



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *Enterolobium cyclocarpum*
(JACQ.) GRISEB. EN LA REGIÓN COSTA DE OAXACA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

MARÍA LUISA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.C. MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

PUERTO ESCONDIDO, OAX., SEPTIEMBRE DEL 2011.



UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

O A X A C A

Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oax., 7 de septiembre de 2011.

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la Tesis “Ensayo de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la región Costa de Oaxaca”, presentada por la pasante en Ingeniería Forestal **María Luisa Hernández Hernández**, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesarios para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

M. en C. Mario Valerio Velasco García

Universidad del Mar

Director de tesis

M. en C. Rolando Galán Larrea
Universidad del Mar
Revisor

Dr. Javier López Upton
Colegio de Postgraduados
Revisor

Dr. Héctor Viveros Viveros
Universidad Veracruzana
Revisor

M. en C. Gricelda Valera Venegas
Universidad del Mar
Revisor

DEDICATORIA

A mis padres: Teresa y Luis a quienes admiro, respeto, amo y aprecio ya que con sus sacrificios, amor, esmeros, paciencia, desveladas y sabios consejos han sabido inculcarme los valores más importantes de la vida y han hecho de mí una persona con responsabilidad, principios y valores, también por enseñarme a ser una persona trabajadora y sobre todo que siempre mire hacia adelante y que siempre acepte la vida como un reto más, tomando todo lo que venga como una gran oportunidad de superación; gracias padres míos por darme esa oportunidad de existir para ustedes.

A mis hermanas: Vios (por tus consejos, apoyo económico, moral, paciencia y sobre todo por comprenderme y aguantarme mucho, también por darme dos lindas sobrinitas), Gema (por tus consejos, enseñanzas, creatividad y por enseñarme a hacer mi trabajo con responsabilidad), Hilda (por tus consejos, bromas, risas, gracias también por ayudarme a tomar una buena decisión en mi vida, la cual ha sido culminada) y Chabela (por tus consejos, regaños, paciencia, seriedad y responsabilidad con el trabajo); cada una de ustedes ha contribuido dándome fuerzas para llegar a la superación y para continuar durante mi estadía en la Universidad.

A mis hermanos: Pepe (por tus ánimos, apoyo moral y económico, también por enseñarme a ver mis errores, por tu paciencia y por tu amistad), Juanchio (por tus consejos, humildad y por enseñarme siempre a ver las cosas con la realidad y por tu sencillez) y Betito (porque siempre estás ahí dándome ánimos, haciéndome reír y que con tus bromas no dejaste que decayera en mis horas más estresadas, por ser el chico rebelde de la casa y porque sé que tienes un gran corazón) los quiero y admiro mucho, gracias a DIOS por darme tres hermanos tan nobles y capaces de cumplir sus sueños.

A mis sobrinitas: Grecia y Alondrita mis niñas consentidas que con sus risas, juegos, inquietudes y desvelos han hecho que se llene de luz y bendiciones mi vida.

A mi abuelita: Chave que con sus bendiciones y oraciones han apoyado en la formación de mi carrera, también a ti mi abuelo Nayo que ya no está con nosotros pero sobre todo mil gracias por hacerme reír, por llenarme de alegrías, por sus consejos, por hacerme ver la vida con entusiasmo y sobre todo porque hasta en el último momento de su vida me dejó una gran lección y me enseñó que siempre hay que sonreír hasta en los momentos más difíciles de la vida.

Gracias a toda mi familia por confiar y creer en mí, y sobre todo por darme ánimos cuando más lo necesite.

A mis amigas: Kari porque siempre he podido contar contigo en las buenas y en las malas, por los consejos que me has dado, tu amistad que me has brindado, los ánimos que me ayudaron para terminar mi trabajo, también a mi amiguísima Ednis que durante el tiempo de conocerla me ha brindado su amistad y su apoyo, me ha motivado para seguir adelante y también a la amiga Brenda que me ha dado animos para seguir adelante.

A la familia Ortiz Porras por la amistad de muchos años, por la confianza y los consejos brindados.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por permitirme llegar a la culminación de mi trabajo de tesis, por darme fuerzas, valor y sobre todo por bendecirme con una gran familia la cual estimo y aprecio mucho, fue mi pilar principal y la que permitió que llegara al logro de mi meta.

Al **M. en C. Mario Valerio Velasco García** por el apoyo brindado en la elaboración del presente trabajo tanto en campo como en las revisiones exhaustivas, por la amistad y confianza brindada, por la paciencia y comprensión durante la realización de la tesis.

Al **Dr. Javier López Upton** por las revisiones y observaciones aportadas ya que con ello se mejoró el escrito final.

Al **Dr. Hector Viveros Viveros** por aceptar el compromiso de realizar las observaciones necesarias para mejorar el trabajo final.

Al **M. en C. Rolando Galán Larrea** por las revisiones al presente trabajo y por las observaciones aportadas.

A la **M. en C. Gricelda Valera Venegas** por fungir como revisora del presente trabajo y por las observaciones aportadas para mejorarlo.

A la **Dra. Juana Laura** por colaborar en el trabajo de campo y también por su amistad brindada durante mi estadía en la Universidad, también por los consejos y confianza brindada.

Al **M. en C. Guillermo Sánchez de la Vega** por los artículos facilitados, por el apoyo de transporte en Valdeflores y por la amistad brindada.

Al **Ingeniero René Robles Silva** por la recolecta del material genético ya que con esto fue posible llevar a cabo la realización del trabajo.

A los compañeros forestales **Silver, Brenda Cruz, Edgar, Arely, Pedro, Nacho, Justino, Roxana, Bernardo, Israel, Olver y Ana Laura**, gracias a todos ellos que hicieron posible la realización del trabajo de campo y por la amistad brindada durante la estadía en la carrera.

Al **Sr. Justino Ríos y familia** por prestarme el terreno donde se llevó a cabo el establecimiento de la plantación en Valdeflores y por el apoyo que me brindaron.

Al **Sr. Apolonio Galán** por prestarme su terreno en Pinotepa de Don Luis para llevar a cabo el establecimiento de la plantación.

Al **Sr. Aurelio y Alfredo** por apoyar en los riegos de las plantas de parota en el vivero, y también por su amistad brindada.

Al **Sr. Andrés** por la colaboración del traslado de las plantas a las dos localidades en donde se establecieron los ensayos de procedencias.

A la **M. en C. Karina** por prestarme el laboratorio de química para el secado de las muestras de suelo.

Al **Sr. Donato** por las facilidades de material en el laboratorio de química.

A la **Universidad del Mar** por prestarme las instalaciones del Campo Experimental Bajos de Chila para llevar a cabo la producción de las plantas utilizadas para el trabajo, por las facilidades de transporte durante el traslado de las plantas a las localidades en donde se establecieron los ensayos y por los permisos autorizados a mi director de tesis cuando fue necesario.

“Los hombres no son nada, los principios lo son todo”

(Benito Juárez)

ÍNDICE

Pág.

Índice de cuadros.....	iii
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	xi
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
III. Hipótesis.....	4
IV. Revisión de literatura.....	5
4.1. Ensayo de procedencias.....	5
4.1.1. Definición	5
4.1.2. Objetivos de los ensayos.....	5
4.1.3. Importancia.....	6
4.1.4. Establecimiento del ensayo de procedencias.....	6
4.2. <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.....	7
4.2.1 Descripción	7
4.2.2. Distribución.....	8
4.2.3. Importancia y usos.....	8
V. Materiales y métodos.....	10

5.1.	Recolección de semillas.....	10
5.2.	Extracción y almacenamiento de semillas.....	10
5.3.	Producción de plantas.....	15
5.4.	Sitios de establecimiento de los ensayos.....	16
5.5.	Establecimiento de los ensayos.....	17
5.6.	Diseño experimental.....	18
5.7.	Evaluación de variables.....	18
5.8.	Análisis de datos.....	21
5.9.	Correlaciones.....	22
5.10.	Análisis de suelos.....	24
5.11.	Mantenimiento de los ensayos.....	26
VI.	Resultados y discusión.....	28
6.1.	Diferencias entre localidades.....	28
6.2.	Interacción genotipo x ambiente.....	40
6.3.	Diferencias entre procedencias.....	51
6.3.1.	Pinotepa de Don Luis.....	51
6.3.2.	Valdeflores.....	55
6.4.	Correlaciones.....	61
6.4.1.	Correlación con variables geográficas.....	61
6.4.2.	Correlación con variables climáticas.....	73
6.5.	Plagas y enfermedades.....	79
VII.	Conclusiones.....	92
VIII.	Recomendaciones.....	93
IX.	Literatura citada.....	94

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ubicación y características de las localidades del ensayo y de las 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> evaluadas en la región Costa de Oaxaca.....	11
Cuadro 2. Características climáticas y edafológicas de las localidades del ensayo y de las 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> evaluadas en la región Costa de Oaxaca.....	12
Cuadro 3. Características de los árboles de las 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> evaluadas en la región Costa de Oaxaca.....	13
Cuadro 4. Dosis y periodos de fertilización en el vivero, de acuerdo a las etapas de crecimiento de las plantas de <i>E. cyclocarpum</i>	16
Cuadro 5. Desplazamiento en altitud, latitud y longitud de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	23
Cuadro 6. Variables climáticas y geográficas de las dos localidades del ensayo y de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> evaluadas en la región Costa de Oaxaca.....	25
Cuadro 7. Comparación de medias entre dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) de seis variables a seis meses, un año y a un año y medio de edad del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> en la región Costa de Oaxaca.....	30
Cuadro 8. Propiedades químicas de suelos en dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidos en la región Costa de Oaxaca.....	33
Cuadro 9. Propiedades físicas de suelos en dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidos en la región Costa de Oaxaca.....	34
Cuadro 10. Comparación de medias de seis variables en tres evaluaciones (6 meses, un año y 1.5 años) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.....	54

Cuadro 11.	Comparación de medias de seis variables en tres evaluaciones (6 meses, un año y a 1.5 años) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Valdeflores, región Costa de Oaxaca...	59
Cuadro 12.	Correlación de variables geográficas con variables de planta (a seis meses, a un año y 1.5 años de la plantación) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	67
Cuadro 13.	Correlación de variables geográficas con variables de planta (a seis meses, a un año y a 1.5 años de la plantación) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Valdeflores, Oaxaca.....	68
Cuadro 14.	Predicciones de incremento de altura de <i>E. cyclocarpum</i> (seis meses, un año y 1.5 años de plantación) respecto a la altitud del sitio de colecta de semillas, al ser establecidas en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	69
Cuadro 15.	Predicciones de incremento de altura de <i>E. cyclocarpum</i> (seis meses, un año y 1.5 años de plantación) respecto al desplazamiento altitudinal de las semillas, al ser establecidas en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	72
Cuadro 16.	Correlación entre variables climáticas con variables de planta (seis meses, un año y 1.5 años de establecimiento) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	77
Cuadro 17.	Correlación entre variables climáticas con variables de planta (seis meses, un año y 1.5 años del establecimiento) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Valdeflores, Oaxaca.....	78
Cuadro 18.	Plagas y enfermedades encontradas en el ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en dos localidades (PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores) de la región Costa de Oaxaca.....	80

Cuadro 19. Comparación de medias del porcentaje de plantas afectadas por *Oidium* y pulgones en dos evaluaciones (un año y 1.5 años) en el ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en Pinotepa de Don Luis (PDDL) y Valdeflores (VAL), región Costa de Oaxaca..... 84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de las 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> evaluadas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	14
Figura 2. Distribución de bloques y procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	19
Figura 3. Distribución de bloques y procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. en Valdeflores, Colotepec, Oaxaca.....	20
Figura 4. Mortalidad acumulada (total, ocasionada por tuza y sequía) en tres evaluaciones (seis meses, un año y 1.5 años) del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en dos localidades (A= Pinotepa de Don Luis y B= Valdeflores) de la región Costa de Oaxaca.....	39
Figura 5. Interacción genotipo x ambiente para incremento en altura (A) e incremento en diámetro basal (B) a seis meses de edad de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	43
Figura 6. Interacción genotipo x ambiente para diámetro de copa (A) y unidades de crecimiento (B) a seis meses de edad de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	44
Figura 7. Interacción genotipo x ambiente para incremento en diámetro basal (A) e incremento en altura (B) a un año de edad de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	46
Figura 8. Interacción genotipo x ambiente para la variable bifurcación (A) y supervivencia (B) a un año de edad de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.....	47
Figura 9. Interacción genotipo x ambiente para incremento en altura (A) y supervivencia (B) a un año y medio de edad de 10 procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecidas en dos localidades de la región Costa	

	de Oaxaca.....	50
Figura 10.	Correlación altitudinal (A) y desplazamiento altitudinal (B) con relación al incremento en altura a seis meses (1), un año (2) y a 1.5 años (3) de evaluación del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	70
Figura 11.	Correlación altitudinal (A) y desplazamiento altitudinal (B) con relación al incremento en altura a seis meses (1), un año (2) y a 1.5 años (3) de evaluación del ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Valdeflores, Oaxaca.....	71
Figura 12.	Hongo del genero <i>Oidium</i> (A) y escoba de bruja (B) como resultado de la afectación en plantas de <i>E. cyclocarpum</i> del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	86
Figura 13.	Pulgones del genero <i>Aphis</i> (Aphididae) en yemas y brotes de <i>E. cyclocarpum</i> del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	87
Figura 14.	Larva del barrenador (A) y grumos en el tallo (B) como consecuencia del daño en plantas de <i>E. cyclocarpum</i> del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	88
Figura 15.	Adulto del insecto cortapalos (<i>Cerambycidae</i>) (A) y su forma del corte en planta de <i>E. cyclocarpum</i> (B) afectada, en el ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.....	89
Figura 16.	Cochinilla algodonosa (<i>Pseudococcus longispinus</i>) encontrado en el ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.....	90
Figura 17.	Larva del insecto defoliador (A) y su daño (B) en plantas de <i>E. cyclocarpum</i> del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.....	91

RESUMEN

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (parota) es una especie de usos múltiples, nativa de México, la madera sirve para la construcción de casas y muebles. Se ha usado para el establecimiento de plantaciones comerciales, agroforestales y de restauración. Para asegurar el éxito de las plantaciones debe generarse conocimiento sobre la variación intraespecífica mediante el establecimiento y evaluación de ensayos de procedencias. En la Costa de Oaxaca no existe información sobre crecimiento, adaptación y sanidad de las procedencias de parota; además se desconoce el efecto de los factores geográficos y climáticos del origen de semillas sobre el crecimiento, desarrollo y adaptación de plantas de parota establecidas en campo; información importante para distribuir apropiadamente material genético acorde a los sitios geográficos, elevaciones y condiciones ecológicas correspondientes, lo que debe mejorar su adaptación y crecimiento. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar las diferencias en la supervivencia, sanidad y variables de crecimiento, tamaño y forma de copa entre dos sitios de plantación y entre procedencias, así como determinar la correlación entre esas variables con los factores geográficos y climáticos de las procedencias.

En el año 2009, en la región Costa de Oaxaca, en las localidades Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, sitios de diferente elevación, precipitación y propiedades de suelos, se establecieron 10 procedencias de parota colectadas en la misma región. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar. Una semana después de la plantación se tomaron los datos iniciales, después de seis meses, un año y 1.5 años se realizaron evaluaciones del incremento en diámetro basal y altura, diámetro de copa, unidades de crecimiento, bifurcaciones, supervivencia y presencia de plagas y enfermedades. Para determinar las diferencias entre localidades, entre procedencias y la interacción genotipo x ambiente para cada una de las variables, se realizó el análisis estadístico usando el procedimiento MIXED de SAS. Con las coordenadas geográficas y la altitud de las procedencias, se solicitaron al Moscow Forestry Science Laboratory los datos climáticos y con éstos se estimaron los índices de aridez. Tomando en cuenta la altitud, latitud y longitud promedio de las procedencias y la de los sitios de plantación, se calculó el desplazamiento altitudinal de las semillas. Se calcularon las correlaciones entre variables evaluadas con las variables geográficas y climáticas.

Estadísticamente ($p < 0.05$) Pinotepa de Don Luis presentó mayores valores que Valdeflores en las tres evaluaciones para todas las variables evaluadas, excepto el incremento en altura y supervivencia en dos evaluaciones. Se encontró interacción genotipo x ambiente para las variables evaluadas, así como diferencias significativas entre procedencias ($p < 0.05$) en ambas localidades, excepto para la supervivencia en la localidad Pinotepa de Don Luis (primera evaluación) e incremento en altura en Valdeflores (segunda evaluación). En Pinotepa de Don Luis, en las tres evaluaciones la procedencia local tuvo los valores más altos de incremento en diámetro basal, incremento en altura y diámetro de copa, alcanzando en la última evaluación (1.5 años) 28.7 mm, 121.8 cm y 107.3 cm, respectivamente. En Valdeflores la procedencia Colotepec tuvo los mayores incrementos en diámetro basal en las tres evaluaciones (alcanzando 15.5 mm) y los mayores incrementos en altura en las primeras dos evaluaciones. Cortijo y Tataltepec presentaron la mayor supervivencia (70.8%).

En ambos sitios sólo la altitud de las procedencias se asoció con el incremento en altura de las plantas; no existió efecto de la latitud y la longitud. En Pinotepa de Don Luis la correlación entre el incremento en altura (de las tres evaluaciones) con la altitud y el desplazamiento altitudinal fueron positivas ($r > 0.67$) y negativas ($r > -0.67$), respectivamente; en cambio en Valdeflores ambas correlaciones fueron negativas ($r > -0.75$). En Pinotepa de Don Luis, a mayor edad de los árboles, la correlación entre el incremento en altura con la altitud incrementó.

En Pinotepa de Don Luis se encontró correlación positiva ($r > 0.64$) entre el incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y unidades de crecimiento con la precipitación media anual y la precipitación de la estación de crecimiento (abril a septiembre), mientras que la correlación de éstas variables con los índices de aridez fue negativa ($r > -0.64$). En Valdeflores, excepto para incremento en altura (6 meses), no se encontraron correlaciones entre incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y unidades de crecimiento con las variables climáticas; en esta localidad las bifurcaciones (6 meses) presentaron correlación positiva ($r > 0.84$) con la precipitación media anual, precipitación de la estación de crecimiento (abril a septiembre) y los índices de aridez; en cambio, la supervivencia (6 meses) presentó correlación positiva ($r > 0.68$) con la temperatura media anual, grados día $> 5^{\circ}\text{C}$ y grados día $> 5^{\circ}\text{C}$ acumulado en el periodo libre de heladas.

Durante el periodo de evaluación se encontraron infestaciones por hongos del género *Oidium* y de insectos como escamas, cortapalos (*Cerambycidae*), cochinilla algodonosa (*Pseudococcus longispinus* Targioni), defoliador (Lepidóptera) y barrenadores. A un año de la plantación se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las localidades y entre procedencias en la presencia de *Oidium* y pulgones; mientras que a 1.5 años no existieron diferencias significativas. A un año de edad de las plantas en Pinotepa de Don Luis hubo mayor presencia de *Oidium* (59.2% vs. 2.9%) y de pulgones (28.8% vs. 0.8%) que en Valdeflores. Las demás plagas tuvieron menor presencia.

Palabras clave: parota, interacción, correlación, variables geográficas, variables ambientales.

ABSTRACT

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (parota) is a tropical wood species native to Mexico and has multiple uses: the wood can be used in house construction and furniture-making. It is highly desirable for commercial purposes as well as in agro forestry and restoration. In order to ensure success, plantation handlers must accrue knowledge about intraspecific variation through the establishment and evaluation of provenance test. On the coast of Oaxaca there is not information on growth, adaptation and health of the origins of parota; in addition, the effect of geographical and climatic factors on the development and adaptation of plants in the field from the seed source is unknown. This information is important to distribute the appropriate genetic material according to geographical locations, elevations and corresponding environmental conditions, increasing adaptttion and growth. Therefore, the objective of this study was determine the differences in survival, health and growth traits, size and shape of crown between two planting sites and between provenances, as well as to determine the correlation between these variables with geographical and climatic factors of the provenances. In 2009, in Pinotepa de Don Luis and Valdeflores, 10 provenances from parota collected in the same region were established. These sites are of different elevation, precipitation and soil properties. The experiment design was randomized complete block. Data on the increase in basal diameter and height, crown diameter, growth units, bifurcations, survival and presence of pests and diseases were taken one week after planting, at six months, and at one year and 1.5 years later. To determine the differences between localities, among provenances and genotype x environment interaction for each of the traits (six months, one and 1.5 years), the statistical analysis using the MIXED procedure of SAS was performed. Geographical coordinates and altitude of sources were requested from the Moscow Forestry Science Climate Laboratory and with these parameters, aridity indexes were estimated. Taking into account the altitude, latitude and average length of the origins and the plantation sites, the altitudinal displacement of seeds was calculated. Correlation coefficients were calculated between the increases in basal diameter increase in height, crown diameter, growth units, bifurcations and survival with geographic and climatic variables trough the procedure PROC CORR de SAS.

Pinotepa de Don Luis presented higher values, ($p < 0.05$) than Valdeflores at the three evaluations for all variables, except the increase in height and survival in two evaluations. Environment genotype x interaction for the variables evaluated was found, as well as significant differences among provenances ($p < 0.05$) in both locations, except for the survival in the Pinotepa de Don Luis locality (first evaluation) and increased in height at Valdeflores (second evaluation). In Pinotepa de Don Luis, the three local provenances evaluations had higher values increase in basal diameter, increase in height and crown diameter, reaching the last evaluation (1.5 years) 28.7 mm, 121.8 cm and 107.3 cm, respectively. In Valdeflores, the Colotepec provenance had the highest increases in basal diameter at the three evaluations (reaching 15.5 mm) and greatest increases in height in the first two evaluations. Cortijo y Tataltepec presented the highest survival rate (70.8%).

Regarding the correlation with the geographic variables, at both sites only the altitude of the sources was associated with increased plant height—there was related to latitude and longitude. In Pinotepa de Don Luis the correlation between the increase in height (of the three evaluations) with altitude and altitudinal displacement was positive ($r > 0.67$) and negative ($r > -0.67$), respectively; whereas both correlations were negative ($r > -0.75$). In Pinotepa of Don Luis, the greater the age of the trees, the correlation between the increase in height enlarged with altitude.

In Pinotepa de Don Luis there was a positive correlation ($r > 0.64$) between the increase in height, increase in basal diameter, crown diameter and unit growth with average annual precipitation and precipitation during the growing season (April to September), while the correlation of these variables with the aridity index was negative ($r > -0.64$). In Valdeflores, except for increase in height (6 months), no correlation was found between increase in height, increase in basal diameter, crown diameter and units of growth with climate variables; in this locality the bifurcations (6 months) presented positive correlation ($r > 0.84$) with mean annual precipitation, precipitation during the growing season (April to September) and indices of aridity; whereas, the survival (6 months) presented positive correlation ($r > 0.68$) with the mean annual temperature, degree days $> 5^{\circ}\text{C}$ and degree days $> 5^{\circ}\text{C}$ accumulated in the frost-free period.

During the period of evaluation, infestations by *Oidium* fungi and insects like scales, cortapalos (*Cerambycidae*), mealy bugs (*Pseudococcus longispinus* Targioni), defoliator

(Lepidoptera) and weevils were found. A year after planting, there were significant differences ($p < 0.05$) between localities and among provenances in the presence of *Oidium* and aphids; while at the 1.5 years mark there were no significant differences. At one year of plant age a greater presence of *Oidium* (59.2% vs. 2.9%) and aphids (28.8% vs. 0.8%) was found in Pinotepa de Don Luis than in Valdeflores. Other pests were less prevalent.

Key words: parota, interaction, correlation, geographical variables, environmental variables.