



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

CALIDAD DE PLANTA Y VARIACIÓN DE SEMILLAS EN *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. EN LA REGIÓN COSTA DE OAXACA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

RENÉ ROBLES SILVA

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, NOVIEMBRE DE 2010

Con amor, respeto y admiración
a mi madre la *Sra. Susana Robles Silva*.
Quien se ha enfrentado a la vida como una
amazona, abatiendo todos los obstáculos
que se le han interpuesto.

Tus desvelos, regaños y consejos
han valido la pena.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el gran esfuerzo que realizaron para ayudarme a culminar mis estudios, pero sobre todo por su comprensión por mis grandes ausencias.

Al M. en C. Mario V. Velasco García, por creer en el presente trabajo y dedicarle el tiempo necesario; además, sus consejos y regaños me han hecho crecer como persona y profesionista, sólo puedo decirle... ¡Gracias!.

Al Dr. Noé Ruíz García y al M. en C. Guillermo Sánchez de la Vega por abordar este barco que parecía no tener forma, pero con sus comentarios y sugerencias lograron que zarpara sin ningún problema a su destino final.

Al Dr. Narciso Isaac Ávila Serrano por brindarme todas las facilidades para la colecta de frutos en Santa María Cortijo. Además, siempre tuvo tiempo para explicarme hasta la última duda, sus enseñanzas fueron cruciales para terminar este proyecto.

Al M. en C. Rolando Galán Larrea por facilitarme la colecta de frutos en Pinotepa de Don Luis. Además, de su gran paciencia para resolver mis grandes interrogantes.

A la M. en C. Verónica Ortega Baranda y el Dr. Eric Pablo Carrillo quienes fungieron como revisores, sus comentarios lograron enriquecer este trabajo.

Estaré infinitamente agradecido con aquellas personas que me llevaron de la mano desde los crayones hasta la investigación, ya que en todo momento han puesto a prueba mis capacidades. Además, quiero externar mi gratitud a la M. en C Rosalía Guerrero Arenas y a la M. C. Rosario García Alavez quienes fueron excelentes profesoras durante mi formación académica

A todos mis compañeros que con entusiasmo colaboraron en el presente trabajo. Al Sr. Aurelio y Sr. Alfredo del campo experimental Bajos de Chila quienes me apoyaron en la producción de planta e hicieron más amena

mi estadía en el vivero. A Beatriz Pinacho Santana quien me ayudó en el procesamiento de las muestras en el laboratorio.

A mis compañeros de generación 2003-2008 con quienes compartí grandes dudas y momentos gratos; pero sobre todo a Marycruz y Cornelio, ya que con ellos emprendí grandes proyectos y siempre resultamos vencedores.

A la Lic. Eva Isabel Ibáñez Márquez por la traducción del resumen.

ÍNDICE

	Página
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstrac.....	x
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. Hipótesis.....	3
IV. Revisión de literatura.....	4
4.1. <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.....	4
4.1.1. Descripción botánica.....	4
4.1.2. Fenología.....	5
4.1.3. Ecología y distribución.....	5
4.1.4. Usos.....	6
4.1.5. Plagas y enfermedades.....	7
4.1.6. Manejo y aprovechamiento.....	7
4.2. El éxito de la repoblación forestal.....	9
4.3. Calidad de planta.....	10
4.3.1. Tipos de calidad de planta.....	10
4.3.2. Indicadores de calidad de planta.....	11
4.3.3. Factores que influyen en la calidad de planta.....	13
4.4. Relación semilla-planta.....	15
4.5. Implicaciones de la procedencia.....	18
4.5.1. Relación de la procedencia y la calidad de planta.....	19
V. Materiales y métodos.....	21

5.1.	Procedencias y colecta de frutos.....	21
5.2.	Variación de semillas entre procedencias.....	21
5.2.1.	Análisis estadístico.....	21
5.3.	Desarrollo de los ensayos.....	25
5.4.	Ensayo relación semilla-planta.....	25
5.4.1.	Establecimiento del ensayo.....	26
5.4.2.	Índice de transformación.....	28
5.4.3.	Análisis estadístico.....	29
5.5.	Ensayo de procedencias.....	30
5.5.1.	Análisis estadístico.....	30
5.6.	Control de plagas y enfermedades en el cultivo de <i>E. cyclocarpum</i>	31
VI.	Resultados y discusión.....	33
6.1.	Variación de semillas entre procedencias.....	33
6.2.	Ensayo relación semilla-planta.....	37
6.2.1.	Variación natural en el tamaño de semilla.....	37
6.2.2.	Índice de transformación.....	42
6.2.3.	Relación tamaño de semilla-planta.....	45
6.2.4.	Tasa de crecimiento.....	53
6.3.	Ensayo de procedencias.....	57
VII.	Conclusiones.....	67
VIII.	Recomendaciones.....	68
8.1.	Investigaciones.....	68
8.2.	Para la producción de planta.....	68
IX.	Literatura citada.....	69
	Anexo 1. Especies utilizadas en la discusión de los resultados.....	84
	Anexo 2. Análisis de varianza para largo, ancho, espesor y peso de semilla de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca.....	85
	Anexo 3. Análisis de varianza para tres tamaños de semilla de <i>E.</i>	

<i>cyclocarpum</i> de la procedencia San Francisco.....	86
Anexo 4. Análisis de varianza en tres tamaños de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> , para las variables peso seco de semilla, índice de transformación y contenido de agua.....	87
Anexo 5. Análisis de varianza para el efecto de tamaño de semilla sobre el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> a tres semanas de cultivo en vivero.....	88
Anexo 6. Análisis de varianza para el efecto de tamaño de semilla sobre el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> a 19 semanas de cultivo en vivero.....	89
Anexo 7. Análisis de varianza para el crecimiento en altura y diámetro de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de tres tamaños de semilla, cultivados durante 19 semanas.....	90
Anexo 8. Análisis de varianza para el efecto de la procedencia sobre el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca, a tres semanas de cultivo en vivero.....	91
Anexo 9. Análisis de varianza para el efecto de la procedencia sobre el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca, a 19 semanas de Cultivo en vivero.....	92
Anexo 10. Análisis de varianza para el crecimiento en altura y diámetro de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de diez procedencias, cultivados durante 19 semanas.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Fenología reproductiva de <i>E. cyclocarpum</i> en Veracruz (Moreno <i>et al.</i> , 2009).....	5
Cuadro 2. Índices para determinar calidad de planta en vivero.....	12
Cuadro 3. Localización y características de las procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> colectadas en la región Costa de Oaxaca, utilizadas en el ensayo de calidad de planta.....	23
Cuadro 4. Programa de fertilización y riego aplicado a brinzales de <i>E. cyclocarpum</i>	27
Cuadro 5. Síntomas y control de plagas y enfermedades que afectan a <i>E. cyclocarpum</i> en vivero.....	32
Cuadro 6. Comparación de medias y error estándar para las variables cuantitativas y cualitativas de semillas de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca.....	34
Cuadro 7. Coeficiente de variación para largo, ancho, espesor y peso de semilla para 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca.....	35
Cuadro 8. Correlaciones de variables de semilla con la precipitación y variables geográficas en 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> en la Costa de Oaxaca.....	37
Cuadro 9. Estadísticos descriptivos para cuatro variables de semillas de <i>E. cyclocarpum</i> de la procedencia San Francisco.....	38
Cuadro 10. Correlaciones estimadas para largo, ancho y espesor de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> de la procedencia San Francisco.....	39
Cuadro 11. Correlaciones estimadas para cuatro variables de tres tamaños de semillas de <i>E. cyclocarpum</i> de la procedencia San Francisco.....	40
Cuadro 12. Comparación de medias y error estándar entre tres tamaños	

	de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> para cuatro variables.....	40
Cuadro 13.	Comparación de medias y error estándar entre tres tamaños de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> para variables de peso seco, índice de transformación y contenido de agua.....	43
Cuadro 14.	Comparación de medias y error estándar de tres tamaños de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> para peso seco total (PST), semilla sin testa (PSST) y contenido de agua (CA).....	44
Cuadro 15.	Correlaciones entre variables de tres tamaños de semilla y variables de plántula de <i>E. cyclocarpum</i> a tres semanas de cultivo en vivero.....	46
Cuadro 16.	Comparación de medias y error estándar para el efecto del tamaño de semilla en el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> a tres semanas de cultivo en vivero.....	48
Cuadro 17.	Correlaciones entre variables de tres tamaños de semilla y variables de brinjal de <i>E. cyclocarpum</i> a 19 semanas de cultivo en vivero.....	51
Cuadro 18.	Comparación de medias y error estándar para el efecto del tamaño de semilla sobre el tamaño de planta de <i>E. cyclocarpum</i> a 19 semanas de cultivo en vivero.....	53
Cuadro 19.	Comparación de medias y error estándar para efecto de la procedencia sobre tres variables de planta de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca, a tres semanas de cultivo en vivero.....	58
Cuadro 20.	Correlaciones entre variables de planta y variables geográficas en 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> en la Costa de Oaxaca a tres semanas de cultivo.....	58
Cuadro 21.	Comparación de medias y error estándar para variables de brinzales e índices de calidad de planta de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> de la Costa de Oaxaca, a 19 semanas de	

	cultivo en vivero.....	59
Cuadro 22.	Correlaciones entre variables de planta y variables geográficas en 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> en la Costa de Oaxaca a 19 semanas de cultivo.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de <i>E. cyclocarpum</i> en México (Modificado de Pennington y Sarukhán, 2005).....	6
Figura 2. Ubicación de las procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> colectadas en la región Costa de Oaxaca.....	22
Figura 3. Frecuencia de tamaños (largo) de semilla de <i>E. cyclocarpum</i> de la procedencia San Francisco.....	38
Figura 4. Tasa de crecimiento relativo de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> a 19 semanas de cultivo en vivero.....	54
Figura 5. Crecimiento en altura total de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de tres tamaños de semilla (A partir de la tercera semana después de la germinación).....	55
Figura 6. Crecimiento en diámetro al cuello de raíz de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de tres tamaños de semilla.....	56
Figura 7. Crecimiento en altura de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de 10 procedencias de la Costa de Oaxaca.....	63
Figura 8. Crecimiento en diámetro de brinzales de <i>E. cyclocarpum</i> de 10 procedencias de la Costa de Oaxaca.....	64

RESUMEN

Con el objetivo de describir la variación en el tamaño y peso de semillas entre procedencias, así como evaluar el efecto del tamaño de la semilla y procedencia sobre la calidad de planta, se colectaron frutos de 10 procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la región Costa de Oaxaca. Las plantas fueron cultivadas durante 19 semanas utilizando un diseño de bloques completos al azar. Para la variación de semillas se realizó la comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) y se correlacionaron las variables de semilla con factores geográficos y precipitación; asimismo, para evaluar las diferencias del efecto del tamaño de semilla se empleó la comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) y las variables de semilla fueron correlacionadas con las variables de planta; el análisis estadístico para el ensayo de procedencias fue similar al anterior, sólo que en este caso se correlacionaron las variables de planta con factores geográficos y la precipitación. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SAS.

Con respecto a la variación en el tamaño, peso y color de la semilla, se encontró que la procedencia San Pedro posee las semillas más largas (18.45 ± 0.15 mm) y pesadas (1.038 ± 0.016 g), mientras que Cortijo posee las semillas más pequeñas (16.08 ± 0.14 mm) y ligeras (0.823 ± 0.013 g). Las semillas de Pinotepa de Don Luis fueron las más anchas (11.45 ± 0.08 mm) y las de San Francisco las más angostas (10.75 ± 0.08 mm); para el espesor Colotepec presentó las más gruesas (7.40 ± 0.06 mm) y San Francisco las más delgadas (6.81 ± 0.06 mm). El coeficiente de variación (CV) evidenció que la procedencia San Francisco para la variable largo tuvo la mayor variación (CV= 9.77) entre la semilla más grande y la más pequeña; mientras que Los Limones (CV= 6.35) tuvo las semillas más uniformes. De las variables evaluadas el peso fue el que presentó mayor variación en comparación con el resto de las variables. Asimismo, no se encontró correlación entre las variables de semilla con los factores geográficos y la

precipitación. Además se identificaron tres grupos de colores dentro y fuera del pleurograma.

Para determinar el efecto del tamaño de semilla sobre la calidad de planta se utilizó semilla de la procedencia San Francisco y se establecieron tres clases de tamaño: pequeña (≤ 16 mm), mediana (>16 y ≤ 19 mm) y grande (>19 mm). A tres semanas de cultivo se encontró que existe efecto de tamaño de semilla sobre el diámetro al cuello de raíz, altura, peso seco radical, peso seco de tallo y peso seco total, siendo mejor en la mayoría de los casos la planta proveniente de la clase mediana. Sin embargo, a 19 semanas de cultivo no existe efecto del tamaño de semilla sobre el tamaño de planta. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento relativo para los tres tamaños de semilla.

La procedencia influye sobre diámetro al cuello, altura, peso seco total e índice de calidad de Dickson. Se determinó que la procedencia Tataltepec origina plantas más robustas y equilibradas (Altura=44.07 cm, ICD=0.331), mientras que con las procedencias Cortijo y La Tuza se obtienen las plantas más pequeñas (Altura= 38.62 y 37.49 cm, ICD=0.223 y 0.210, respectivamente). Asimismo, la altura, diámetro al cuello de la raíz, peso seco total e índice de calidad de Dickson están correlacionados con la longitud, latitud y precipitación; aunque éste último sólo se relacionó con la altura de la planta. Por lo anterior se recomienda que se utilicen semillas de la procedencia Tataltepec, ya que se obtienen las plantas con mejor calidad, mientras las procedencias Cortijo y la Tuza deben de utilizarse en sitios más húmedos, ya que dan origen a plantas menos equilibradas.

Palabras clave: Parota, procedencias, tamaño, índice de calidad de Dickson, tasa de crecimiento relativo.

ABSTRACT

In order to describe the variation in the size and weight of seeds among provenance, and to evaluate the effect seed size and provenance on the plant quality. The fruits originated were from ten provenance of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. in the Oaxaca region coast. Plants were cultivated for nineteen weeks using a completely block design in a random way. The seeds variation I made the Tukey comparison ($\alpha=0.05$) and I correlated the seed variables with geographical and rainfall factors; and in order to evaluated the effect differences in seed size I used the Tukey comparison ($\alpha=0.05$) and the seed variables were correlated with plant variables; the statistical analysis for the provenances essay was similar to the previous, but only in this case the plant variables were correlated with geographic and rainfall factors. All tests were performed using the SAS statistical program.

In regards to the variation of size, weight and color of seeds, I found that San Pedro has the longest (18.45 ± 0.15 mm) and heaviest ($1,038 \pm 0,016$ g) seeds, while Cortijo has the smallest (16.08 ± 0.14 mm) and lightest (0.823 ± 0.013 g) seeds. Pinotepa de Don Luis's seeds are the widest (11.45 ± 0.08 mm) and San Francisco's seeds the narrowest (10.75 ± 0.08 mm). Colotepec presents the thickest (7.40 ± 0.06 mm) and San Francisco the thinnest (6.81 ± 0.06 mm). The variation coefficient (VC) showed that San Francisco provenance for the length variable had more variation (VC= 9.77) between the largest and the smallest seeds, while in Los Limones the seeds were the most uniform (VC= 6.35). The weight variation was broader than the other evaluated variables. However, there was no correlation between seed variables with geographical and rainfall factors. I identified three color groups inside and outside of the pleurogram.

To determine the effect of seed size on the plant quality, I used the San Francisco seeds' provenance and I determined three size classes: small (≤ 16 mm), medium (> 16 and ≤ 19 mm) and large (> 19 mm). After three weeks growth, I found that seed size affected root collar diameter, height, dry root weight, dry stem weight and total dry weight, and in most cases the best plant was from the middle class. However, I did not find seed size to affect the plant size after nineteen weeks growth. Also I did not find significant differences in relative growth rate for the three seed sizes.

The provenance influences collar diameter, height, total dry weight and Dickson quality index. I determined that the Tataltepec source seeds can become the sturdiest and the most balanced plants (height= 44.07 cm, ICD= 0.331), while Cortijo and La Tuza provenance produced the smallest plants (height= 38.62 and 37.49 cm, ICD= 0.223 and 0.210, respectively). Also, height, collar diameter, dry root weight and Dickson quality index are correlated with longitude, latitude and rainfall, although the latter was only associated with plant height. Therefore I recommend the use of the Tataltepec's seeds as a ideal provenance, because plants can be obtained with the best quality, whereas the Cortijo and Tuza provenance should be used in wet areas or places because plants with less balance can be obtained.

Keywords: Parota, provenance, size, Dickson quality index, relative growth rate.