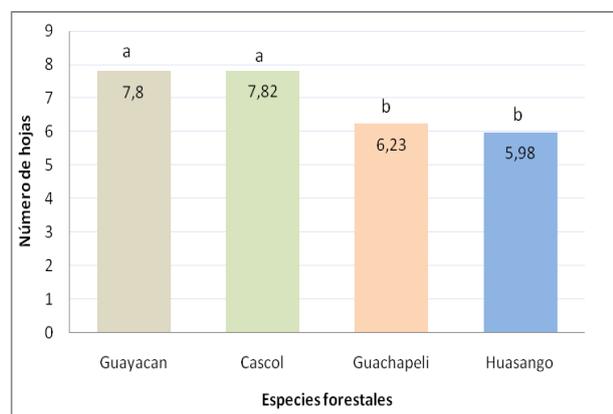


Figura 2. Promedios y prueba de tukey al 5% para número de hojas de cuatro especies forestales bajo tres tipos de agua.

Diámetro

En la tabla 5 se presenta el análisis de variancia para el diámetro del tallo de las cuatro especies forestales regadas con tres tipos de agua, observándose diferencias significativas para el primer factor, no así para el segundo factor e interacción entre ambos.

Tabla 5. Análisis de variancia para el diámetro del tallo del efecto de tres tipos de agua en cuatro especies forestales

	Grados			F	p-valor
	Suma de Cuadrados	Libertad	Cuadrados Medios		
Modelo	570.93	157	3.64	16.02	<0.0001
REP	17.95	2	8.97	9.27	0.0037
A	85.75	3	28.58	29.53	<0.0001
B	0.18	2	0.09	0.09	0.9109
A*B	4.59	6	0.77	0.79	0.5944
REP*A*B	11.62	12	0.97	4.26	<0.0001
SEM	386.97	11	35.18	154.94	<0.0001
SEM*A	59.40	33	1.80	7.93	<0.0001
SEM*B	1.18	22	0.05	0.24	0.9999
SEM*A*B	3.30	66	0.05	0.22	>0.9999
Error	62.21	274	0.23		
Total	633.15	431			

Coficiente de variación (16,99)

Al realizar la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad se detectaron dos rangos de significancia, en el primero se ubicaron las especies guayacan y huasango, y en segundo rango el cascol y el guachapeli. El mayor diámetro se obtuvo del guayacan con 3,39 mm, y el más bajo del guachapeli con 2,31 mm.

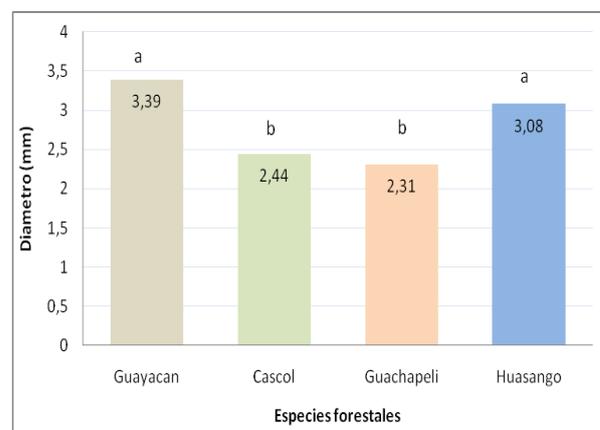


Figura 3. Promedios y prueba de tukey al 5% para el diámetro de cuatro especies forestales bajo tres tipos de agua.

Altura

En la tabla 6 se presenta el análisis de variancia para altura de plantulas de las cuatro especies forestales regadas con tres tipos de agua, observándose diferencias significativas para el primer factor no así para el segundo factor e interacción de ambos.

Tabla 6. Análisis de variancia para la altura de plantulas del efecto de tres tipos de agua en cuatro especies forestales

	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	5469.56	157	34.84	11.62	<0.0001
REP	53.67	2	26.84	3.62	0.0590
A	2482.02	3	827.34	111.45	<0.0001
B	7.45	2	3.73	0.50	0.6176
A*B	89.60	6	14.93	2.01	0.1426
REP*A*B	89.08	12	7.42	2.48	0.0043
SEM	2411.00	11	219.18	73.11	<0.0001
SEM*A	254.84	33	7.72	2.58	<0.0001
SEM*B	18.30	22	0.83	0.28	0.9996
SEM*A*B	63.58	66	0.96	0.32	>0.9999
Error	821.48	274	3.00		
Total	6291.03	431			

Coefficiente de variación (25,75)

Al realizar la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad se detectaron tres rangos de significancia, en el primero se ubico el cascol, en el segundo el guayacan y el guachapeli, y en tercer rango el huasango. La altura más significativa se la obtuvo del cascol con 12,45 cm y la más baja del huasango con 5,75 cm.

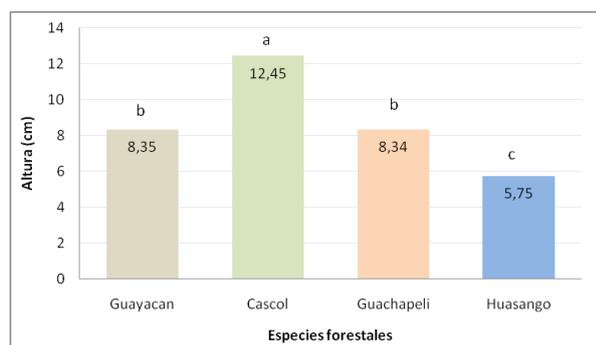


Figura 4. Promedios y prueba de tukey al 5% para la altura de cuatro especies forestales bajo tres tipos de agua.

6. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos del ADEVA en la supervivencia para la interacción de los factores con un nivel de significancia de 0,05 es de 0,395 por lo que se acepta la hipótesis nula, que nos indica que se comportan iguales, indistintamente del tratamiento.

EL factor B (*tipo de agua*) ha tenido un comportamiento muy similar en la supervivencia, estadísticamente no hay diferencias significativas, lo que varía es el factor A (*especies forestales*), que al realizar la prueba de significancia se puede observar que el *Tabebuia* sp. presento la menor supervivencia

de las cuatro especies, esto se debe a que el sistema radicular es muy sensible.

Los tratamientos durante todo el ensayo se comportaron de la misma forma, al realizar el ADEVA tanto para la altura, diámetro del tallo y número de hojas, en todos los casos el valor de p fue mayor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

El factor A (*tipos de agua*), han presentado el mismo comportamiento durante todas las semanas y al realizar el ADEVA final se obtiene el mismo resultado de no ser mayor a 0,05 el valor de p, por lo que se acepta la hipótesis nula de que tanto el agua potable como el agua proveniente de la laguna facultativa y la de maduración son estadísticamente iguales.

El factor A (*especies forestales*), de acuerdo a los valores de p que se obtuvieron en los ADEVA realizados en todos los casos fue menor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa de que al menos una de las especies forestales para las variables altura, diámetro y número de hojas es diferente, por lo que se realiza la comparación de Tukey al 0,05 de significancia, obteniendo la mayor altura media el cascol.

7. Conclusiones

1. Al analizar el valor de la supervivencia entre especies forestales, el cascol presento el mayor porcentaje (99,78 %), y el más bajo fue el guayacán (95 %). La supervivencia analizada con respecto al tipo de agua presento el mismo comportamiento no teniendo diferencias significativas.
2. De las especies evaluadas en el ensayo, la que tuvo mejor comportamiento en cuanto a las variables altura y número de hojas fue el cascol presentando 12,45 cm y 7,82 respectivamente. Para la variable diámetro del tallo la que presento mejor desarrollo fue el guayacán con 3,39 mm.
3. La influencia del factor agua sobre las variables se comporto de la misma forma para los tres tipos comparados, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas.

Los datos obtenidos de las unidades experimentales analizados por medio del ADEVA determinaron que no existe diferencia significativa entre los

tratamientos, es decir, que estas especies pueden ser regadas con aguas provenientes de lagunas de oxidación durante la fase de vivero y así superar la limitante ocasionada por la falta de agua que se da en ciertas zonas de la Península de Santa Elena.

8. Recomendaciones

Aprovechar el recurso agua proveniente de las lagunas de oxidación para el riego de especies forestales, como muestran los resultados obtenidos de la experimentación es viable y conveniente por la gran cantidad de agua que no es aprovechada de las lagunas de oxidación de Santa Elena, su uso en el riego de especies forestales puede constituirse en la forma de reciclaje y por ende evitar el uso innecesario de agua que puede ser utilizada para otro propósito.

Las especies forestales utilizando agua de las lagunas de oxidación pueden ser consideradas para incluirlas en chacras como sistemas agroforestales de la Península de Santa Elena. Además, del conocido beneficio que los sistemas agroforestales proporciona a los cultivos, se da una restitución de especies endémicas, que por la tala indiscriminada han llegado a encontrarse en peligro de extinción.

Para la utilización y aprovechamiento del agua de las lagunas de oxidación se debe tener en cuenta que el agua no está libre de bacterias, hongos, que por el contrario tienen agentes patógenos para la salud, con lo que es necesario tratar al agua como tal, tener precaución en la manipulación para evitar enfermedades.

De ser utilizada en cultivos de consumo, es necesario realizar ensayos y adecuados análisis para descartar posibles causas de enfermedades.

9. Agradecimientos

Agradezco a Dios ya que nada de los que he realizado lo habría hecho sin que lo permitiera, a mi familia, que me da su apoyo en todo momento, a M.Sc. Kléber Morán Q., por la confianza depositada en la investigación, a mi director de tesis, M.Sc. Edwin Jimenez, ya que gracias a su orientación se culminó todo el proceso, a M.Sc. Edison Silva, por la ayuda brindada y a todos los que directa e indirectamente colaboraron para el desarrollo de esta tesis.

10. Referencias

- [1] Terrón, P; Hernández., Condiciones del suelo y Desarrollo de las plantas Según Ruseell. Madrid, España. Ediciones Mundi-Presna. 1992, pp 395.

