

**UNIVERSIDAD DEL MAR  
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO**



**EMERGENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE  
PLÁNTULAS DE DOS ESPECIES FORESTALES A  
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE  
SODIO (NaCl)**

---

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTA  
ERIKA NACHELE MUÑOZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR  
DR. EDGAR IVÁN SÁNCHEZ BERNAL**

## DEDICATORIA

A mi familia... pilares de mi vida... mami, papi y hermanito, porque los cimientos forjados son grandes y me formaron para continuar hasta el final en esta y cada una de mis metas.

Gracias Ivonne, por cada una de tus enseñanzas, por el tan solo hecho de permitirme ser parte de un pedacito de ti y enseñarme lo bello que es ser mujer, por forjar mi carácter y disciplina, eres una mujer maravillosa. Te Amo mom.

Gracias Refugio, por la indiscutible alma aventurera que me heredaste, por alentar mis sueños y apoyarme en cada momento. Por las charlas padre e hija, que hoy en día me sirven para seguir mi propio "tren de la vida". Te amo daddy.

Gracias Daniel, porque eres mi pequeño gran hermano, por ese carácter que demuestras a la vida y singulares ocurrencias, por tus habilidades e inteligencia, realmente te admiro... por los momentos vividos y por tantas cosas que nos queda por compartir. Te amo nanis.

A mis abues, Paulita<sup>†</sup>, Moy<sup>†</sup>, Chayito<sup>†</sup> y Don Justi grandes personas y con enormes enseñanzas, las cuales serán parte de mi vida.

A las familias Muñoz Ríos y Hernández García.

A Laura, Mariela y Francisco por apoyarme y creer en mí.

A Ricardo, por tu cariño, aliciente y comprensión, gracias amor.

A todos mis amigos, que de alguna u otra forma son complemento de lo que soy.

A Dios por todo lo que me otorgas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Mar campus Puerto Escondido, por la formación profesional que me brindó.

Al Dr. Edgar Iván Sánchez Bernal, por ser un profesor excepcional en mi formación como profesionista e instruirme en la elaboración de tesis.

A los profesores de la carrera de Ingeniería Forestal.

Al equipo de trabajadores del Jardín Botánico Chepilme de la Universidad del Mar, por el apoyo brindado en el experimento.

A los revisores de tesis:

Dr. Héctor Manuel Ortega Escobar

Dra. Verónica Ortega Baranda

Dr. Carlos Estrada Vázquez

Ing. Gabriel Ruvalcaba Gómez

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 12 |
| II. OBJETIVOS .....   | 14 |
| III. HIPÓTESIS .....  | 14 |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....   | 15 |
| 4.1. El fenómeno de la salinidad .....  | 15 |
| 4.2. Suelos afectados por sales a nivel mundial.....  | 18 |
| 4.3. Suelos salinos en México .....   | 19 |
| 4.4. Suelos halomórficos en la planicie costera de Oaxaca .....                                       | 20 |
| 4.5. Impacto de la salinidad en la Selva Baja Caducifolia .....                                       | 21 |
| 4.6. Tipos de sales en los suelos .....   | 22 |
| 4.6.1. Sales del grupo de los cloruros .....  | 23 |
| 4.6.2. Sales del grupo de los sulfatos .....  | 24 |
| 4.6.3. Sales del grupo de los carbonatos y bicarbonatos.....  | 24 |
| 4.6.4. Sales del grupo de los nitratos .....  | 25 |
| 4.6.5. Sales del grupo de los boratos.....  | 26 |
| 4.7. Potencial osmótico de las soluciones salinas en suelos y aguas.....                              | 26 |
| 4.8. Efectos de las sales en los organismos vegetales .....   | 27 |
| 4.8.1. Sequía fisiológica por estrés osmótico.....  | 29 |
| 4.8.2. Deficiencia nutricional .....  | 30 |
| 4.8.3. Toxicidad de iones específicos .....   | 31 |
| 4.8.4. Antagonismo iónico.....  | 32 |
| 4.9. Adaptación de las plantas a la salinidad.....  | 32 |
| 4.10. Mecanismos de tolerancia de las plantas al estrés salino .....                                  | 33 |
| 4.11. Tolerancia de las plantas a la salinidad en etapa de germinación y<br>crecimiento inicial ..... | 35 |
| 4.12. Generalidades de las especies .....   | 36 |
| 4.12.1. <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC. ....  | 36 |

|   |    |
|---|----|
| 4.12.2. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.....   | 39 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 43 |
| 5.1. Área de estudio .....  | 43 |
| 5.2. Colecta de semilla .....   | 43 |
| 5.3. Almacenamiento de semillas.....  | 44 |
| 5.4. Tratamiento pre germinativo.....   | 45 |
| 5.5. Preparación de macetas experimentales .....  | 45 |
| 5.6. Riego.....   | 46 |
| 5.7. Variables de crecimiento evaluadas.....  | 46 |
| 5.8. Diseño experimental.....   | 47 |
| VI. RESULTADOS.....   | 48 |
| 6.1. Efecto de la sal NaCl en la conductividad eléctrica y potencial osmótico de la soluciones.....   | 48 |
| 6.2. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la emergencia de plántulas.....   | 49 |
| 6.3. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la longitud de tallo.....   | 52 |
| 6.4. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en el diámetro del tallo.....  | 52 |
| 6.5. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la longitud de raíz .....   | 54 |
| 6.6. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en el número de hojas .....  | 56 |
| 6.7. Acumulación de biomasa en la parte aérea .....   | 57 |
| 6.8. Acumulación de biomasa en el sistema radicular.....  | 58 |
| 6.9. Modelos de predicción del peso seco total en función de las conductividades eléctricas de las soluciones salinas, en plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Gliricidia sepium</i> ..... | 59 |
| VII. DISCUSIÓN .....  | 62 |
| 7.1. Conductividad eléctrica y potencial osmótico de las soluciones experimentales.....   | 62 |
| 7.2. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la emergencia de plántulas.....   | 63 |
| 7.3. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la longitud de tallo.....   | 64 |

|   |    |
|---|----|
| 7.4. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en el diámetro del tallo.....  | 66 |
| 7.5. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en la longitud de raíz .....   | 67 |
| 7.6. Efecto de las soluciones de la sal NaCl en el número de hojas .....  | 68 |
| 7.7. Acumulación proporcional de la sal biomasa en la parte aérea .....   | 70 |
| 7.8. Acumulación proporcional de biomasa en la raíz .....   | 71 |
| 7.9. Modelos de predicción del peso seco total en función de las<br>conductividades eléctricas de las soluciones salinas, en plántulas de<br><i>Tabebuia rosea</i> y <i>Gliricidia sepium</i> ..... | 73 |
| VIII. CONCLUSIONES .....  | 74 |
| IX. RECOMENDACIONES .....   | 75 |
| IX. ANEXO FOTOGRÁFICO DE LOS EFECTOS DE LAS SOLUCIONES DE<br>NaCl EN PLÁNTULAS DE <i>Tabebuia rosea</i> Y <i>Gliricidia sepium</i> .....  | 76 |
| X. BIBLIOGRAFÍA .....   | 78 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla I. Clasificación de los suelos salinos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.....  | 16 |
| Tabla II. Superficie afectada por salinización a nivel mundial.....  | 19 |
| Tabla III. Clasificación de las sales de mayor incidencia en los suelos.....   | 22 |
| Tabla IV. Respuestas anatómicas y fisiológicas producidas por el estrés de las sales NaCl y Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....  | 34 |
| Tabla V. Valores de conductividad eléctrica teórica (dS m <sup>-1</sup> ), conductividad eléctrica medida (dS m <sup>-1</sup> ) y concentraciones salinas (g L <sup>-1</sup> ) de las soluciones de NaCl utilizadas para el riego de las macetas experimentales..... | 48 |
| Tabla VI. Efecto de la conductividad eléctrica, pH y potencial osmótico de soluciones salinas experimentales, en el porcentaje de emergencia de plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Gliricidia sepium</i> , diversos días después de la siembra.....             | 51 |
| Tabla VII. Promedio de la longitud de tallo y determinación de la tasa de incremento de longitud, respecto a la concentración de la sal NaCl.....  | 53 |
| Tabla VIII. Efecto del aumento de la concentración de la sal NaCl en el diámetro de tallo de plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Gliricidia sepium</i> .....   | 55 |

Tabla IX. Efecto de la concentración de la sal NaCl en la longitud de raíz de plántulas de *Tabebuia rosea* y *Gliricidia sepium*..... 56

Tabla X. Efecto de la sal NaCl en el promedio de número de hojas 132 DDE de plántulas de *Tabebuia rosea* y *Gliricidia sepium*..... 57

Tabla XI Efecto de las diferentes concentraciones salinas en el peso seco (g) de plántulas de *Tabebuia rosea* y *Gliricidia sepium*..... 59

Tabla XII. Modelos para determinar el peso seco total de las plántulas de *Tabebuia rosea* y *Gliricidia sepium*, en función de la conductividad eléctrica de las soluciones salinas..... 60



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Distribución mundial de suelos salinos y<br>sódicos.....  | 18 |
| Figura 2. Ubicación del invernadero en el Jardín Botánico Chepilme de la<br>Universidad del Mar Superficie afectada por salinización a nivel<br>mundial.....  | 43 |
| Figura 3. Regresión lineal entre conductividad eléctrica medida ( $\text{dS m}^{-1}$ ) y<br>concentraciones salinas ( $\text{g L}^{-1}$ ) determinada al inicio de cada preparación de las<br>soluciones salinas..... | 49 |
| Figura 4. Comportamiento del peso seco de la raíz y tallo de <i>Tabebuia rosea</i> , en<br>función de incrementos de conductividad eléctrica de las soluciones de la sal<br>NaCl .....                                | 60 |
| Figura 5. Comportamiento del peso seco total de plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> ,<br>en función de incrementos de conductividad eléctrica de las soluciones de sal<br>NaCl.....                                    | 60 |
| Figura 6. Comportamiento del peso seco de la raíz y tallo de <i>Gliricidia sepium</i> ,<br>en función de incrementos de conductividad eléctrica de las soluciones de la sal<br>NaCl .....                             | 61 |
| Figura 7. Comportamiento del peso seco total de plántulas de <i>Gliricidia sepium</i> ,<br>en función de incrementos de conductividad eléctrica de las soluciones de la sal<br>NaCl.....                              | 61 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 8. Emergencia de plántulas de <i>Gliricidia sepium</i> cinco DDE a conductividad eléctrica de 2.38 dS m <sup>-1</sup> .....             | 76 |
| Figura 9. Semillas sin emerger con evidente afectación de la sal NaCl con una conductividad eléctrica de 12.28 dS m <sup>-1</sup> .....        | 76 |
| Figura 10. Afectación de raíz en plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> por la sal NaCl a conductividad eléctrica de 5.12 dS m <sup>-1</sup> ..... | 76 |
| Figura 11 Afectación de raíz en plántulas de <i>Tabebuia rosea</i> por la sal NaCl a conductividad eléctrica de 12.22 dS m <sup>-1</sup> ..... | 76 |
| Figura 12. Crecimiento de plántulas de <i>Gliricidia sepium</i> a conductividad eléctrica de 12.22 dS m <sup>-1</sup> .....                    | 77 |
| Figura 13. Crecimiento de plántulas de <i>Gliricidia sepium</i> en testigo. ....   | 77 |

## RESUMEN

*Tabebuia rosea* y *Gliricidia sepium* son dos especies de interés forestal que crecen y desarrollan en la Selva Baja Caducifolia de la planicie costera de Oaxaca, cuya vegetación ha sido perturbada por factores antrópicos y ambientales, lo que intensifica el proceso de sabanización y por ende aumenta la salinidad de los suelos. Diversos investigadores señalan que estas especies tienden a colonizar suelos degradados por deforestación, sin embargo se desconoce su capacidad de tolerar el estrés inducido por la sal NaCl. La presente investigación, evaluó en macetas experimentales y condiciones de invernadero, la emergencia y el crecimiento inicial de plántulas de las especies señaladas, sometidas a concentraciones salinas de 0.00, 1.28, 2.56, 3.84, 5.12, 6.40 y 7.68 g L<sup>-1</sup>. Los resultados indican que ambas variables son afectados a partir de concentraciones > 1.28 g L<sup>-1</sup>, sin embargo los efectos más agudos se observaron a concentraciones > 6.40 g L<sup>-1</sup>, donde las semillas de *Tabebuia rosea* inhibieron la germinación, mientras que las de *Gliricidia sepium* evidenciaron retardo del crecimiento. La salinidad afectó la altura de tallo, el diámetro de tallo, la longitud de raíz y el número de hojas. La reducción del crecimiento fue más notoria en plantas de *Tabebuia rosea* a concentraciones > 1.28 g L<sup>-1</sup>, mientras que las de *Gliricidia sepium* toleraron hasta una concentración de 5.12 g L<sup>-1</sup>, después de la cual presentaron escasa altura y hojas micrófilas, aunque sobrevivieron al estrés salino más extremo. El efecto más pronunciado de la sal es de tipo osmótico por cuanto produjo sequía fisiológica en las plantas y esto originó efectos cáusticos en las hojas de ambas especies, pero también es tóxico por cuanto las concentraciones de NaCl más elevadas inhibieron el crecimiento de tejidos meristemáticos. Todo parece indicar que *Gliricidia sepium* es una especie más tolerante a la salinidad clorhídrica que *Tabebuia rosea*.

**Palabras clave:** Selva Baja Caducifolia, deforestación, semillas, salinidad, emergencia.

## ABSTRACT

*Tabebuia rosea* and *Gliricidia sepium* are two interest species of forest that grow and develop in the deciduous forest of the coastal plain of Oaxaca. Their vegetation has been disturbed by anthropic and environmental factors which intensifies the process of savannization and therefore increases soil salinity. Several researchers point out that these species colonize areas degraded by deforestation. However it is not known tolerance capacity of both species to salt NaCl. The research evaluated the germination and the initial growth of the plants of both species in greenhouse conditions and experimental pots, subject to salt concentrations of 0.00, 1.28, 2.56, 3.84, 5.12, 6.40 and 7.68 g L<sup>-1</sup>. The results indicate that both variables are affected from concentrations > 1.28 g L<sup>-1</sup>. However the most acute effects were it observed at concentrations > 6.40 g L<sup>-1</sup> where the seeds of *Tabebuia rosea* inhibited germination. The salinity affected the stem height, stem diameter, root length and number of leaves. The reduction in growth was more pronounced in plants of *Tabebuia rosea* at concentration > 1.28 g L<sup>-1</sup> while *Gliricidia sepium* tolerated concentrations up to 5.12 g L<sup>-1</sup>. They also presented low height and microphyllous leaves, although they survived the most extreme salt stress. The most pronounced effect of the salt is osmotic, because it produced physiological drought in plants and originated caustic effects in the leaves of both species. It is also toxic, because it inhibits the growth meristematic tissue at the highest concentrations of NaCl. It seem be that *Gliricidia sepium* is more tolerant that *Tabebuia rosea* to hydrochloric salinity.

**Key words:** Deciduous forest, deforestation, seed, salinity, initial growth.