



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

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	
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 <i>Oidium</i> y pulgones en dos evaluaciones (un año y 1.5 años) en el ensayo de procedencias de <i>E. cyclocarpum</i> establecido en Pinotepa de Don Luis (PDDL) y Valdeflores (VAL), región Costa de Oaxaca.....	84
---	----

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	
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 adaptation 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.

I. INTRODUCCIÓN

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb., comúnmente llamada parota o guanacastle, se distribuye desde México, América Central y hasta el Norte de Sudamérica (Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977). En México se distribuye en los estados de Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Niembro, 1986). En el estado de Oaxaca se distribuye en las Planicies del Istmo de Tehuantepec, Planicie Costera del Pacífico y Sierra Madre del Sur (Torres, 2004); así como en la Planicie Costera del Golfo (Dalton, 1982).

La parota crece en selvas altas perennifolias, medianas subcaducifolias, medianas subperennifolias y bajas caducifolias (Salas-Morales *et al.*, 2003; Pérez-García *et al.*, 2001; Pennington y Sarukhán, 2005); en suelos de tipo alcalinos, calcáreos, de textura arenosa y arcillosa de buen drenaje (CATIE, 2000); se encuentra en elevaciones de 10 a 500 msnm (Torres, 2004), cuya temperatura media anual varía de 23° a 28° C (Niembro, 1986) y precipitación anual 750 a 2500 mm, con una estación seca que dura de uno a siete meses (Hughes y Stewart, 1990).

Ecológicamente la parota es importante, ya que es capaz de fijar nitrógeno atmosférico, por lo que se usa en sistemas agrosilvopastoriles para sombra de cultivo y protección contra el viento (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999); así como para el establecimiento de plantaciones comerciales (Jiménez, 2011) y de restauración (Couttolenc-Brenis *et al.*, 2005). Además, este árbol establece simbiosis con microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo de los géneros *Rhizobium* y *Frankia*, con lo cual se mejora la absorción de agua, asimilación de nutrientes del suelo (Ferrari y Wall, 2004) y se favorece el enriquecimiento de suelos pobres de fósforo (Habte y Musoko, 1994).

En México existen aproximadamente 2 000 especies de leguminosas, incluyendo a la parota, considerada como la más importante por su reserva de proteínas (Sotelo, 1981; citado por Serratos *et al.*, 2008) ya que su follaje contiene 59% de proteínas (Izaguirre y Martínez, 2008), mientras que las semillas contienen 32 a 41% de proteína cruda (Calle y Murgueitio, 2009). Ambas partes de la planta contienen hidratos de carbono, por lo que son utilizados para alimentación humana y animal (Calle y Murgueitio, 2009). Las semillas de parota, en comparación con las de otras leguminosas, poseen altas concentraciones de potasio, calcio y hierro, es por esto que se le considera como una

fuerza alternativa de proteínas y minerales para enriquecer los alimentos de bajo contenido nutricional (Barrientos *et al.*, 2007). En los estados de Morelos, Guerrero y Michoacán las semillas son utilizadas para el consumo humano, ya sean tostadas, molidas o mezcladas con carnes en salsas de chile (Gómez, 1985; citado por Serratos *et al.*, 2008). Los frutos verdes se utilizan como ingrediente de sopas y otros platillos (Serratos *et al.*, 2008); las semillas se emplean para elaborar collares y los frutos son alimento para el ganado y se usan como sustituto del jabón (Chízmar *et al.*, 2009).

La madera de parota es liviana, fácil de trabajar, resistente a la pudrición y al ataque de insectos; a nivel nacional se utiliza en los interiores y al aire libre, es decir, para construcción de casas, muebles, canoas y ruedas de carretas (Niembro, 1986). Industrialmente se utiliza para la fabricación de vigas, duelas y lambrines (Echenique-Manrique y Plumptre, 1994), también se obtiene pulpa para papel (Niembro, 1986) y es usada para fabricar artesanías debido al color pardo con franjas pálidas de su duramen (Chízmar *et al.*, 2009).

En México, recientemente se ha iniciado el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de parota en el estado de Colima (Jiménez, 2011) y en otros estados se usa en programas de restauración y sistemas agroforestales (Couttolenc-Brenis *et al.*, 2005); sin embargo, actualmente la madera que se usa proviene de los relictos de selva baja caducifolia o mediana, lo que ha provocado que no existan poblaciones puras y compactas, sino poblaciones fragmentadas, en muchos casos sólo árboles aislados en los potreros, en las orillas de caminos y ríos, como lo es el caso en la región Costa de Oaxaca (Salas-Morales *et al.*, 2003). Si se sigue haciendo uso de la especie, así como de su madera, puede llegar a estar en riesgo; por lo que es necesario establecer plantaciones forestales comerciales en las regiones donde se usa la madera.

Para asegurar el éxito de las plantaciones previamente se debe generar conocimiento sobre el crecimiento y adaptación del material genético, así como de la influencia de los factores geográficos y climáticos del origen de semillas, lo que permitirá recomendar el material adecuado para los lugares que se tenga interés de establecer dichas plantaciones. Una forma de obtener este conocimiento es establecer y evaluar ensayos de procedencias, en la zona de interés; ya que los ensayos de procedencias son en su conjunto, el procedimiento experimental más empleado para comparar el

comportamiento de semillas que provienen de diferentes poblaciones en términos de adaptación y productividad (Zobel y Talbert, 1988).

En el Sur de Sumatra e Indonesia se han establecido plantaciones experimentales de parota para evaluar el crecimiento, y en Queensland, Australia, para evaluar su establecimiento, producción de hojas y tallos (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). En cambio, en México aún son escasos los estudios sobre crecimiento, productividad y adaptación, destacando sólo la evaluación de diámetro, altura y supervivencia en plantaciones comerciales en el estado de Colima (Jiménez, 2011). En el estado de Oaxaca, específicamente en la región de la Costa sólo se ha generado información sobre variación de semillas de las procedencias y de la calidad de planta producida en vivero (Robles, 2010); sin embargo, no existe información relacionada a las procedencias, interacción genotipo x ambiente, sanidad y de la influencia de los factores geográficos y climáticos sobre el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas establecidas en campo; información que es importante para distribuir el material genético apropiado acorde a los sitios geográficos, elevaciones y condiciones ecológicas correspondientes (Conkle, 2004). Esta información se puede obtener mediante los ensayos de procedencias, que además permitirán evaluar el potencial de la especie en diferentes ambientes y a su vez conservar parte de los genes que sirven para la manipulación de las características de la especie respecto a usos específicos de la madera.

Por lo anterior, se estableció y evaluó el crecimiento inicial (a seis meses, un año y 1.5 años) de 10 procedencias de *E. cyclocarpum* en dos localidades de la región Costa de Oaxaca; lo que permitió generar por primera vez datos sobre crecimiento de la especie en la región Costa de Oaxaca, así como de la influencia de los factores geográficos y climáticos del origen de semillas sobre la supervivencia, variables de crecimiento, forma y tamaño de copa; además de la sanidad de las mismas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar las mejores procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* para dos localidades de la región Costa de Oaxaca; así como el efecto de los factores geográficos y climáticos del origen de semillas.

2.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa, bifurcaciones, supervivencia y sanidad de 10 procedencias en cada localidad.
- b. Determinar el efecto de las localidades sobre las procedencias en cuanto al incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa, bifurcaciones, supervivencia y sanidad de las procedencias.
- c. Determinar la correlación entre el incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa, bifurcaciones y supervivencia con los factores geográficos y climáticos de las procedencias.

III. HIPÓTESIS

Ho: No existen diferencias significativas entre las procedencias en todas las variables evaluadas.

Ho: No existe efecto significativo de las localidades sobre las procedencias en las variables evaluadas.

Ho: No existe correlación significativa entre la supervivencia y variables de crecimiento, forma y tamaño de copa con los factores geográficos y climáticos de las procedencias.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Ensayo de procedencias

4.1.1. Definición

Procedencia es la localidad geográfica original o natural de un individuo, población o especie (Zobel y Talbert, 1988). También se define como el origen geográfico de la semilla o del material vegetal; es decir, las plantas que provienen de tal lugar (Burley, 1969). Las especies forestales tienen amplia distribución geográfica, lo que les permite tener mayor variabilidad en cuanto a su anatomía, morfología y fisiología (Burley, 1969). En términos dasonómicos la procedencia hace referencia al lugar donde habitan los árboles o al origen de las semillas de los árboles; por otra parte se puede referir a árboles nativos o plantados de dicha localidad donde se ubican (Callaham, 1964).

También los ensayos de procedencias son considerados como una herramienta con la cual se puede evaluar la variación que existe dentro de una misma especie; por otra parte, ayudan a identificar las fuentes de abastecimiento para programas de mejoramiento genético y suministrar información en base a las fuentes con características superiores para sus posteriores usos (Barner *et al.*, 1992).

Los ensayos de procedencias constituyen una herramienta valiosa para el silvicultor y el mejorador de árboles, ya sea con fines de incrementar la producción de madera, para protección de suelos o para incorporar tierras improductivas a la producción (Plancarte, 1990).

4.1.2. Objetivos de los ensayos

Primeramente, el objetivo más importante de los ensayos de procedencias es identificar y localizar las fuentes de semillas más apropiadas para los sitios de plantación, de tal modo que sea rápido el crecimiento, y hablando en términos económicos que sea rentable, para lograr formar bosques que se adapten y sean más productivos (Burley, 1969; Barner *et al.*, 1992). Tal objetivo tiene distintos usos como por ejemplo: a) la selección de la fuente de semillas para plantaciones comerciales inmediatas; b) el establecimiento de rodales o plantaciones semilleras con las mejores procedencias; c) determinar dónde se deberá seleccionar a los árboles superiores (Mesén, 1994). Su justificación se basa en que las especies en su proceso de adaptación a distintas

condiciones de clima y suelo sufren cambios genéticos para adaptarse a esos nuevos medios (Barner *et al.*, 1992).

Para Burley (1969), un segundo objetivo consiste en establecer rodales locales para tener producción de semillas. Cuando se desea llevar a cabo un ensayo de procedencias el objetivo debe ser claro y con ello poder encontrar las diferencias entre las procedencias; por lo general la información que se esté generando entre el grado de diferencias y la exactitud de las mediciones resultará adecuado para poder diseñar los experimentos e interpretar el significado estadístico analítico en la práctica. También al momento de definir los objetivos se debe de tomar en cuenta el número de variables y las frecuencias con que serán tomadas las mediciones (Burley, 1969).

4.1.3. Importancia

Los árboles forestales por tener mayor tamaño y ciclo biológico más largo, presentan problemas para su manipulación y para su mejoramiento genético; por otra parte la gran mayoría de las especies forestales aún no han sido domesticadas, por lo que presentan variabilidad genética que puede ser aprovechada e identificada mediante los ensayos de procedencias (Mesén, 1997). Para encontrar la diversidad genética que presentan tanto las especies como las poblaciones se deben llevar a cabo estudios para determinar las diferencias tanto entre procedencias como entre familias, no solamente encontrando a la mejor especie, sino que también es necesario conocer la que sea más productiva y rentable dentro de la misma población (Zobel y Talbert, 1988).

Con los ensayos de procedencias se logra encontrar diferencias en cuanto al comportamiento entre cada una de las procedencias y sus características de valor económico (Mesén, 1994). En ocasiones las procedencias se comportan de igual forma en ambientes diferentes, pero debido a la interacción genotipo x ambiente no siempre ocurre tal comportamiento. Por tal motivo antes de iniciar un programa de mejoramiento genético o reforestación es de gran importancia llevar a cabo los ensayos de procedencias (Mesén, 1994).

4.1.4. Establecimiento del ensayo de procedencias

Para establecer un ensayo de procedencias previamente se debe llevar a cabo un levantamiento del sitio, donde se delimiten las áreas que se van a utilizar. Después se

deben ubicar los bloques considerando la variación dentro del sitio (Mesén, 1994). Se recomienda llevar a cabo la selección de plantas que serán utilizadas para los sitios unos días antes de la plantación. Para la distribución de las plantas en el campo se recomienda cargar y descargar las cajas en secuencia numérica, o también de acuerdo a la secuencia de plantación en los bloques; cuando se inicie el traslado de las plantas al lugar de establecimiento se debe cuidar el número de lotes de acuerdo al mapa de campo. Por lo regular se recomienda hacer la distribución de las plantas y plantar un bloque completo antes de que se muevan las plantas para el bloque siguiente; se recomienda evitar el sesgo por operario, ya que puede perjudicar las comparaciones entre las procedencias. Se sugiere llevar a cabo la plantación en un día, pero para experimentos más grandes, por lo menos deben de plantarse bloques completos por día, para evitar introducir variabilidad dentro del bloque de acuerdo a diferencias climáticas en días posteriores (Mesén, 1994).

Para el replante posterior del experimento es aceptable llevarlo a cabo dentro del mismo año de haberse establecido, y de preferencia en época de lluvia; no es conveniente realizar el replante en la siguiente época de la que se haya establecido el experimento, ya que habrá diferencias en cuanto al crecimiento, sobretodo en especies de rápido crecimiento. Para localizar fácilmente las parcelas y los bloques es importante colocar marcas permanentes en el campo, éstas pueden hacerse con material que dure. Cuando no se colocan las marcas, el crecimiento de la maleza y la mortalidad tienden a dificultar la ubicación de la plantación de las parcelas (Mesén, 1994).

4.2. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.

4.2.1. Descripción

En maya el nombre de *Enterolobium cyclocarpum* es “pich” (De la Garza et al., 1992). Sin embargo en náhuatl significa: *quaitl* (árbol) y *nacaztli* (oreja), dado que el fruto presenta la forma de oreja (Vargas, 2006). De acuerdo a Pennington y Sarukhán (2005) la parota es un árbol que posee una altura de hasta 30 m y diámetro de hasta 3 m, con copa hemisférica, por lo regular más ancha que alta, su corteza es lisa a granulosa con fisuras, gris clara-pardusca, tiene abundantes lenticelas alargadas, el grosor de la corteza va de 20 a 30 mm. Tiene hojas bipinnadas de 15 a 40 cm de largo incluyendo al peciolo, los árboles pierden las hojas de febrero a abril cuando es época de

fructificación. La floración inicia en los meses de marzo y abril, las flores van de 1.5 a 2.0 cm de diámetro, son de tipo actinomorfas y con cáliz verde. Los frutos son vainas de 7 a 12 cm de diámetro, aplanadas y enroscadas, leñosas, moreno oscuras, brillantes, indehiscentes y retorcidas, de olor y sabor dulce, que contienen numerosas semillas ovoides y aplanadas de 2.3 x 1.5 cm, por lo regular tardan un año para madurar lo cual ocurre entre los meses de abril y mayo (Hughes y Stewart, 1990).

4.2.2. Distribución

La parota o guanacastle se distribuye de forma natural desde México, por toda América Central, el Caribe, Norte de Sudamérica y América del Sur (Vásquez-Yanes y Pérez-García, 1977; CATIE, 2000; Morales y Sarmiento, 2008). En México, la parota se distribuye en la vertiente del Golfo desde el Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán, y en la depresión central de Chiapas; en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas, incluyendo también a la cuenca del Balsas (Pennington y Sarukhán, 2005).

En el estado de Oaxaca, se distribuye en las Planicies del Istmo de Tehuantepec en el distrito de Juchitán; en la Planicie Costera del Pacífico, en los distritos de Tehuantepec, Pochutla, Jamiltepec y Putla; en la Sierra Madre del Sur en el distrito de Yautepec (Torres, 2004); así como en la Planicie Costera del Golfo en el distrito de Tuxtepec, Choapan y Mixe (Dalton, 1982).

La parota crece en el bosque tropical subcaducifolio y caducifolio (Niembro, 1986), en zonas de vegetación perturbada en selvas altas perennifolias y medianas subperennifolias (Pennington y Sarukhán, 2005), así mismo en suelos de tipo alcalinos, calcáreos, de textura arenosa y arcillosa con buen drenaje (CATIE, 2000); se encuentra en elevaciones de 10 a 500 msnm (Torres, 2004) con temperatura media anual de 23° a 28° C (Niembro, 1986) y precipitación media anual de 750 a 2500 mm (Hughes y Stewart, 1990). En el caso de la zona del Pacífico la parota, como otras especies, suele encontrarse en potreros (García, 2003).

4.2.3. Importancia y usos

El árbol de parota tiene copa hemisférica, la cual brinda forraje y sombra para el ganado, también sirve como hábitat para las aves, monos e iguanas; asimismo, la

especie tiene la capacidad de enriquecer el suelo con nitrógeno y otros elementos, y así recuperar suelos degradados (Calle y Murgueitio, 2009). Los ganaderos utilizan las vainas, flores y hojas como fuente principal de alimento para el ganado vacuno, caballos y cabras (Francis, 2000).

La madera de parota se emplea en algunos estados, principalmente para la fabricación de muebles, así como para elaborar instrumentos de cuerda, esculturas, juguetes, cajitas y máscaras (Bravo, 1999). Asimismo, la madera se utiliza en las industrias de duelas, lambrines y de aserrío (Pennington y Sarukhán, 2005); además, es aprovechada para leña, carbón, chapa decorativa, triplay, artículos torneados, paneles, carretas, ruedas y entrepaños (Niembro, 1986; Francis, 2000). También se obtienen tablas y vigas, las cuales se utilizan para la elaboración de utensilios de cocina como es el caso de las bateas (Bravo, 1999). Debido a que tiene una alta durabilidad al estar en contacto con el agua sirve para la construcción de canoas (Calle y Murgueitio, 2009).

La madera de parota debe secarse para evitar torceduras y contracciones, no se presentan dificultades al momento de trabajar con ella; sin embargo, el polvo que es liberado es irritante para el ser humano (Francis, 2000). Es resistente al ataque de las termitas que se alimentan principalmente de madera seca; en cambio, la albura es susceptible al ataque de otros insectos (Hughes y Stewart, 1990).

Por sus altos contenidos de minerales, carbohidratos y proteínas, la parota es utilizada con fines industriales, medicinales y químicos (Serratos *et al.*, 2008). Tanto la corteza como los frutos producen taninos, los cuales, son utilizados para la fabricación de jabón (Francis, 2000). Cuando la goma es exudada por medio de las heridas en la corteza sirve como un sustituto de la goma arábiga (Little *et al.*, 1974; citado por Francis, 2000). Por otra parte, los extractos de la corteza se utilizan como medicina para el control de los resfriados y la bronquitis (Francis, 2000).

En América Central, la parota se utiliza para proteger a los cafetales de la luz (Francis, 2000); sin embargo, en otros lugares es cultivada como planta de ornato y de sombra, especialmente en potreros y a lo largo de caminos (Niembro, 1986; Francis, 1999).

Las fincas ganaderas se caracterizan por la presencia de árboles dispersos en potreros, los cuales proveen sombra y alimento para el ganado y también generan ingresos a través de la venta de madera (García, 2003).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Recolección de semillas

Las semillas que se utilizaron para el ensayo de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* fueron recolectadas en 10 localidades (procedencias) de la región Costa de Oaxaca (Cuadro 1), que comprende desde el municipio de Santa María Cortijo el cual se ubica a 98°16' N y 16°27' O hasta el municipio de San Pedro Pochutla, que se ubica a 96°27' N y 15°49' O (Figura 1). Las procedencias presentan diferentes condiciones ambientales (Cuadro 2).

Los frutos se recolectaron de marzo a mayo del 2008, directamente de árboles seleccionados (de 7 a 12 árboles por procedencia) con características fenotípicas deseables tales como fuste recto, fuste limpio mayor a 2 m, libre de plagas y de enfermedades (Cuadro 3). La recolecta se hizo con el apoyo de cuerdas, pértigas, ya sea estando desde el suelo o escalando el árbol; en algunos casos se recogieron frutos en el suelo pero se cuidó que éstos correspondieran al árbol seleccionado. Posteriormente, para su transporte los frutos fueron depositados en costales, a los que se les colocó una etiqueta que contenía los datos de la procedencia y la fecha de recolecta.

5.2. Extracción y almacenamiento de semillas

Para la extracción de semillas, los frutos se secaron al sol directo y sobre un comal; una vez secos se depositaron en costales, los cuales fueron golpeados con una madera hasta triturarlos suficientemente, después se vaciaron sobre un plástico tendido en el piso. Las impurezas tales como semillas vanas, trozos de material vegetal y piedras, fueron eliminadas manualmente. Las semillas limpias fueron secadas al sol para uniformizar su contenido de humedad. Posteriormente fueron almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de plástico oscuro previamente etiquetadas (donde se incluyó la fecha de recolecta y de almacenamiento, así como la procedencia). Se cuidó que las semillas no estuvieran expuestas a humedad ni a altas temperaturas.

Cuadro 1. Ubicación y características de las localidades del ensayo y de las 10 procedencias de *E. cyclocarpum* evaluadas en la región Costa de Oaxaca.

Municipio		Longitud oeste	Latitud norte	Altitud	Condición
Localidades					
Pinotepa de Don Luis	Pinotepa de Don Luis	97°59'44.8"	16°25'22.4"	455	TC
Valdeflores	Santa María Colotepec	96°51'32.3"	15°48'22.5"	90	AC
Procedencias					
Cortijo	Santa María Cortijo	98° 16'	16° 27'	59	P
Pinotepa de Don Luis	Pinotepa de Don Luis	97° 58'	16° 26'	420	P
El Zarzal	Santiago Jamiltepec	97° 47'	16° 04'	14	P
La Tuza	Santiago Jamiltepec	97° 51'	16° 02'	15	SMC, P
Tataltepec	Tataltepec de Valdés	97° 32'	16° 17'	370	P
San Francisco	Villa de Tututepec	97° 34'	16° 08'	67	C
Los Limones	Melchor Ocampo				
	Villa de Tututepec	97° 29'	16° 01'	23	P
	Melchor Ocampo				
San Pedro	San Pedro Mixtepec	97° 04'	15° 58'	240	ZU
Colotepec	Santa María Colotepec	96° 58'	15° 53'	37	C
Pochutla	San Pedro Pochutla	96° 27'	15° 49'	234	SBC, C

P= potrero, AC= acahual, TC= terreno de cultivo agrícola, SMC= selva mediana caducifolia, C= cultivo, ZU= zona urbana, SBC= selva baja caducifolia.

Cuadro 2. Características climáticas y edafológicas de las localidades del ensayo y de las 10 procedencias de *E. cyclocarpum* evaluadas en la región Costa de Oaxaca.

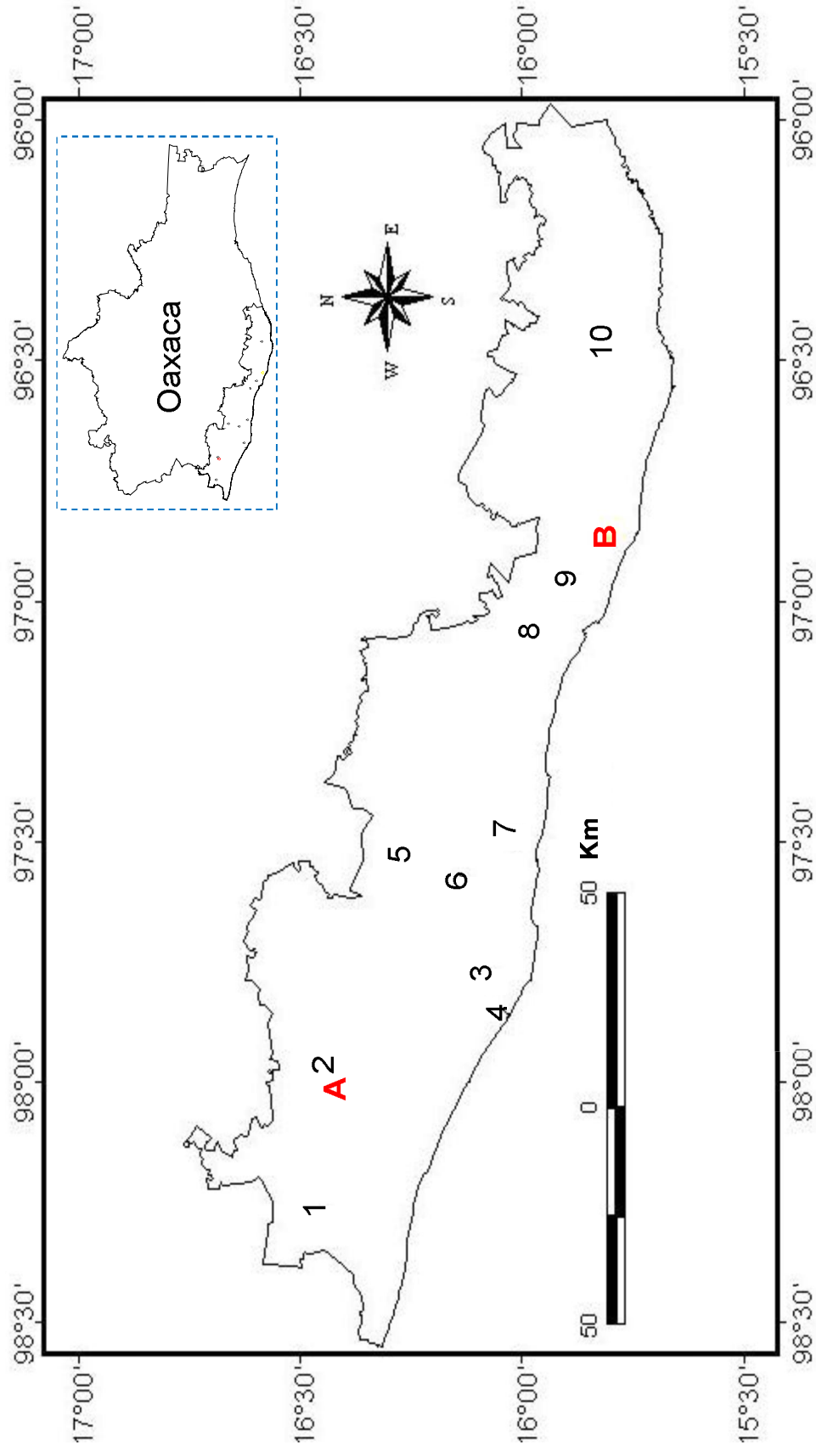
Localidades	Clima [§]	Suelo [§]	Temperatura (°C) [§]		
			Mínima	Media	Máxima
Pinotepa de Don Luis	AW ₂ (W)	RG, LV	26	28	29
Valdeflores	AW ₁ (W)	PH, RG	25	27	29
Procedencias					
Cortijo	AW ₁ (W)	CM, PH	26	29	30
Pinotepa de Don Luis	AW ₂ (W)	RG, LV	26	28	29
El Zarzal	AW ₀ (W)	PH, RG	26	28	30
La Tuza	AW ₀ (W)	GL, RG	26	28	30
Tataltepec	AW ₁ (W)	AC, FL	26	28	30
San Francisco	AW ₁ (W)	RG	26	29	30
Los Limones	AW ₁ (W)	PH	26	29	30
San Pedro	AW ₀ (W)	RG	25	28	29
Colotepec	AW ₀ (W)	PH, RG, CM	25	28	29
Pochutla	AW ₂ (W)	CM	25	27	28

*INEGI (2011) Clima: AW₂ (W)= cálido subhúmedo con lluvias en verano más húmedo, AW₁ (W)= cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, AW₀ (W)= cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo. Suelo: RG= regosol, LV= luvisol, PH= phaeozem, CM= cambisol, GL= gleysol, AC= acrisol, FL= fluvisol. [§]Solicitados al Moscow Forestry Science Laboratory (<http://forest.moscowsl.wsu.edu/climate/customData/>)

Cuadro 3. Características de los árboles de las 10 procedencias de *E. cyclocarpum* evaluadas en la región Costa de Oaxaca.

Procedencia	Número de árboles	Altura total [£] (m)	Altura de fuste limpió [£] (m)	Diámetro normal [£] (cm)	Diámetro de copa [£] (m)
Cortijo	12	22.65	4.09	110	27.5
Pinotepa de Don Luis	10	24.84	5.35	98	22.0
El Zarzal	9	20.96	3.82	118	23.1
La Tuza	10	18.60	2.77	105	24.6
Tataltepec	10	19.30	3.00	103	22.2
San Francisco	10	22.00	2.90	110	24.3
Los Limones	7	20.00	2.90	103	21.3
San Pedro	10	21.00	2.40	120	21.3
Colotepec	10	21.00	2.60	104	23.8
Pochutla	12	25.50	3.30	108	26.3

Tomado de Robles (2010). [£]Valores promedio de las variables evaluadas.



PROCEDENCIAS: 1= Cortijo, 2= Pinotepa de Don Luis, 3= El Zarzal, 4= La Tuza, 5= Tataltepec, 6= San Francisco, 7= Los Limones, 8= San Pedro, 9= Colotepec, 10= Pochutla; LOCALIDADES: A= Pinotepa de Don Luis, B= Valdeflores.

Figura 1. Ubicación de las 10 procedencias de *E. cyclocarpum* evaluadas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

5.3. Producción de plantas

La germinación y la producción de plantas se llevó a cabo en el Vivero Forestal del Campo Experimental de Bajos de Chila de la Universidad del Mar, que se localiza en el kilómetro 128 de la carretera federal 200 Pinotepa Nacional-Puerto Escondido, cuyas coordenadas geográficas son 15°55'33.4" N y 97°09'03.6" O y con altitud de 12 m.

Tomando en cuenta la cantidad de plantas a plantar, así como de una pérdida de 10% en la germinación, 5% por trasplante y 15% de plantas de mala calidad, se tomaron 130 semillas por procedencia. Para homogeneizar e incrementar la velocidad de germinación, la testa fue degradada con una lija. Las semillas de cada procedencia, una vez lijadas, se pusieron a germinar en almácigos de 1.5 x 1 m y en macetas de 50 cm de diámetro y 38 cm de altura; el sustrato para la germinación estuvo constituido de 35% de tierra, 35% de corteza y 30% de aserrín. La siembra se realizó en líneas y las semillas se enterraron aproximadamente lo equivalente a su tamaño. Después de la siembra, para prevenir la presencia de hongos del grupo *Damping off*, se aplicó un riego con fungicida (CAPTAN®: N-Triclorometiltio-4-ciclohexano-1,2 dicarboximida).

Después de que las plántulas generaron hojas y comenzaron a perder sus cotiledones, se realizó el trasplante en bolsas de polietileno de 15 x 26 cm. El sustrato que se usó para el llenado de las bolsas fue el mismo que se usó para la germinación. Las plantas una vez trasplantadas y separadas por procedencia, se colocaron en camas de crecimiento de 1.5 x 10 m, en donde se les realizaron las labores de cultivo. Periódicamente las plantas fueron removidas para evitar que las raíces se enterraran en el piso. Para conservar la humedad en los envases los riegos se realizaron cada tercer día.

Para evitar la aparición de hongos, se aplicó fungicida (CAPTAN®: N-Triclorometiltio-4-ciclohexano-1,2 dicarboximida) hasta los tres meses después del trasplante. Las plantas se fertilizaron cada semana, con dosis diferentes de acuerdo a la fase de crecimiento (Cuadro 4) (Aldana y Aguilera, 2003), empleando fertilizante foliar marca CHAMPION®. La aplicación del fertilizante se realizó usando una mochila.

Como parte de las actividades de cultivo y con la finalidad de inducir la lignificación, en las últimas dos semanas que la planta estuvo en el vivero, se disminuyó al 50% de la frecuencia de riegos, se expusieron las plantas al sol y la fertilización se realizó con la fórmula química 4-25-35.

Cuadro 4. Dosis y periodos de fertilización en el vivero, de acuerdo a las etapas de crecimiento de las plantas de *E. cyclocarpum*.

Fase de crecimiento	Periodo (semana)	Fórmula N-P-K	Dosis (ppm)
Crecimiento inicial	1 ^a a 5 ^a	9-45-15	25
Crecimiento rápido	6 ^a a 14 ^a	20-8-20	50
Lignificación	15 ^a a 16 ^a	4-25-35	50

Al término del cultivo, previo al transporte, se hizo la selección de un total de 616 plantas para ambos sitios, considerando las características tales como: tamaño, tallo lignificado, color verde intenso, sano, vigoroso, equilibrio entre la parte aérea y la parte radicular. A las plantas seleccionadas se les colocó una etiqueta que contenía la procedencia, número de bloque y número de planta.

5.4. Sitios de establecimiento de los ensayos

El ensayo de procedencias se estableció en dos localidades de la región Costa de Oaxaca (Figura 1). Una de ellas se ubica en Pinotepa de Don Luis, perteneciente al distrito de Jamiltepec, cuya localización geográfica es de 16°25'22.4" N y 97°59'44.8" O con altitud de 455 m (Cuadro 1). La otra localidad se ubica en la comunidad de Valdeflores, perteneciente al municipio de Santa María Colotepec, distrito de Pochutla; su localización geográfica es 15°48'22.5" N y 96°51'32.3" O con altitud de 90 m.

En la localidad Pinotepa de Don Luis se aplicó el sistema roza-tumba-quema en abril de 2009 (Pérez y Galán, 2009). Antes de esa intervención, la vegetación presente era de tipo acahual de selva baja caducifolia con aproximadamente 10 años de edad; las especies predominantes eran *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.) (macuil), *Enterolobium cyclocarpum* (parota), *Cordia alliodora* (Ruíz & Pav.) Oken) (hormiguillo), *Guazuma ulmifolia* Lam. (cuaulote), *Coccoloba barbadensis* Jacq. (carnero), *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers (cacahuanano), *Psidium guajava* L. (guayaba), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (nanche), *Andira inermis* (W. Wright) DC. (cuatololote), y una especie no identificada (chipilillo) (Pérez y Galán, 2009).

El tipo de vegetación de la localidad de Valdeflores es acahual de selva baja caducifolia, con dominancia de especies como: *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (palo

mulato), *Swietenia humilis* Zucc. (caobilla), *Gliricidia sepium*, *Ceiba parvifolia* Rose (pochote), *Spondias purpurea* L. (ciruela), y *Acacia collinsii* Safford (carnizuelo).

5.5. Establecimiento de los ensayos

En ambas localidades el sistema de distribución de plantas fue de tipo triangular o tres bolillo. Para la orientación de las líneas de la plantación se usó brújula, considerando rumbos francos (norte-sur, este-oeste). Debido a la forma y exposición de los terrenos, en la localidad Valdeflores la orientación de las líneas fue de norte-sur; en cambio, en la localidad de Pinotepa de Don Luis, fueron trazadas de este-oeste. Para trazar las líneas se utilizó rafia y se ubicaron estacas a cada cinco metros, para indicar el lugar de apertura de la cepa.

En la localidad de Valdeflores, en el predio donde se estableció el experimento existe vegetación natural (acahual). Para poder realizar el trazado de las líneas de plantación y eliminar la vegetación herbácea o arbustiva se usaron machetes; en los casos en que algún árbol quedó cerca (< 2 m) de la cepa, se eliminó dicho árbol, usando machete o motosierra. Por el contrario, en la localidad de Pinotepa de Don Luis, debido a que antes de la plantación se aplicó el sistema de roza-tumba-quema y posteriormente se sembró maíz, no hubo necesidad de llevar a cabo la eliminación de la vegetación al momento del trazado de las líneas de la plantación.

Después del trazado de las líneas de plantación se continuó con la apertura de cepas cuyas dimensiones fueron de 40*40*40 cm, siendo así cepas comunes. Una vez que fueron abiertas las cepas e iniciada la temporada de lluvias, se llevó a cabo la distribución de plantas, la cual consistió en ubicar cada planta en la cepa que le correspondía, de acuerdo al diseño del ensayo (Figura 2 y 3).

Después de realizar la distribución de las plantas se continuó con la plantación. Con un cuchillo se quitó el envase y con el fin de eliminar las raíces enredadas se realizó un corte de aproximadamente 2 cm a la base del cepellón. Posteriormente, la planta se colocó en el centro de la cepa, la cual se llenó de suelo fértil y se presionó a los costados de la planta para evitar que quedaran bolsas de aire en el interior de la cepa y para que la planta quedara firme.

En la localidad de Valdeflores la plantación se realizó el 20 de junio del 2009; mientras que en la localidad Pinotepa de Don Luis la plantación se realizó el 11 y 12 de julio del 2009 cuando se establecieron las lluvias.

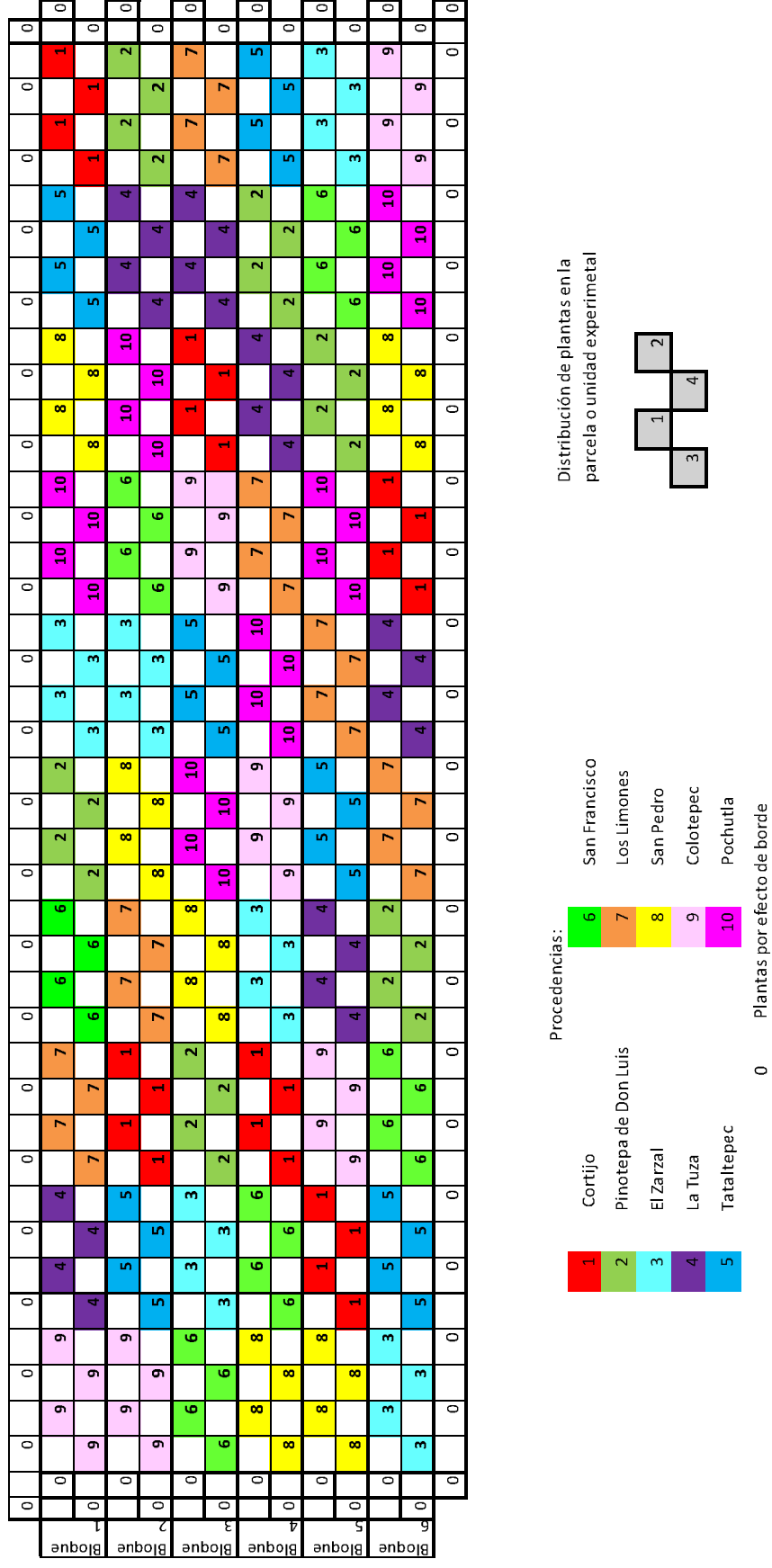
5.6. Diseño experimental

Debido a que en los sitios de plantación existe pendiente, lo que provoca variaciones en el terreno; se usó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con 10 tratamientos (procedencias), seis repeticiones conformadas por seis bloques y cuatro plantas por unidad experimental (Figura 2 y 3). Cada bloque se constituyó por dos líneas de plantación, siendo 12 las líneas sujetas a evaluación, más dos líneas por efecto de borde. Se plantaron en total 308 plantas en cada localidad, de las cuales 240 fueron sujetas a evaluación; mientras que las demás de borde.

En gabinete se realizó el diseño de los ensayos; a cada procedencia se le asignó un número (1 al 10). Con el uso de una calculadora, se aleatorizaron los tratamientos (procedencias) dentro de cada bloque; de esta manera se obtuvo la distribución de los tratamientos dentro de los bloques en cada localidad (Figura 2 y 3); esto permitió realizar la distribución de plantas al momento de la plantación.

5.7. Evaluación de variables

Ya establecidos los ensayos la toma de datos iniciales se realizó una semana después de la plantación; las variables evaluadas fueron diámetro basal, altura y diámetro de copa. Después de seis meses, un año y 1.5 años, se evaluó el diámetro basal, altura, diámetro de copa, unidades de crecimiento, bifurcaciones y supervivencia. Para la medición del diámetro basal se usó un vernier digital y para la altura y diámetro de copa se utilizó un flexómetro. Con los datos iniciales y los datos a seis meses, un año y 1.5 años del diámetro basal y la altura, se calcularon los incrementos acumulados. Debido a que a mayor edad de las plantas se hicieron poco visibles las unidades de crecimiento, esta variable sólo se evaluó a seis meses y un año. En la segunda (un año) y tercera (1.5 años) evaluación en ambas localidades se hicieron anotaciones de la presencia y ausencia de plagas y enfermedades en las plantas de parota. También se llevó acabo el control de plantas muertas por tuzas y por sequía, lo que sirvió para conocer el factor de mortalidad de plantas en cada localidad.



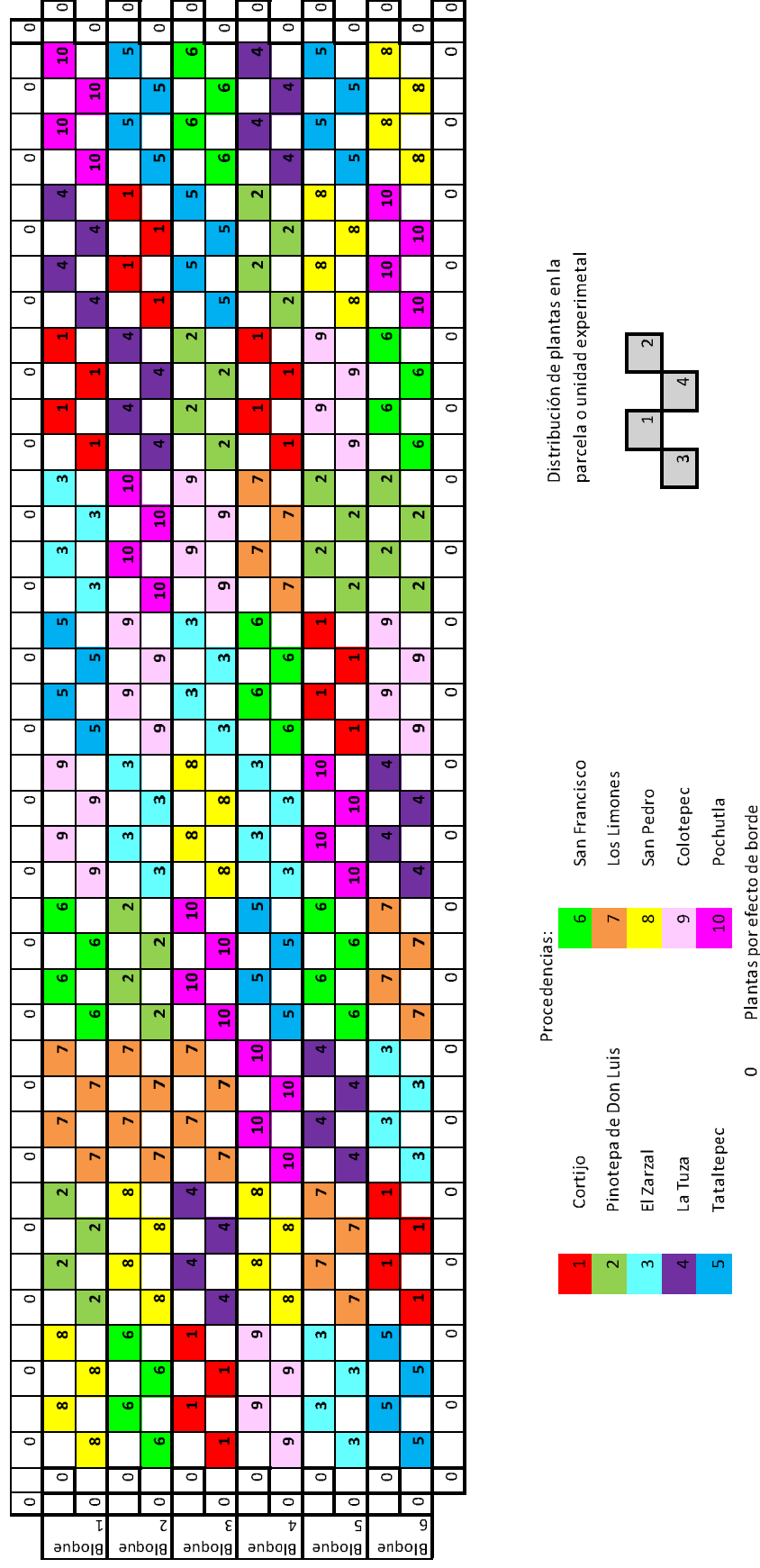


Figura 3. Distribución de bloques y procedencias de *E. cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en Valdeflores, Colotepec, Oaxaca.

5.8. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza para cada variable, tomando en cuenta el efecto anidado de las procedencias dentro de las localidades, con un diseño de bloques completos al azar (Cochran y Cox, 2001). Para conocer si existe efecto de la localidad, de la procedencia y de la interacción localidad por procedencia se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + \beta_{j(i)} + P_k + LP_{(ik)} + \beta P_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 2$ Localidades, $j = 6$ Bloques, $k = 10$ Procedencias, $l = 4$ plantas por parcela experimental.

Donde: Y_{ijkl} = valor del árbol (observación) establecido en la i -ésima localidad, del j -ésimo bloque en la k -ésima procedencia; μ = efecto de la media general; L_i = efecto de la i -ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = efecto del j -ésimo bloque anidado en la i -ésima localidad; P_k = efecto de la k -ésima procedencia; $LP_{(ik)}$ = efecto de la interacción entre la i -ésima localidad con la k -ésima procedencia; βP_{ijk} = efecto de la interacción entre el j -ésimo bloque con la k -ésima procedencia; ε_{ijkl} = efecto del error experimental que corresponde al error de la l -ésima planta de la k -ésima procedencia en el j -ésimo bloque en la i -ésima localidad.

También se llevó a cabo un análisis de varianza para cada localidad con el objetivo de conocer el efecto de las procedencias en cada una, considerando el diseño de bloques completos al azar, usando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + P_j + \beta P_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 6$ Bloques; $j = 10$ Procedencias; $k = 4$ plantas por bloque-procedencia.

Donde: Y_{ijk} = valor de la k -ésima observación de la j -ésima procedencia en el i -ésimo bloque; μ = efecto de la media general; β_i = efecto del i -ésimo bloque; P_j = efecto de la j -ésima procedencia; βP_{ij} = interacción de bloques por procedencia; ε_{ijk} = efecto del error aleatorio.

En el caso donde existieron diferencias significativas entre procedencias se hizo la prueba de composición de medias de Tukey, con la cual se compararon las medias por localidad. La variable supervivencia y la presencia de plagas o enfermedades fue evaluada en porcentajes usando los promedios por parcelas, así el efecto de βP_{ij} es el error experimental. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron con el

procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1988).

5.9. Correlaciones

Para conocer el efecto de la ubicación geográfica y la altitud, así como el efecto del desplazamiento altitudinal, latitudinal y longitudinal de las semillas (procedencias) a los sitios de plantación sobre el incremento en altura (acumulado), incremento en diámetro basal (acumulado), diámetro de copa, unidades de crecimiento, bifurcaciones y supervivencia, para las tres evaluaciones, se calcularon correlaciones simples entre estas variables. El desplazamiento altitudinal fue calculado como la diferencia entre la altitud de las procedencias con la altitud de las localidades de plantación; asimismo, el desplazamiento geográfico fue la diferencia entre la latitud y longitud de cada procedencia con la latitud y longitud de las localidades de plantación (Cuadro 5).

Para conocer la relación entre la supervivencia y las variables de crecimiento, forma y tamaño de copa de las plantas de parota con los factores climáticos de las procedencias, con las coordenadas geográficas y la altitud promedio de las procedencias se solicitó al Moscow Forestry Science Laboratory (<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/customData/>) las variables climáticas de las procedencias tales como temperatura media anual (TMA) (°C), precipitación media anual (PMA) (mm), precipitación de la estación de crecimiento (también llamado precipitación de verano) (PEC) (mm), grados día >5°C basado en temperatura media anual (GD5) y los grados día >5°C acumulado en el período libre de heladas (GDPH5) (Cuadro 6); con estos datos se calculó el índice de aridez anual (IAA), y el índice de aridez en verano (Cuadro 6). El índice de aridez anual se calculó con las dos ecuaciones recomendados por el Moscow Forestry Science Laboratory, estos fueron, $IAA1 = GD5/PMA$ y $IAA2 = (\text{raíz cuadrada de } GD5)/PMA$; asimismo, el índice de aridez en verano (IAV) se calculó de la siguiente manera $IAV = GDPH5/PEC$. Estos parámetros climáticos son los que más influyen en el crecimiento y distribución de las plantas (Rehfeldt *et al.*, 2003; Rehfeldt, 2006; Uribe-Salas *et al.*, 2008; Sáenz-Romero *et al.*, 2006; Sáenz-Romero *et al.*, 2010).

Cuadro 5. Desplazamiento en altitud, latitud y longitud de 10 procedencias de *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

Procedencias	Desplazamiento a Pinotepa de Don Luis*			Desplazamiento a Valdeflores*		
	Altitud (m)	Latitud (")	Longitud (")	Altitud (m)	Latitud (")	Longitud (")
Cortijo	396	-97.6	-975.2	31	-2317.5	-5067.7
Pinotepa de Don Luis	35	-37.6	104.8	-330	-2257.5	-3987.7
El Zarzal	441	1282.4	764.8	76	-937.5	-3327.7
La Tuza	440	1402.4	524.8	75	-817.5	-3567.7
Tataltepec	85	502.4	1664.8	-280	-1717.5	-2427.7
San Francisco	388	1042.4	1544.8	23	-1177.5	-2547.7
Los Limones	432	1462.4	1844.8	67	-757.5	-2247.7
San Pedro	215	1642.4	3344.8	-150	-577.5	-747.7
Colotepec	418	1942.4	3704.8	53	-277.5	-387.7
Pochutla	221	2182.4	5564.8	-144	-37.5	1472.3

* El signo negativo indica desplazamiento de mayor a menor elevación, de Norte a Sur o de Oeste a Este, según la variable.

Todas las correlaciones entre las variables incremento en diámetro basal (acumulado), incremento en altura (acumulado), diámetro de copa, unidades de crecimiento, bifurcaciones y supervivencia (a seis meses, un año y 1.5 años) con las variables geográficas y climáticas de las procedencias, se calcularon con el procedimiento PROC CORR del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1988).

5.10. Análisis de suelos

El muestreo de suelos se llevó a cabo del 29 de mayo al 12 de junio 2010 en la localidad Valdeflores y en Pinotepa de Don Luis del 27 al 28 de noviembre 2010. Antes de empezar a excavar los pozos, se eliminaron las piedras, hierbas y otros materiales que dificultaban la extracción de suelo.

En cada localidad se excavaron nueve pozos de 40*40 cm de amplitud y 60 cm de profundidad. Éstos fueron distribuidos sistemáticamente; se ubicaron tres pozos por cada bloque (bloques uno, tres y cinco). Cada pozo se dividió en dos dimensiones; la primera fue de 0 a 30 cm de profundidad para obtener la submuestra A (suelo A) y la segunda fue de 30 a 60 cm de profundidad donde se obtuvo la submuestra B (suelo B). Se tomó aproximadamente 1 kg de suelo A y 1 kg de suelo B, mismas que fueron depositadas por separado en bolsas de plástico debidamente etiquetadas.

De cada localidad (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) se tuvieron nueve submuestras A y nueve submuestras B, las cuales fueron expuestas al sol, tendidas en un nylon y removidas continuamente. Después de que las submuestras estuvieron totalmente secas, para eliminar los residuos más grandes (piedras, basuras y terrones grandes de suelo), fueron cribadas en malla con aberturas de 3 x 3 mm, posteriormente para obtener suelo fino se cribaron en una malla con aperturas de 1.5 x 1.5 mm.

Después se mezclaron, todas las submuestras A y B, por separado; de cada muestra mezcla (A y B) se obtuvieron 2 kg de suelo, las cuales fueron enviadas para su análisis al Laboratorio de Análisis Agrícolas de la Costa. En total se enviaron al laboratorio 8 kg (2 kg de suelo A y 2 kg de suelo B de cada localidad). Para el análisis de suelo, el Laboratorio de Análisis Agrícolas de la Costa utilizó la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2002). Se determinaron las propiedades físicas y químicas básicas de los suelos de ambas localidades, esto con el fin de conocer la influencia de estas propiedades sobre el crecimiento de parota.

Cuadro 6. Variables climáticas y geográficas de las dos localidades del ensayo y de 10 procedencias de *E. cyclocarpum* evaluadas en la región Costa de Oaxaca.

	TMA	PMA	PEC	GD5	GDPH5	IA1	IA2	IAV
Localidades								
Pinotepa de Don Luis	28	1442	1208	8089	8048	5.610	0.06	0.995
Valdeflores	27	813	704	8069	8028	9.925	0.11	0.995
Procedencias								
Cortijo	29	1031	850	8450	8470	8.196	0.09	1.002
Pinotepa de Don Luis	28	1446	1217	8154	8113	5.639	0.06	0.995
El Zarzal	28	1069	908	8440	8440	7.895	0.09	1.000
La Tuza	28	1064	902	8428	8428	7.921	0.09	1.000
Tataltepec	28	1140	982	8298	8298	7.279	0.08	1.000
San Francisco	29	1083	925	8468	8468	7.819	0.08	1.000
Los Limones	29	1070	909	8449	8427	7.896	0.09	0.997
San Pedro	28	985	834	8093	8053	8.216	0.09	0.995
Colotepec	28	840	726	8232	8232	9.800	0.11	1.000
Pochutla	27	1168	992	7921	7843	6.782	0.08	0.990

TMA= temperatura media anual, PMA= precipitación media anual, PEC= precipitación de la estación de crecimiento (abril a septiembre), GD5= grados día >5°C (basado en temperatura media mensual), GDPH5= grados día >5°C acumulado en el periodo libre de heladas, IA1= Índice de aridez= GD5/PMA, IA2= Índice de humedad anual (raíz GD5/PMA), IAV= Índice de aridez verano (GDPH5/PEC).

Para conocer las diferencias en contenido de humedad de suelo de los sitios; en cada sitio se obtuvieron nueve muestras de suelo A y nueve muestras de suelo B. Las muestras fueron extraídas el 9 de enero 2011 en la localidad Pinotepa de Don Luis y el 13 de enero 2011 en Valdeflores.

En campo se cribaron todas las muestras en una malla de 3 x 3 mm de abertura, para obtener aproximadamente medio kilogramo de suelo fino de cada muestra; las muestras se depositaron en bolsas de papel estraza las cuales fueron etiquetadas para su fácil identificación. Para evitar la pérdida de humedad de las muestras durante el traslado, éstas fueron almacenadas en una hielera. Al día siguiente de la extracción de las muestras, en el Laboratorio de Química de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, se obtuvo el peso húmedo de cada muestra con una balanza digital marca Adam®. Después de la obtención del peso húmedo, las muestras se secaron en una estufa de secado marca Lah-line®, modelo 35L6M a una temperatura constante de 105 °C; diariamente se registraron los pesos, hasta llegar a peso constante (cuatro días), el cual fue tomado como peso seco. Se determinó el porcentaje de contenido de humedad mediante la siguiente ecuación (León, 1989):

$$\% h = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} * 100$$

Donde: %h = porcentaje de humedad; P_{sh} = peso de suelo húmedo; P_{ss} = peso de suelo seco.

5.11. Mantenimiento de los ensayos

El mantenimiento de la plantación consistió en limpias o deshierbes, aproximadamente cada tres meses. Otra actividad de mantenimiento fue el control de hongos del género *Oidium*, mediante la aplicación del fungicida Sulfocop-F® a una dosis de 0.75 ml por litro de agua. En la localidad de Valdeflores la incidencia del hongo fue menor debido a que el ambiente es más seco, por lo que la aplicación sólo se realizó una vez (después de la primera toma de datos); por el contrario, en la localidad de Pinotepa de Don Luis, donde el ambiente es más húmedo, la aparición de hongos fue más constante y notorio, por lo que se realizaron dos aplicaciones (después de la primera toma de datos).

En la localidad de Valdeflores se llevó a cabo un sistema de riego por goteo; para ello se instalaron 308 botellas de plástico. En la tapa de las botellas, con una aguja se les hizo un orificio para permitir el goteo; una vez llenas de agua, se enterraron en la base de cada planta. En la localidad de Pinotepa de Don Luis, debido a que el suelo es más húmedo no se realizaron riegos.

Debido a que en Pinotepa de Don Luis la plantación estuvo combinada con cultivo agrícola, hubo presencia de tuzas (*Geomydae*) las cuales afectaron las raíces de las plantas causándoles la muerte. Por lo que, periódicamente en las madrigueras de las tuzas se fumigó con una o dos tabletas de fosfuro de aluminio, para su control.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Diferencias entre localidades

A seis meses de la plantación, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre localidades para todas las variables ($p < 0.0009$), excepto para incremento en altura ($p = 0.2236$) (Cuadro 7). En Pinotepa de Don Luis la supervivencia promedio fue de 87.9%, mientras que en Valdeflores el promedio fue de 99.6%. En Pinotepa de Don Luis el promedio del incremento en diámetro basal fue de 9.8 mm, 49.4 cm de incremento en altura, 50.1 cm de diámetro de copa, 39.4 unidades de crecimiento y 2.5 bifurcaciones; en cambio, en Valdeflores, los promedios fueron de 5.6 mm para incremento en diámetro basal, 45.8 cm de incremento en altura, 23.5 cm de diámetro de copa, 27.0 unidades de crecimiento y 1.4 bifurcaciones (Cuadro 7).

A un año de establecida la plantación el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre las localidades para todas las variables con $p < 0.025$, la supervivencia y bifurcaciones con $p = 0.0925$ y $p = 0.0708$, respectivamente (Cuadro 7). En la localidad Pinotepa de Don Luis el promedio fue 69.2%, mientras que en Valdeflores fue de 61.3%; asimismo, el promedio de bifurcaciones fue de 3.7 y 3.1 en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, respectivamente. En Pinotepa de Don Luis el incremento en diámetro basal fue de 16.2 mm, el incremento en altura de 64.5 cm, 57.5 cm de diámetro de copa y 53.8 unidades de crecimiento (Cuadro 7); en cambio, en Valdeflores el incremento en diámetro basal fue de 6.4 mm, 49.8 cm de incremento en altura, 47.4 cm de diámetro de copa y 32.5 unidades de crecimiento (Cuadro 7).

A un año y medio de la plantación, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre localidades para las variables incremento en diámetro basal, diámetro de copa, bifurcaciones ($p < 0.0034$) y supervivencia ($p = 0.0538$); mientras que para la variable incremento en altura las diferencias entre procedencias no fueron significativas ($p = 0.3007$). Aunque no existieron diferencias significativas entre las localidades para la variable incremento en altura, en la localidad Pinotepa de Don Luis se tuvieron mayores valores; en Pinotepa de Don Luis la supervivencia fue de 63.8% y en Valdeflores de 54.2%; asimismo, el incremento en altura fue de 90.3 cm y 82.5 cm en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, respectivamente. En la localidad Pinotepa de Don Luis el promedio del incremento del diámetro basal fue de 23.4 mm, de 88.2 cm de

diámetro de copa y 4.7 bifurcaciones; en cambio, en la localidad de Valdeflores el incremento en diámetro basal fue de 12.3 mm, 60.1 cm de diámetro de copa y 2.9 bifurcaciones (Cuadro 7).

Aunque no existieron diferencias estadísticas significativas para las variables incremento en altura a seis meses y a 1.5 años de evaluación, en general en Pinotepa de Don Luis todas las variables tuvieron mayores valores que en la localidad Valdeflores.

Las diferencias entre Pinotepa de Don Luis y Valdeflores en las variables incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa, unidades de crecimiento y bifurcaciones se atribuyen a diferencias ambientales, geográficas y edafológicas de los sitios de plantación. Pinotepa de Don Luis se ubica a mayor altitud (455 msnm), la precipitación media anual es de 1,442 mm y el tipo de suelo es regosol y luvisol (Cuadro 1, 2 y 6); en cambio, la localidad Valdeflores se encuentra a menor altitud (90 msnm), su precipitación media anual es de 813 mm y el tipo de suelo es phaeozem y regosol (Cuadro 1, 2 y 6). Por otra parte aunque en ambas localidades el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Cuadro 2), en Pinotepa de Don Luis se presenta la variante más húmeda (100% de humedad), mientras que en Valdeflores se presenta la variante menos húmeda (75% de humedad); asimismo, en Pinotepa de Don Luis el índice de aridez es de 0.06, mientras que en Valdeflores es de 0.11, confirmando que Valdeflores es más seco (Cuadro 6).

Alba-Landa *et al.* (2002) mencionan que los prendimientos de *Pinus teocote* Schl., se le atribuyen a la variación altitudinal y la exposición de los sitios donde se establecen los ensayos, lo que coincide con lo encontrado en este estudio, ya que Pinotepa de Don Luis (455 msnm) se encuentra a mayor altitud que Valdeflores (90 msnm).

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 *E. cyclocarpum* en la región Costa de Oaxaca.

Variable	Evaluación a 6 meses		Evaluación a 1 año		Evaluación a 1.5 años	
	Pinotepa de Don Luis	Valdeflores	Pinotepa de Don Luis	Valdeflores	Pinotepa de Don Luis	Valdeflores
Incremento en diámetro basal (mm) [‡]	9.8 a [‡]	5.6 b	16.2 a	6.4 b	23.4 a	12.3 b
Incremento en altura (cm) [‡]	49.4 a	45.8 a	64.5 a	49.8 b	90.3 a	82.5 a
Diámetro de copa (cm)	50.1 a	23.5 b	57.5 a	47.4 b	88.2 a	60.1 b
Unidades de crecimiento	39.4 a	27.0 b	53.8 a	32.5 b	-----	-----
Bifurcaciones	2.5 a	1.4 b	3.7 a	3.1 b	4.7 a	2.9 b
Supervivencia (%)	87.9 a	99.6 b	69.2 a	61.3 b	63.8 a	54.2 b

[‡] Letras diferentes en la misma variable en cada evaluación, indica diferencias estadísticas significativas entre localidades (p<0.1). ^{*} Los valores de la evaluación a uno y a 1.5 años es el incremento acumulado desde la plantación.

Awang *et al.* (1994) reportan menores crecimientos en diámetro basal de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth en sitios de mayor altitud, las bajas temperaturas y los suelos pobres fueron los factores que más influyeron; sin embargo, para el caso de parota se obtuvieron mejores crecimientos en Pinotepa de Don Luis favorecidos por la mayor altitud, mayor humedad y el tipo de suelo, en comparación a Valdeflores que se ubica a menor altitud, con menor humedad y con suelos pobres. Viveros-Viveros *et al.* (2005 y 2006) encontraron que en los primeros meses de establecida la plantación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. presentó mejores incrementos de altura en sitios con mayor altitud en comparación con el sitio de menor altitud, lo que coincide con lo encontrado para *E. cyclocarpum* ya que Pinotepa de Don Luis que se ubica a mayor altitud, presentó mayores incrementos de altura.

En un estudio realizado por Schenone *et al.* (2002) con *Eucalyptus dunnii* Maiden reportan que en dos sitios estudiados hubo déficit de agua, el cual afectó a la supervivencia, diámetro y altura; además, la alta temperatura y la mayor cantidad de arcilla de los suelos de una localidad ocasionó mayor mortalidad de plantas. Por lo anterior se puede asumir que la supervivencia de la parota en la localidad Valdeflores estuvo afectada por el contenido de humedad y tipo de suelo.

López-Ayala *et al.* (2006) evaluaron el crecimiento en diámetro de *Bursera simaruba*, *Tabebuia donnell-smithii* Rose y *Cordia elaeagnoides* A. DC en el estado de Colima, y encontraron la influencia de la temperatura y precipitación sólo sobre el crecimiento en diámetro de *C. elaeagnoides*.

Mora y Meneses (2004) reportan diferencias entre dos sitios en el crecimiento de altura y diámetro basal de *Acacia saligna* (Labill.) H. L. Wendl plantados en Chile; las diferencias en crecimiento se debieron a las diferencias hídricas de los sitios. Tomando en cuenta lo reportado por estos autores, las diferencias encontradas entre Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, también pueden atribuirse a diferencias en precipitación, ya que en la localidad Valdeflores la precipitación es menor (813 mm) y los dos periodos de lluvia fueron más cortos (julio-septiembre) en comparación con Pinotepa de Don Luis donde la precipitación es mayor (1442 mm) y más prolongada (julio-noviembre).

Ruíz (2003) menciona que las diferencias entre localidades en diámetro basal, altura total y número de verticilos de *Pinus oaxacana* Mirov se le atribuye a que en Tlacotepec Plumas el sitio de plantación presenta ligeramente mejores condiciones de precipitación

y suelo, esto coincide con lo encontrado en el presente estudio para la localidad Pinotepa de Don Luis, donde la precipitación es mayor (1442 mm) que Valdeflores (813 mm).

Las diferencias en altura encontrados en plantaciones de *Hymenaea courbaril* L., *Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata*, *Erismia uncinatum* Warm, *Cordia alliodora* y *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson se atribuyen a las diferencias del relieve y a las características del suelo de los sitios de plantación (Lozada *et al.*, 2003); lo que también está ocurriendo en parota ya que existe diferencias en tipo de suelo de cada localidad.

Las diferencias entre localidades encontrados en este estudio también se deben a la fertilidad de los suelos, ya que en Pinotepa de Don Luis, tanto la capa superior (0 a 30 cm de profundidad) como la capa inferior (30 a 60 cm de profundidad) tuvo mayores cantidades de N-NO₃ (30 vs. 12.5 ppm) y Na (1.0 vs. 0.5 Cmol kg⁻¹) que en Valdeflores, y menor pH (5.6) que en Valdeflores (6.2) (Cuadro 8). Esto coincide parcialmente con lo encontrado por Valencia *et al.* (2006) donde el menor pH, mayor contenido de materia orgánica y mayor porcentaje de nitrógeno total favoreció al crecimiento en diámetro basal, altura total, diámetro de copa y número de ciclos de crecimiento de *Pinus greggii* Engelm. En este estudio, el promedio del porcentaje de materia orgánica fue ligeramente mayor en Valdeflores (2.4%) que en Pinotepa de Don Luis (1.2%), aunque en la capa inferior (30 a 60 cm) del suelo de Pinotepa de Don Luis fue ligeramente mayor (0.8% vs. 0.5%) que en Valdeflores; posiblemente el contenido de materia orgánica está influyendo sobre la variable incremento en altura, ya que en la primera (a 6 meses) y tercera (1.5 años) evaluación no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Los promedios de otras propiedades químicas de los suelos en general fueron similares (Cuadro 8).

Las diferencias entre localidades no sólo se debieron a las diferencias en propiedades químicas de los suelos, sino también a las diferencias físicas. Los suelos de Pinotepa de Don Luis son más profundos, menos arcillosos (14.2 vs. 16.2%) y más limosos (14.0 vs. 6.0%) y menos arenosos (71.8 vs. 77.8%) que los suelos de Valdeflores (Cuadro 9); estas características físicas ocasionan que los suelos en la localidad Valdeflores conserven menos humedad en la época de sequía; por ejemplo, en enero del 2011, se evaluó el contenido de humedad, resultando que en Valdeflores, la capa superficial del suelo (0 a 30 cm) sólo contenía el 2.1% de humedad, y en la capa inferior (30 a 60 cm)

contenía 4.2% de humedad; en cambio, el suelo de Pinotepa de Don Luis contenía 7.8 y 8.2% de humedad en la capa superior e inferior, respectivamente (Cuadro 9). Se observó que en algunas partes del sitio experimental de Valdeflores en la temporada de alta precipitación, por presentar suelos arcillosos hubo problemas de inundación, mientras que en otras partes del sitio los suelos son muy arenosos; ambas situaciones también afectaron tanto al crecimiento como a la supervivencia en esta localidad.

Cuadro 8. Propiedades químicas de suelos en dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecidos en la región Costa de Oaxaca.

Propiedades	Pinotepa de Don Luis			Valdeflores		
	0 a 30 cm	30 a 60 cm	Promedio	0 a 30 cm	30 a 60 cm	Promedio
pH	5.5	5.7	5.6	5.4	6.9	6.2
CE	0.3	0.1	0.2	0.9	0.9	0.9
M.O (%)	1.6	0.8	1.2	4.3	0.5	2.4
N-NO ₃ (ppm)	30.0	30.0	30.0	10.0	15.0	12.5
P (ppm)	30.0	8.5	19.3	21.0	20.5	20.8
K (Cmol Kg ⁻¹)	1.2	1.5	1.4	1.2	1.9	1.5
Ca (Cmol Kg ⁻¹)	2.7	2.9	2.8	2.6	4.7	3.7
Mg (Cmol Kg ⁻¹)	1.5	1.8	1.6	2.3	3.2	2.7
Na (Cmol Kg ⁻¹)	0.4	1.6	1.0	0.3	0.7	0.5

CE= conductividad eléctrica.

Por esta razón Zobel y Talbert (1988) señalan que para obtener buenos incrementos y rendimientos debe considerarse el tipo de suelo; asimismo, Alfaro *et al.* (2001) mencionan que los buenos crecimientos de especies arbóreas y arbustivas dependen de las propiedades físicas y químicas de los suelos. Francis (1999) menciona que para obtener buenos crecimientos de parota, ésta debe ser plantada en suelos poco profundos, con pH 5.0, con texturas ultisoles y arcillas arenosas; además considera que la parota no crece bien en suelos pobremente drenados. No sólo la parota requiere condiciones específicas de suelo para su buen crecimiento, ya que Rosales *et al.* (1999) mencionan que para obtener mayor volumen y altura de *Schizolobium parahybum* (Vell.) S. F. Blake debe ser plantada en suelos arcillosos a franco arcillosos con pH de 5.5 a 7.0.

Cuadro 9. Propiedades físicas de suelos en dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecidos en la región Costa de Oaxaca.

	Pinotepa de Don Luis			Valdeflores		
	0 a 30 cm	30 a 60 cm	Promedio	0 a 30 cm	30 a 60 cm	Promedio
Arcilla (%)	15.2	13.2	14.2	13.2	19.2	16.2
Limo (%)	16.0	12.0	14.0	8.0	4.0	6.0
Arena (%)	68.8	74.8	71.8	78.8	76.8	77.8
Dap (g/cm ³)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6
Humedad (%)	7.8	8.2	8.0	2.1	4.2	3.1

Dap= densidad aparente.

A seis meses de establecida la plantación, el incremento en diámetro basal de *E. cyclocarpum* de ambas localidades fue superior a lo reportado por Di Stéfano y Fournier (1999) para la misma especie (4.0 mm) en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica; en cambio, el incremento anual en diámetro basal reportado por Makocki y Valdez-Hernández (2001) en una selva del estado de Nayarit y Jiménez (2011) en el estado de Colima son mayores al incremento anual obtenido en la localidad Valdeflores, pero menores a lo obtenido en Pinotepa de Don Luis; asimismo, el crecimiento en diámetro basal a 1.5 años en dos sitios (Ocotillo 15.9 mm y Suchitlán 15.4 mm) reportado por Jiménez (2011) fueron mayores a lo obtenido a 1.5 años en la localidad Valdeflores, pero menores a lo encontrado en Pinotepa de Don Luis.

Los incrementos en diámetro basal anuales (a un año de edad) obtenidos en ambas localidades del ensayo de parota fueron mayores a los incrementos anuales reportados para otras especies de latifoliadas tales como *Bursera simaruba* (Daubenmire, 1972, Reich y Borchert, 1984, López-Ayala *et al.*, 2006), *Cordia eleagnoides* (López-Ayala *et al.*, 2006), *Calyphyllum candissimum* (Daubenmire, 1972), *Dialium guianense* (Lieberman, 1982; citado por López-Ayala *et al.*, 2006), *Tabebuia rosea*, *Cordia alliodora* (Reich y Borchert, 1984), *Cedrela odorata* (Sánchez *et al.*, 2003), *Fraxinus excelsior* L., *Quercus suber* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Acacia caven* (Mol.) Mol. y *A. atramentaria* Benth (Arredondo *et al.*, 1998); en cambio, en *Acacia auriculiformes*, *A. cunningham* ex Benth (Abd *et al.*, 1993), *Cordia alliodora* (Daubenmire, 1972), *Gmelina arborea* Roxb. (Balcorta y Vargas, 2004), *Acacia decurrens* Wild. y *Chamaecytisus proliferus* (L. fil.) Link (Arredondo *et al.*, 1998) se reportan mayores incrementos anuales

que lo encontrado para parota en las dos localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores).

Los crecimientos anuales en diámetro de *Tabebuia neochrysantha* (Daubenmire, 1972), *Cedrela odorata* (Makocki y Valdez-Hernández, 2001), *Tabebuia donnell-smithii* (López-Ayala et al., 2006), *Acacia aneura* F. Muell. ex Benth., *A. minuta* (M. E. Jones) R. M. Beauch (Arredondo et al., 1998), *Prosopis alba* var. *panda* Grisebach (López et al., 2001) y de *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004), fueron mayores al incremento anual en diámetro basal (obtenido a un año de edad) en Valdeflores, pero fueron menores al incremento anual en diámetro basal obtenido en Pinotepa de Don Luis.

Los incrementos en altura obtenidos a seis meses de la plantación en ambas localidades (Pinotepa de Don Luis y Valdeflores) fueron mayores a lo reportado por Di Stéfano y Fournier (1999) en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica para *E. cyclocarpum* (27.7 cm;) asimismo, los incrementos anuales de altura (a un año de establecida la plantación) obtenidos en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores fueron superiores a lo reportado por Foroughbakhch et al. (2006) con la misma especie (6 cm). En cambio, Jiménez (2011) obtuvo crecimientos en altura de 51.9 cm a un año de evaluación en el estado de Colima (sitio El Bordo), el cual fue superior a lo obtenido en Valdeflores, pero menor a lo obtenido en Pinotepa de Don Luis. Sin embargo, Leopold et al. (2001) en una plantación de parota evaluada después de un año de establecida en el sureste de Costa Rica encontraron mayor crecimiento en altura (84 cm) que lo obtenido en ambas localidades a un año de evaluación en la presente investigación.

Los incrementos anuales en altura a un año de evaluación de ambas localidades fueron superiores a los incrementos anuales de otras especies latifoliadas tales como *Albizia caribaea* (Urb.) (Britton & Rose) (Foroughbakhch et al., 2006), *Hymenaea courbaril*, *Swietenia macrophylla*, *Erisma uncinatum*, *Tabebuia serratifolia* (Lozada et al., 2003), *Chamaecytisus proliferus*, *Fraxinus excelsior*, *Acacia aneura*, *A. caven*, *A. suber*, *A. minuta*, *A. atramentaria*, *Gleditsia triacanthos* (Arredondo et al., 1998), *Prosopis alba* (López et al., 2001) y *Picea abies* (L.) Karst (Kobliha et al., 2010). En cambio, los incrementos anuales en altura tanto de Pinotepa de Don Luis como de Valdeflores resultaron ser menores a lo reportado para *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, *Caesalpinia eriostachys* Benth, *Caesalpinia velutina* (Britton y Rose) Stand, *Crescentia alata* Kunth, *Gliricidia sepium*, *Haematoxylon brasiletto* Karts, *Myrospermum frutescens*

Jacq., *Phithecellobium dulce* (Roxb.) Benth (Foroughbakhch et al., 2006), *Acacia auriculiformis* (Abd et al., 1993) *Gmelina arborea* (Balcorta y Vargas, 2004), *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004), *Cecropia peltata* L., *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel) Exell., *Lonchocarpum guatemalensis* Benth, *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Psidium guajava*, *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand, *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steud, *Vochysia ferruginea* Mart, *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth, *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nichols, *Tecoma stands* (L.) Juss. ex H. B. K., *Astronium graveolens* Jacq., *Pithecolobium arboreum* (Linn) Urban, *Dalbergia retusa* Hemsl, *Albizia longipedata* (Britton & Rose), *Spondias purpurea* (Leopold et al., 2001), *Eucalyptus dunnii* (Schenone et al., 2002), *E. deglupta* Blume, *E. grandis* W. Hill ex Maid (Mesén et al., 2007), *Azadirachta indica* A. Juss (Himmapan et al., 2008), *Eucalyptus grandis* (Hunde et al., 2002), *E. pellita* F. Muell, *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss, *Chukrasia tabularis* A. H. L. Juss, *Tectona grandis* L. f., *Swietenia humilis*, *Terminalia belerica* Roxb, *Swietenia macrophylla* (Reilly et al., 2006), *Acacia decurrens* (Arredondo et al., 1998), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Gliricidia sepium*, *Hymenaea courbaril*, *Albizia lebebeck* (L.) Willd (Febles y Ruiz, 2008) y *Cedrela odorata* (Schenone et al., 2002; Sánchez et al., 2003; Reilly et al., 2006). Sin embargo, Lozada et al. (2003) reportan crecimientos anuales en altura de *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* mayores y menores al crecimiento anual en altura de parota obtenidos en Valdeflores y Pinotepa de Don Luis, respectivamente.

A un año y medio de la evaluación los resultados obtenidos en altura tanto para Pinotepa de Don Luis como Valdeflores fueron menores a los reportados por Jiménez (2011) con la misma especie en dos sitios (El Ocotillo 107 cm y Suchitlán 92 cm).

Awang et al. (1994) realizaron una evaluación a un año y medio con *Acacia auriculiformis* plantada en China, Thailand, Malaysia e Indonesia, en donde encontraron mayores incrementos en altura que lo encontrado para parota en ambas localidades.

Los diámetros de copa de parota obtenidos a un año de evaluación en ambas localidades fueron mayores a lo reportado para *Acacia aneura*, *A. caven*, *A. minuta*, *A. atramentaria*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus suber*, *Gleditsia triacanthos* (Arredondo et al., 1998) y *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004). En cambio, los crecimientos anuales en diámetro de copa reportados en *Chamaecytisus proliferus* (Arredondo et al., 1998) y *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004) fueron menores y mayores a lo obtenido para

parota en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, respectivamente. Tanto para Pinotepa de Don Luis como Valdeflores, los diámetros de copa de parota a un año de la plantación fueron menores a lo reportado para *Gmelina arborea* (Balcorta y Vargas, 2004) y *Acacia decurrens* (Arredondo *et al.*, 1998).

A un año de evaluación la supervivencia obtenida en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores fueron inferiores a lo encontrado por Foroughbakhch *et al.* (2006) para la misma especie (73%) en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Nuevo León. Jiménez (2011) reporta 92% de supervivencia de parota a la edad de siete años y Leopold *et al.* (2001) reportan 88% de supervivencia de *E. cyclocarpum* evaluado a cinco años de edad; estos porcentajes de supervivencia fueron altos comparados a lo obtenido en el presente trabajo. Por otra parte, Jiménez (2011) evaluó la supervivencia de parota en dos sitios en el estado de Colima encontrando que a 1.5 años de edad la supervivencia fue de 82% (El Ocotillo) y 85% (Suchitlán), estos porcentajes también fueron mayores a lo encontrado a 1.5 años en Pinotepa de Don Luis (63.8%) y Valdeflores (54.2%).

Foroughbakhch *et al.* (2006) en un ensayo realizado en la Universidad de Nuevo León, evaluando a un año reportan que *Albizia caribaea* tuvo menor supervivencia (58%) que a lo obtenido para parota en ambas localidades; sin embargo, estos mismos autores reportan mayores supervivencias (71 a 99%) de *Albizia guachapele*, *Caesalpinia eriostachys*, *C. velutina*, *Crescentia alata*, *Gliricidia sepium*, *Haematoxylon brasiletto*, *Myrospermum frutescens* y *Pithecellobium dulce*.

Leopold *et al.* (2001) encontraron que *Schizolobium parahybum*, *Vochysia ferruginea*, *Brosimum utile* (H. B. K.) Pittier y *Terminalia amazonia* evaluadas a cinco años de edad tuvieron 100% de supervivencia, mientras que para *Albizia longepedata*, *Platymiscium pinnatum* y *Pithecolobium arboreum* reportan supervivencia de 93 a 98%. Estos porcentajes de supervivencia fueron superiores a lo encontrado en parota en ambas localidades; en la evaluación realizada por estos autores sólo *Cedrela odorata* tuvo baja supervivencia (40%).

En la primera evaluación, la supervivencia obtenida en Pinotepa de Don Luis (87.9%) fue menor que lo obtenido en Valdeflores (99.6%), lo cual no es lógico, si se consideran las mejores condiciones climáticas y edafológicas de Pinotepa de Don Luis; sin embargo, en la evaluación realizada a uno y 1.5 años, en Pinotepa de Don Luis hubo

mayor supervivencia que en Valdeflores (Cuadro 7), coincidiendo con las características de los sitios. La menor supervivencia obtenida en Pinotepa de Don Luis a seis meses comparada con Valdeflores se debió a que en Pinotepa de Don Luis, la mayor mortalidad fue ocasionada por tuzas (*Geomyidae*); éstas se alimentan de la raíz principal de las plantas de parota, ocasionándoles la muerte.

Viveros-Viveros *et al.* (2005, y 2006) reportan daños por roedores y heladas en un ensayo de procedencias con *Pinus pseudostrobus*, y también mencionan que la presencia de los roedores se debió a que anteriormente el sitio donde se estableció el ensayo se destinó al uso agrícola; en este caso el sitio Pinotepa de Don Luis también tuvo uso agrícola.

En las tres evaluaciones, en Pinotepa de Don Luis la mortalidad de plantas se debe a la sequía y a las tuzas (Figura 4A); en cambio, en Valdeflores durante el periodo de evaluación (1.5 años) la mortalidad sólo se debió a la sequía y a las condiciones del sitio (Figura 4B). En Pinotepa de Don Luis, en la evaluación a seis meses, del 12% de mortalidad total, 10% se debió a las tuzas; en la evaluación a un año del 30% de mortalidad total, 25% se debió a las tuzas, y en la evaluación a 1.5 años del 36% de mortalidad acumulada, 30% es debido a las tuzas.

En Valdeflores la disminución del número de plantas se le atribuye a la sequía y a la inundación, ya que además de la menor precipitación, los suelos son más arenosos, lo que no permite la retención de humedad en época de sequía (Cuadro 9); además, se observó que en algunos lugares del sitio el suelo es muy arcilloso, lo que ocasiona inundación y en consecuencia la pudrición de raíces en los periodos de mayor precipitación.

No sólo la parota es afectada por el tipo de suelo, ya que Mas (2003) encontró que el tipo de suelo afectó a la supervivencia de *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana* Martínez, *P. montezumae* Lamb., *P. ayacahuite* var. *branchyptera* Shaw, *P. lawsonii* Roehl ex Gordon, *P. oocarpa* Schiede & Schltdl y *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl; este autor menciona que en la localidad donde los suelos fueron andosoles con textura franco-arenosa, hubo mayor contenido de humedad y de materia orgánica; en cambio, en la localidad donde los suelos fueron luvisoles y acrisoles, hubo tendencia de mayor pérdida de humedad.

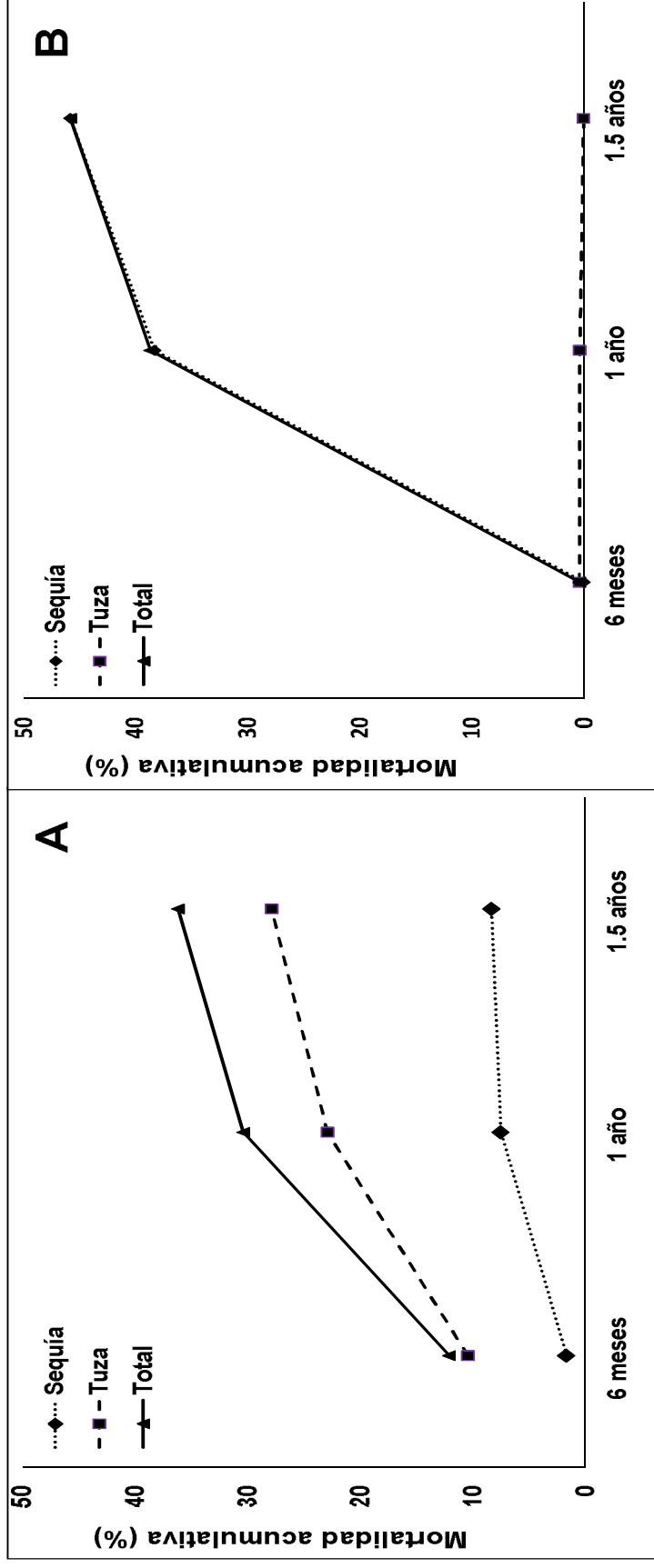


Figura 4. Mortalidad acumulada (total, ocasionada por tuza y sequía) en tres evaluaciones (seis meses, un año y 1.5 años) del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en dos localidades (A= Pinotepa de Don Luis y B= Valdeflores) de la región Costa de Oaxaca.

En Valdeflores el número de bifurcaciones fue menor, comparado con la localidad Pinotepa de Don Luis, en donde durante las tres evaluaciones el aumento fue continuo, esto debido a que en Pinotepa de Don Luis por ser un sitio más húmedo hubo mayor presencia del hongo del género *Oidium*; en cambio, en Valdeflores por ser menos húmedo la incidencia de hongo fue menor. La presencia del *Oidium* ocasiona bifurcaciones tempranas en plantas de parota (Robles, 2010). En un estudio realizado por Vallejos *et al.* (2010) en Costa Rica, reportan que las especies tropicales son susceptibles a presentar mayor número de bifurcaciones a corta edad, estos efectos son ocasionados por el viento, plagas y la deficiencia de nutrientes del suelo como lo reportan para *Eucalyptus* spp. Sin embargo, no solamente los efectos del viento o las plagas ocasionan bifurcaciones, sino también influye la calidad genética de la semilla (Torres, 2007). Por otra parte, en la localidad Valdeflores hubo una disminución del número promedio de bifurcaciones encontrados en la segunda evaluación (3.1) a lo cuantificado en la tercera evaluación (2.9) (Cuadro 7); esto se debió al efecto de la sequía, la cual provocó la muerte de algunos tallos durante el periodo de estiaje.

6.2. Interacción genotipo x ambiente

A seis meses de establecido el ensayo, el análisis de varianza mostró que existe interacción genotipo x ambiente para todas las variables evaluadas ($p < 0.03$), excepto para bifurcaciones ($p = 0.4328$) y supervivencia ($p = 0.8238$). Las procedencias no tuvieron el mismo comportamiento en ambas localidades; para el incremento en altura, Pinotepa de Don Luis, Pochutla, El Zarzal, Tataltepec y San Pedro tuvieron mayor crecimiento en la localidad Pinotepa de Don Luis y menor crecimiento en la localidad Valdeflores; en cambio, para esta misma variable, las procedencias Cortijo, La Tuza, San Francisco, Los Limones y Colotepec, tuvieron menores crecimientos en Pinotepa de Don Luis y mayores crecimientos en Valdeflores (Figura 5A); lo que da lugar a la interacción genotipo x ambiente. La interacción genotipo x ambiente se muestra más evidente en esta variable si se toma en cuenta que en la localidad Pinotepa de Don Luis las procedencias Pinotepa de Don Luis y Pochutla, ocupan la primera y segunda posición, respectivamente; en cambio, en Valdeflores estas procedencias ocupan la décima y octava posición, respectivamente; una situación distinta muestran las procedencias Colotepec y San Francisco, quienes en Pinotepa de Don Luis ocupan la

quinta y décima posición respectivamente; mientras que, en Valdeflores ocupan el primero y segundo lugar, respectivamente. Asimismo, para la variable incremento en diámetro basal, todas las procedencias tuvieron mayores crecimientos en Pinotepa de Don Luis que en Valdeflores; sin embargo, las procedencias Los Limones, San Francisco, Colotepec y Cortijo, que en Pinotepa de Don Luis ocupan la cuarta, sexta, octava y novena posición, respectivamente, en Valdeflores ocupan la octava, cuarta, primera y segunda posición, respectivamente (Figura 5B); esto indica que no todas las procedencias tienen el mismo comportamiento en ambas localidades.

Todas las procedencias tuvieron mayor diámetro de copa en Pinotepa de Don Luis que en Valdeflores. Las procedencias Pinotepa de Don Luis, San Francisco, El Zarzal, Tataltepec, San Pedro y Cortijo, que en Pinotepa de Don Luis ocupan la primera, segunda, tercera, sexta, séptima y décima posición, respectivamente, en Valdeflores ocuparon la cuarta, sexta, quinta, novena, décima y segunda posición, respectivamente (Figura 6A).

Todas las procedencias tuvieron mayor número de unidades de crecimiento en Pinotepa de Don Luis, que en la localidad Valdeflores. En Pinotepa de Don Luis las procedencias Pochutla, Pinotepa de Don Luis, San Francisco, Cortijo y Los Limones ocuparon el primer, segundo, sexto, décimo y noveno lugar, respectivamente; en cambio, en Valdeflores ocupan la séptima, octava, primera, tercera y cuarta posición, respectivamente (Figura 6B).

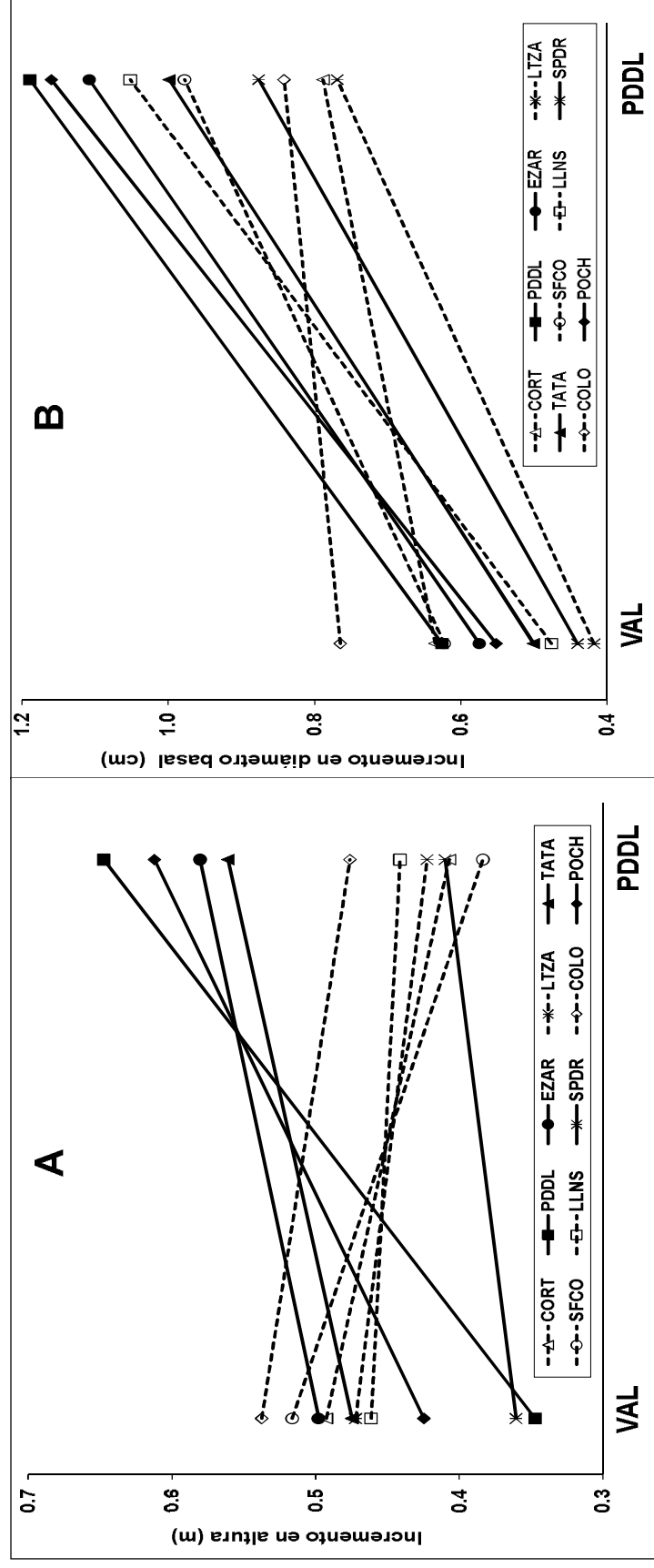
A un año de establecido el ensayo, el análisis de varianza mostró que sí existe interacción genotipo x ambiente para las variables incremento en diámetro basal, bifurcaciones y supervivencia con $p < 0.04$, así como para incremento en altura $p < 0.056$. La interacción genotipo x ambiente no fue significativa para la variable diámetro de copa ($p = 0.2097$) y unidades de crecimiento ($p = 0.1135$). Las procedencias no tuvieron el mismo comportamiento en ambas localidades. Respecto al incremento en diámetro basal; en general en la localidad Pinotepa de Don Luis las procedencias muestran mayor crecimiento, que en la localidad Valdeflores. Las procedencias locales o cercanas al sitio de plantación fueron las que mejor representan estos incrementos tanto para las variables incremento en altura y diámetro basal. En Pinotepa de Don Luis las procedencias El Zarzal, San Francisco, San Pedro, Cortijo y Colotepec ocupan el segundo, cuarto, sexto, octavo y noveno lugar, respectivamente; mientras que en

Valdeflores ocupan la quinta, séptima, décima, tercera y primera posición, respectivamente (Figura 7A). Por tanto, los resultados muestran que existe la influencia del ambiente sobre las procedencias para el incremento en diámetro basal.

La interacción genotipo x ambiente para el incremento en altura fue significativa con $p=0.0552$; algunas procedencias cambian de posición en cada localidad de plantación (Figura 7B); en Pinotepa de Don Luis las procedencias Pinotepa de Don Luis, Pochutla, Tataltepec y San Pedro ocupan el primero, segundo, cuarto y sexto lugar, respectivamente; en cambio, en Valdeflores, la procedencia Pinotepa de Don Luis ocupa el noveno lugar, Pochutla el sexto, Tataltepec el octavo, y San Pedro el décimo. Asimismo, en Pinotepa de Don Luis las procedencias Colotepec, San Francisco, Cortijo y La Tuza ocupan la séptima, octava, novena y décima posición, respectivamente; en cambio, en Valdeflores ocupan el primero, cuarto, segundo y séptimo lugar, respectivamente (Figura 7B).

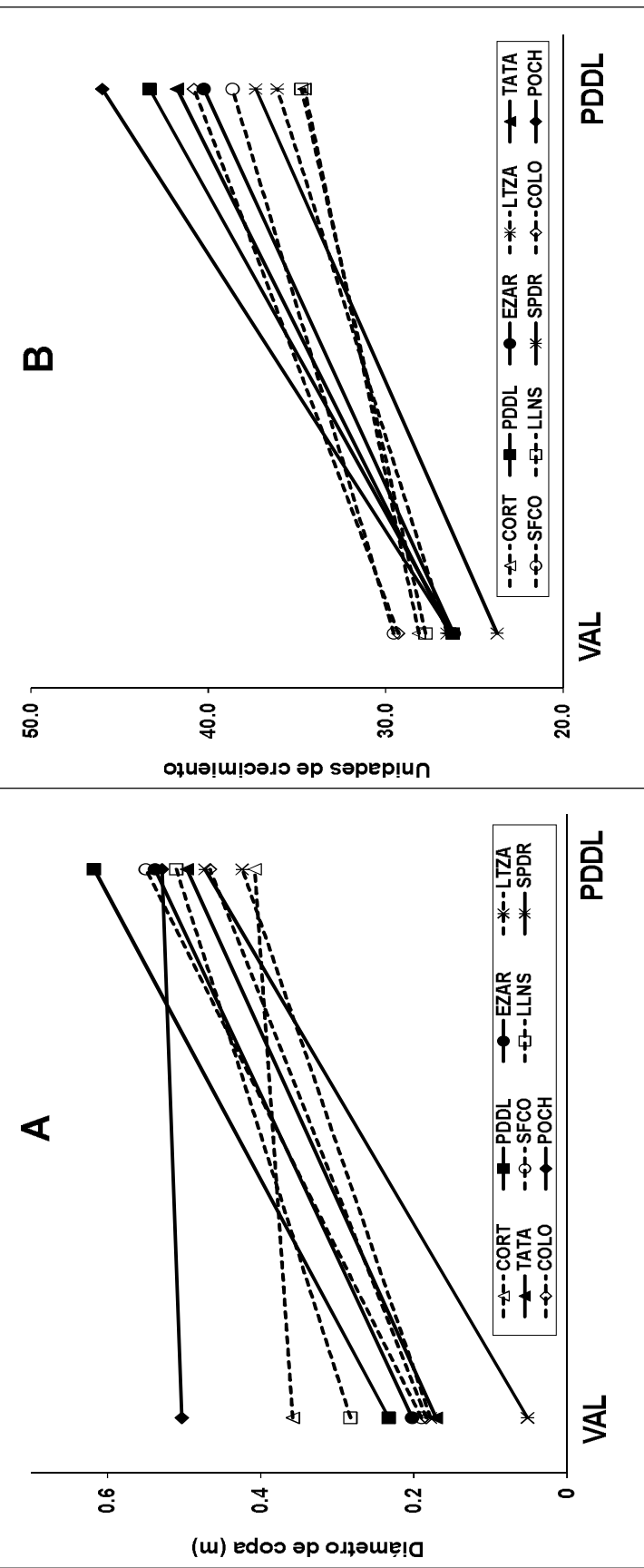
El ambiente está influenciando al desarrollo de las plantas para ambos sitios. La procedencia La Tuza tuvo el menor incremento de altura en la localidad Pinotepa de Don Luis; en cambio, al plantarse en la localidad Valdeflores mejora su incremento ocupando el séptimo lugar. Asimismo, la procedencia Cortijo en Pinotepa de Don Luis ocupa el noveno lugar, al plantarse en Valdeflores tiende a ser favorecida, ocupando la segunda posición.

En lo que respecta a las bifurcaciones, en Pinotepa de Don Luis, la procedencia Pinotepa de Don Luis (procedencia local) ocupó la octava posición; mientras que en Valdeflores ocupó el primer lugar; asimismo, la procedencia Colotepec que es la más próxima a Valdeflores, ocupó la tercer posición en esta localidad, mientras que en Pinotepa de Don Luis ocupó el último lugar. En Pinotepa de Don Luis las procedencias más bifurcadas fueron El Zarzal, Los Limones, Pochutla y La Tuza ocupando la primera, segunda, tercera y quinta posición, respectivamente; en cambio, en Valdeflores estas procedencias ocupan la séptima, décima, sexta y octava posición, respectivamente. Por otra parte, las procedencias más bifurcadas en Valdeflores fueron Pinotepa de Don Luis, Cortijo y Colotepec; en cambio, en Pinotepa de Don Luis ocupan la octava, sexta y décima posición, respectivamente (Figura 8A).



PROCEDENCIAS: CORT= Cortijo, PDDL= Pinotepa de Don Luis, EZAR= El Zarzal, LTZA= La Tuza, TATA= Tataltepec, SFCO= San Francisco, LLNS= Los Limones, SPDR= San Pedro, COLO= Colotepec y POCH= Pochutla. LOCALIDADES: PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores.

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 *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

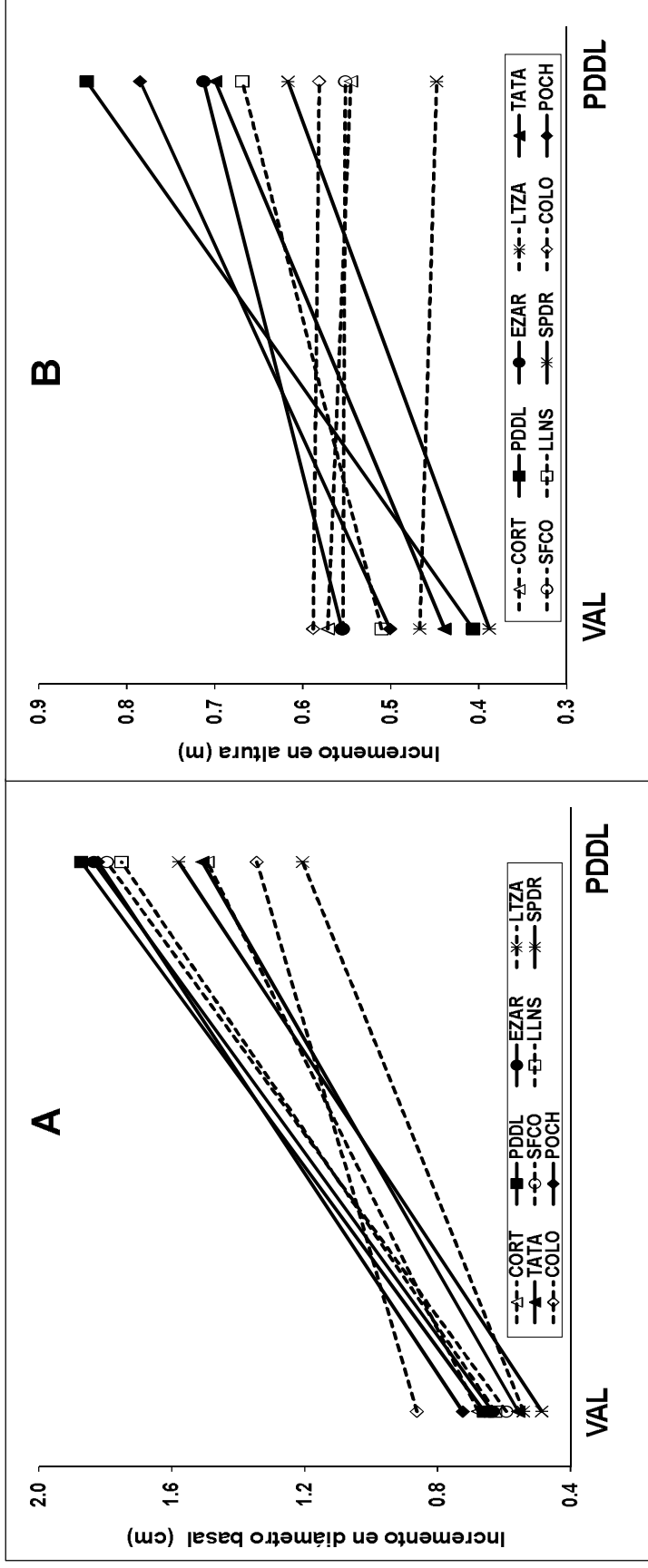


PROCEDENCIAS: CORT= Cortijo, PDDL= Pinotepa de Don Luis, EZAR= El Zarzal, LTZA= La Tuza, TATA= Tataltepec, SFCO= San Francisco, LLNS= Los Limones, SPDR= San Pedro, COLO= Colotepec y POCH= Pochutla. LOCALIDADES: PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores.

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 *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

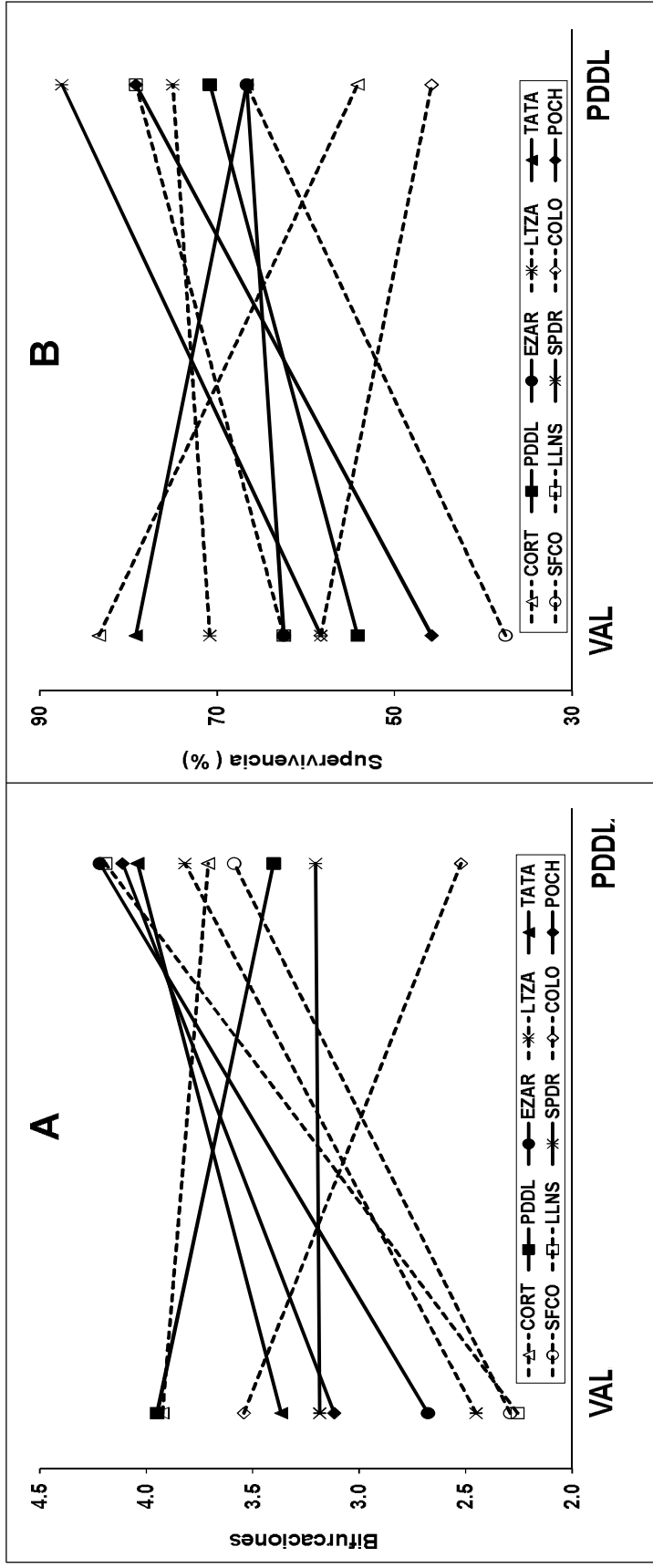
Para el caso de la supervivencia, en Pinotepa de Don Luis la procedencia San Pedro, tuvo mayor supervivencia, seguida por la procedencia Los Limones, Pochutla y La Tuza, ocupando la segunda, tercera y cuarta posición, respectivamente; en cambio, estas mismas procedencias en Valdeflores ocupan la sexta, cuarta, novena y tercera posición, respectivamente. Asimismo, las procedencias Tataltepec, Cortijo y Colotepec ocuparon la sexta, penúltima y última posición, respectivamente; en cambio, en Valdeflores, éstas ocupan el segundo, primer y sexto lugar, respectivamente (Figura 8B). Cabe aclarar que para ambas localidades las procedencias locales no tuvieron la mejor supervivencia evidenciando que la interacción genotipo x ambiente favorece a las procedencias no locales en cada sitio de plantación.

A un año y medio de la plantación el análisis de varianza mostró efecto significativo de la interacción genotipo x ambiente sólo para las variables incremento en altura y supervivencia ($p < 0.021$); en cambio, la interacción no fue significativa para el incremento en diámetro basal ($p = 0.1830$), diámetro de copa ($p = 0.1735$) y bifurcaciones ($p = 0.1585$). Las procedencias no tuvieron el mismo comportamiento en ambas localidades; para el incremento en altura, las procedencias Pinotepa de Don Luis, Tataltepec y Pochutla tuvieron los mayores incrementos en altura en la localidad Pinotepa de Don Luis, ocupando el primer, segundo y tercer lugar, respectivamente; en cambio, en la localidad Valdeflores, estas procedencias tuvieron los menores incrementos ocupando la octava, décima y quinta posición, respectivamente. Asimismo, La Tuza, Cortijo y Colotepec, que tuvieron los menores incrementos en altura en Pinotepa de Don Luis ocupan la décima, novena y séptima posición, respectivamente, en Valdeflores ocupan el sexto, cuarto y segundo lugar, respectivamente. El Zarzal, San Francisco y Colotepec, en este orden ocuparon los tres primeros lugares en Valdeflores; sin embargo, en Pinotepa de Don Luis ocuparon la cuarta, octava y séptima posición (Figura 9A).



PROCEDENCIAS: CORT= Cortijo, PDDL= Pinotepa de Don Luis, EZAR= El Zarzal, LTZA= La Tuza, TATA= Tataltepec, SFCO= San Francisco, LLNS= Los Limones, SPDR= San Pedro, COLO= Colotepec y POCH= Pochutla. LOCALIDADES: PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores.

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 *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.



PROCEDENCIAS: CORT= Cortijo, PDDL= Pinotepa de Don Luis, EZAR= El Zarzal, LTZA= La Tuza, TATA= Tataltepec, SFCO= San Francisco, LLNS= Los Limones, SPDR= San Pedro, COLO= Colotepec y POCH= Pochutla. LOCALIDADES: PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores.

Figura 8. Interacción genotipo x ambiente para la variable bifurcación (A) y supervivencia (B) a un año de edad de 10 procedencias de *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

Aunque la interacción genotipo x ambiente no fue significativa para el incremento en diámetro basal ($p=0.1830$) todas las procedencias tuvieron mayores incrementos en la localidad Pinotepa de Don Luis que en la localidad Valdeflores; sin embargo, las procedencias Pochutla, Los limones, El Zarzal, San Pedro y Colotepec, en Pinotepa de Don Luis ocupan la tercera, cuarta, quinta, séptima y sexta posición, respectivamente, mientras que en Valdeflores ocupan la quinta, séptima, novena, tercera y primera posición, respectivamente.

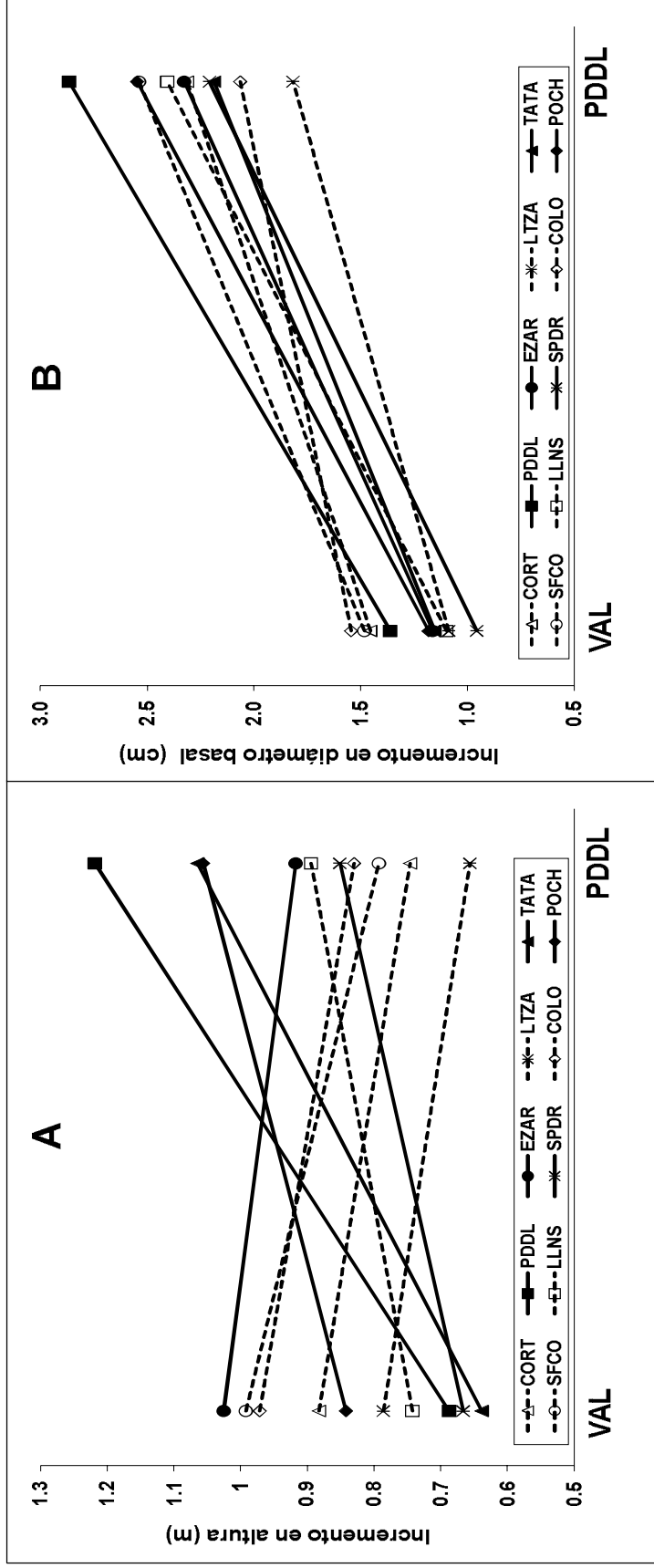
En cuanto a la supervivencia a un año y medio de la evaluación, en Pinotepa de Don Luis las procedencias San Pedro, Pochutla, Los Limones y Pinotepa de Don Luis tuvieron mayor supervivencia, ocupando la primera, segunda, tercera y cuarta posición, respectivamente; en cambio, en Valdeflores estas procedencias ocupan la tercera, novena, octava y séptima posición, respectivamente. Asimismo, la procedencia San Francisco ocupa el sexto lugar en Pinotepa de Don Luis, mientras que en Valdeflores ocupa la última posición. En Valdeflores, las procedencias Cortijo y Tataltepec, tuvieron la mayor supervivencia; en cambio, en Pinotepa de Don Luis ocuparon la séptima y novena posición, respectivamente (Figura 9B). Se puede observar que no siempre las procedencias locales son las que tienen mayor supervivencia, evidenciando la interacción genotipo x ambiente.

La interacción genotipo x ambiente respecto al diámetro basal también se ha reportado en *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004), *Pinus greggii* var. *greggii*, *P. greggii* var. *australis* Domahue & López (Valencia et al., 2006), *P. pseudostrobus*., *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* Mart. (Viveros-Viveros et al., 2006), *P. elliotii* Engelm var. *elliotii* (Psawarayi et al., 1997) y *Azadirachta indica* (Kundu et al., 1998). Asimismo, se ha encontrado la interacción genotipo x ambiente para la variable altura en *Pinus greggii* var. *greggii*, *P. greggii* var. *australis* (Valencia et al., 2006), *P. greggii* (López-Upton et al., 2004), *P. caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G (Rodríguez y López, 2002; Gapare y Musokonyi, 2002), *P. elliotii* (Psawarayi et al., 1997), *P. densiflora* (In-Sik et al., 2008), *P. pinaster* Ait. (Harfouche, 2000), *P. oocarpa* (Murillo, 2001), *P. pseudostrobus*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* (Viveros-Viveros et al., 2006), *E. tereticornis* Sm. (Ginwall et al., 2004), *E. grandis* (Floyd et al., 2003), *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004) y *Azadirachta indica* (Kundu et al., 1998). En cambio para la variable supervivencia se ha reportado interacción genotipo x ambiente en *Pinus greggii*

(López-Upton *et al.*, 2004), *P. pseudostrobus*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* (Viveros-Viveros *et al.*, 2006) y *Azadirachta indica* (Kundu *et al.*, 1998). En cuanto a las especies que presentan interacción genotipo x ambiente respecto a la variable diámetro de copa se encuentran *Acacia saligna* (Mora y Meneses, 2004), *P. pseudostrobus* y *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* (Viveros-Viveros *et al.*, 2006).

Aastveit y Aastveit (1993) mencionan que la interacción genotipo x ambiente es de gran importancia ya que en ocasiones este efecto suele ser positivo como negativo en cuanto a los incrementos y establecimientos, pero también menciona que si una especie tiene diferentes genes, esto puede favorecer a la adaptación en ambientes diferentes. Kundu *et al.* (1998) consideran que la temperatura, precipitación, el tipo de suelo, la latitud y la altitud son los factores principales que interactúan con los genotipos.

Las variables evaluadas en este trabajo, presentaron significancia en la interacción genotipo x ambiente ($p < 0.098$) en las tres evaluaciones; en la primera y segunda evaluación cuatro variables presentaron interacción significativa; mientras que en la tercera evaluación sólo dos variables presentaron significancia en la interacción genotipo x ambiente. Por otra parte, algunas variables que en la primera evaluación presentaron significancia pero en la tercera ya no la presentaron, mientras que otras presentaron una situación contraria; sólo el incremento en altura presentó significancia en las tres evaluaciones. Esto indica que para parota, la interacción genotipo x ambiente influye de manera distinta a diferente edad; una situación similar es reportado por Harfouche (2000) para *P. pinaster* Ait. en la cual encontró interacción genotipo x ambiente para la altura a ocho años de edad; en cambio, a 13 años ya no hubo interacción genotipo x ambiente.



PROCEDENCIAS: CORT= Cortijo, PDDL= Pinotepa de Don Luis, EZAR= El Zarzal, LTZA= La Tuza, TATA= Tataltepec, SFCO= San Francisco, LLNS= Los Limones, SPDR= San Pedro, COLO= Colotepec y POCH= Pochutla. LOCALIDADES: PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores.

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 *E. cyclocarpum* establecidas en dos localidades de la región Costa de Oaxaca.

6.3. Diferencias entre procedencias

6.3.1. *Pinotepa de Don Luis*

A seis meses de establecida la plantación el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre procedencias ($p < 0.05$), excepto para la supervivencia.

La procedencia Pinotepa de Don Luis presentó los mayores valores de incremento en diámetro basal (11.9 mm), incremento en altura (64.7 cm) y diámetro de copa (61.8 cm). La procedencia Pochutla presentó el mayor número de unidades de crecimiento (45.9), misma que fue estadísticamente igual a las procedencias Pinotepa de Don Luis, Tataltepec, Colotepec y El Zarzal (Cuadro 10). Las procedencias El Zarzal y Pochutla fueron estadísticamente iguales a la procedencia Pinotepa de Don Luis para las variables incremento en diámetro basal, incremento en altura y diámetro de copa; en cambio, las procedencias San Francisco y Los Limones fueron iguales a Pinotepa de Don Luis en las variables incremento en diámetro basal y diámetro de copa; asimismo, la procedencia Tataltepec fue igual a Pinotepa de Don Luis en cuanto a las variables incremento en diámetro basal e incremento en altura. La procedencia Los Limones fue la que tuvo mayor número de bifurcaciones, seguida de La Tuza y Pinotepa de Don Luis. Los menores valores de incremento en diámetro basal, incremento en altura y bifurcaciones lo presentaron las procedencias La Tuza, San Francisco y Colotepec, respectivamente; asimismo, Cortijo presentó los menores valores para diámetro de copa y unidades de crecimiento; estas procedencias que presentaron los menores valores para la variable correspondiente, fueron estadísticamente iguales a la mitad de las procedencias probadas (Cuadro 10).

A un año de establecida la plantación, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre procedencias para todas las variables ($p < 0.05$) (Cuadro 10).

La procedencia Pinotepa de Don Luis tuvo el mayor incremento en diámetro basal (18.7 mm), incremento en altura (84.6 cm) y diámetro de copa (69.5 cm); mientras que el menor incremento en diámetro basal e incremento en altura lo presentó la procedencia La Tuza (12.1 mm y 44.8 cm, respectivamente); asimismo, Colotepec tuvo el menor diámetro de copa (49.1 cm) (Cuadro 10). Las procedencias que tuvieron incrementos intermedios en diámetro basal fueron Cortijo (14.9 mm), Tataltepec (15.1 mm) y San Pedro (15.7 mm); en cambio, las procedencias que tuvieron valores intermedios de

incremento en altura fueron El Zarzal (71.3 cm), Tataltepec (69.9 cm), Los Limones (66.9 cm), San Pedro (61.7 cm) y Colotepec (58.1 cm). La procedencia Pochutla tuvo el segundo mejor incremento en altura (78.5 cm), fue diferente a la procedencia Cortijo, La Tuza y San Francisco, pero estadísticamente igual a las demás. El diámetro de copa varió de 49.1 cm para la procedencia Colotepec a 69.5 cm para la procedencia Pinotepa de Don Luis; la procedencia Colotepec fue estadísticamente igual a todas las procedencias, excepto a Pinotepa de Don Luis (Cuadro 10). En cuanto a las unidades de crecimiento, la procedencia Pochutla presentó el mayor valor (63.6) y fue estadísticamente igual a Pinotepa de Don Luis, El Zarzal y Tataltepec; La Tuza presentó menos unidades de crecimiento (47.1), mientras que las otras procedencias tuvieron valores intermedios (Cuadro 10). Las procedencias El Zarzal y Los Limones presentaron más bifurcaciones (4.2); en cambio, la procedencia Colotepec tuvo menos bifurcaciones (2.6) (Cuadro 10). En cuanto a la supervivencia, la procedencia San Pedro (87.5%) tuvo mayor supervivencia; mientras que Colotepec tuvo menor supervivencia (45.8%), pero ésta última fue estadísticamente igual a todas, excepto a La Tuza, Los Limones, San Pedro y Pochutla (Cuadro 10).

A un año y medio de la plantación el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre procedencias para todas las variables ($p < 0.05$).

La procedencia Pinotepa de Don Luis fue la que presentó los valores más altos de incremento en diámetro basal (28.7 mm), incremento en altura (121.8 cm) y diámetro de copa (107.3 cm); en cambio, la procedencia La Tuza presentó los menores valores para las mismas variables (18.2 mm, 65.6 cm y 73.6 cm, respectivamente) (Cuadro 10). En cuanto al incremento en diámetro basal las procedencias con crecimientos intermedios fueron Cortijo (23.1 mm), El Zarzal (23.3 mm) y Los Limones (24.1 mm); la procedencia Pinotepa de Don Luis que tuvo el valor más alto, fue estadísticamente igual a todas excepto a Tataltepec, San Pedro, Colotepec y La Tuza; asimismo, La Tuza que presentó el menor valor fue estadísticamente igual a todas excepto a Pinotepa de Don Luis, San Francisco y Pochutla (Cuadro 10). Respecto al incremento en altura, la procedencia Pinotepa de Don Luis que tuvo el mayor incremento, sólo fue estadísticamente igual a Tataltepec y Pochutla; en cambio, la procedencia Cortijo que presentó el valor más bajo fue igual a todas, excepto a las que fueron iguales a Pinotepa de Don Luis (Cuadro 10). Para el caso de la variable diámetro de copa, las

procedencias que tuvieron valores intermedios fueron Cortijo, Tataltepec, San Francisco y Los Limones, ya que éstas fueron iguales tanto de la procedencia Pinotepa de Don Luis y La Tuza, que fueron la mejor y la peor procedencia, respectivamente; la procedencia Pochutla también fue estadísticamente igual a la procedencia Pinotepa de Don Luis, por lo que ambas se consideran las mejores procedencias para esta variable; en cambio, las procedencias La Tuza (73.6 cm), San Pedro (79.3 cm) y Colotepec (74.3 cm) se consideran las peores (Cuadro 10). La procedencia Tataltepec que presentó más bifurcaciones (5.6), fue estadísticamente igual a todas, excepto a la procedencia Colotepec, que presentó el valor más bajo (3.2); asimismo, Colotepec fue estadísticamente igual a San Pedro, La Tuza, San Francisco, Pinotepa de Don Luis y Cortijo (Cuadro 10). Para el caso de la supervivencia la procedencia San Pedro presentó el mayor porcentaje (83.3%), pero fue estadísticamente igual a todas excepto a Cortijo, La Tuza y Colotepec; la procedencia con menor supervivencia fue Colotepec (45.8%), misma que fue estadísticamente igual a todas excepto a Los Limones, San Pedro y Pochutla; asimismo, las procedencias que tuvieron comportamiento intermedio fueron Pinotepa de Don Luis (70.8%), El Zarzal (62.5%), Tataltepec (58.3%) y San Francisco (58.3%) (Cuadro 10).

Considerando todas las evaluaciones, la procedencia Pinotepa de Don Luis fue la mejor para las variables incremento en altura, incremento en diámetro basal y diámetro de copa; lo cual confirma que al menos para estas variables la procedencia local es la mejor. En cuanto al incremento en diámetro basal, las procedencias Colotepec y La Tuza fueron de las que reportaron menores valores durante las tres evaluaciones; asimismo, La Tuza, San Francisco y Cortijo son de las procedencias que presentaron los menores incrementos de altura en las tres evaluaciones.

En cuanto al incremento en altura Colotepec y La Tuza en la primera evaluación (seis meses) ocupan la quinta y séptima posición, respectivamente, pero en la segunda (un año) y tercera (1.5 años) evaluación, ocupan el séptimo y décimo lugar, respectivamente; lo cual indica que a mayor edad éstas procedencias tienen menores incrementos. En cuanto al diámetro de copa, la procedencia Cortijo ocupa la décima posición en la primera y segunda evaluación, sin embargo, esta procedencia mejoró en la última evaluación ocupando la cuarta posición; en cambio, La Tuza fue siempre de las últimas, ocupando la novena, octava y última posición durante las evaluaciones.

Cuadro 10. Comparación de medias de seis variables en tres evaluaciones (6 meses, un año y 1.5 años) del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.

Procedencia	Incremento en diámetro basal (mm)			Incremento en altura (cm)			Diámetro de copa (cm)		
	6 meses	Un año [‡]	1.5 años [‡]	6 meses	Un año [‡]	1.5 años [‡]	6 meses	Un año	1.5 años
Cortijo	7.9 d [‡]	14.9 abc	23.1 abc	40.8 e	54.5 cd	74.6 c	40.8 d	48.6 b	92.2 abc
P.D. Luis*	11.9 a	18.7 a	28.7 a	64.7 a	84.6 a	121.8 a	61.8 a	69.5 a	107.3 a
El Zarzal	11.1 ab	18.3 a	23.3 abc	58.0 abc	71.3 abc	91.7 bc	53.8 ab	63.2 ab	85.4 bc
La Tuza	7.7 d	12.1 c	18.2 c	42.3 de	44.8 d	65.6 c	42.4 cd	49.8 b	73.6 c
Tataltepec	10.0 abcd	15.1 abc	21.9 bc	56.0 abcd	69.9 abc	106.5 ab	49.6 bcd	55.7 ab	85.9 abc
San Francisco	9.7 abcd	17.9 a	25.4 ab	38.2 e	55.2 cd	79.3 bc	55.0 ab	61.0 ab	93.5 abc
Los Limones	10.5 abc	17.5 ab	24.1 abc	44.0 cde	66.9 abc	89.4 bc	51.0 abcd	63.1 ab	89.5 abc
San Pedro	8.7 bcd	15.7 abc	22.1 bc	41.0 e	61.7 bcd	85.1 bc	47.2 bcd	54.2 b	79.3 c
Colotepec	8.4 cd	13.3 bc	20.6 bc	47.8 bcde	58.1 bcd	83.0 bc	46.6 bcd	49.1 b	74.3 c
Pochutla	11.6 a	18.2 a	25.5 ab	61.2 ab	78.5 ab	105.6 ab	52.9 abc	60.2 ab	100.4 ab
	Bifurcaciones			Supervivencia (%)			Unidades de crecimiento		
	6 meses	Un año	1.5 años	6 meses	Un año	1.5 años	6 meses	Un año	
Cortijo	2.3 bcd	3.8 ab	4.8 ab	87.5 a	54.2 bc	50.0 cd	34.5 d	51.2 bc	
P. de Don Luis	2.8 abc	3.4 ab	4.7 ab	83.3 a	70.8 abc	70.8 abcd	43.4 ab	61.5 a	
El Zarzal	2.5 abcd	4.2 a	5.3 a	91.7 a	66.7 abc	62.5 abcd	40.2 abcd	56.4 ab	
La Tuza	2.9 ab	3.8 a	4.5 ab	91.7 a	75.0 ab	54.2 bcd	36.1 cd	47.1 c	
Tataltepec	2.6 abcd	4.0 a	5.6 a	91.7 a	66.7 abc	58.3 abcd	41.7 abc	55.7 ab	
San Francisco	2.1 cd	3.6 ab	4.5 ab	83.3 a	66.7 abc	58.3 abcd	38.7 bcd	50.4 bc	
Los Limones	3.1 a	4.2 a	5.1 a	95.8 a	79.2 ab	75.0 abc	34.8 d	50.9 bc	
San Pedro	2.3 bcd	3.2 ab	4.5 ab	91.7 a	87.5 a	83.3 a	37.3 bcd	49.4 bc	
Colotepec	1.9 d	2.6 b	3.2 b	79.2 a	45.8 c	45.8 d	40.7 abcd	51.8 bc	
Pochutla	2.5 abcd	4.1 a	5.2 a	83.3 a	79.2 ab	79.2 ab	45.9 a	63.6 a	

*P.D. Luis= Pinotepa de Don Luis, [‡]Valores seguidos por distinta literal en la misma columna muestran diferencia significativa ($p<0.05$),

[‡]Incrementos acumulados a partir de los datos iniciales.

A seis meses de la evaluación la procedencia Los Limones tuvo más bifurcaciones, pero al año y a 1.5 años ocupó la segunda y cuarta posición; en cambio, la procedencia Colotepec tuvo menos bifurcaciones en las tres evaluaciones, lo cual indica que las procedencias que provienen de sitios más bajos tienden a bifurcarse menos.

En la primera evaluación (seis meses) la procedencia Los Limones tuvo la mayor supervivencia, pero al año y 1.5 años esta procedencia ocupó la segunda y tercera posición; en cambio, la de San Pedro ocupó la segunda posición en la primera evaluación, pero en la segunda y tercera evaluación tuvo la supervivencia más alta; sin embargo, la procedencia Colotepec fue la que presentó menor porcentaje de supervivencia en las tres evaluaciones.

Las procedencias Pochutla y Pinotepa de Don Luis presentaron más unidades de crecimiento a seis meses y a un año de la evaluación; en cambio, la de Cortijo a seis meses ocupó el último lugar, pero a un año tuvo la sexta posición. Lo anterior indica que en la localidad Pinotepa de Don Luis, las procedencias de parota tienen tendencias diferentes a través del aumento de la edad de las plantas; asimismo, las tendencias no son las mismas para todas las variables.

6.3.2. Valdeflores

A seis meses de establecida la plantación el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre procedencias para todas las variables ($p < 0.05$).

La procedencia Colotepec presentó los mayores valores de incremento en diámetro basal (7.8 mm) e incremento en altura (53.8 cm); en cambio, las procedencias Pochutla y San Francisco presentaron los mayores valores de diámetro de copa (50.7 cm) y unidades de crecimiento (29.5), respectivamente (Cuadro 11). Los árboles de Colotepec, aunque presentaron el mayor incremento en altura, fue estadísticamente igual a todas las procedencias, excepto a Pinotepa de Don Luis, San Pedro y Pochutla que presentaron los valores más bajos (Cuadro 11); en cambio, para el incremento en diámetro basal sólo las procedencias Cortijo y Pinotepa de Don Luis fueron iguales a la de Colotepec. La procedencia La Tuza presentó el incremento en diámetro basal más bajo (4.2 mm), pero fue estadísticamente igual a las procedencias El Zarzal, Tataltepec, Los Limones, San Pedro y Pochutla. La de San Pedro tuvo menor diámetro de copa (5.0 cm) y menos unidades de crecimiento (23.7), las cuales fueron estadísticamente

iguales a las demás procedencias, excepto a Cortijo y Pochutla para el diámetro de copa y a Cortijo, Los Limones y Colotepec, para la variable unidades de crecimiento. Las bifurcaciones variaron de 1.3 a 1.9, siendo la procedencia Pinotepa de Don Luis la que presentó el mayor valor y fue estadísticamente diferente a Cortijo, La Tuza, San Francisco, Los Limones y Colotepec que presentaron el valor más bajo (1.3) (Cuadro 11). La supervivencia fue de 100% para todas las procedencias, excepto para Pochutla que fue del 95.8%, siendo esta última estadísticamente diferente a las demás.

A un año de establecida la plantación, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre procedencias para todas las variables ($p < 0.05$), excepto la variable incremento en altura (Cuadro 11).

En cuanto a la variable incremento en diámetro basal, las procedencias Colotepec (8.6 mm) y Pochutla (7.3 mm) fueron las mejores; en cambio, la procedencia San Pedro tuvo el menor valor (5.1 mm); sólo las procedencias Pochutla, Cortijo y Pinotepa de Don Luis fueron estadísticamente iguales a Colotepec; mientras que Pochutla fue estadísticamente igual a todas las procedencias (Cuadro 11). Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas para la variable incremento en altura, los valores variaron de 38.7 cm (San Pedro) a 59.0 cm (Colotepec). Para la variable diámetro de copa, la procedencia Colotepec fue la mejor (60.2 cm) misma que fue estadísticamente igual a Pinotepa de Don Luis, San Francisco, El Zarzal y Pochutla; en cambio, la procedencia Tataltepec presentó el menor valor (40.2 cm) siendo estadísticamente igual a las demás, excepto a Colotepec (Cuadro 11). La procedencia San Francisco presentó el mayor número de unidades de crecimiento (37.6); sin embargo, fue estadísticamente igual a todas, excepto a Tataltepec (28.3) y a La Tuza (27.6) que presentaron valores más bajos (Cuadro 11). Para el caso de la variable bifurcación, Pinotepa de Don Luis fue la más bifurcada (4.0), pero fue estadísticamente igual a la mayoría de las procedencias, excepto a La Tuza, San Francisco y Los Limones; Los Limones fue la menos bifurcada (2.2) y fue estadísticamente igual a todas las procedencias, excepto a Pinotepa de Don Luis y Cortijo (Cuadro 11). En cuanto a la supervivencia, la procedencia Cortijo tuvo el mayor porcentaje (83.3%) siendo estadísticamente diferente sólo a Pinotepa de Don Luis, Pochutla y San Francisco; San Francisco que tuvo la menor supervivencia (37.5%) y fue estadísticamente igual a la

mayoría de las procedencias, excepto a Cortijo, Tataltepec y La Tuza, que en ese orden fueron las mejores para esta variable (Cuadro 11).

A un año y medio de la plantación el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre procedencias para todas las variables evaluadas ($p < 0.05$).

La procedencia Colotepec presentó el mayor incremento en diámetro basal y diámetro de copa (15.5 mm y 69.9 cm, respectivamente), El Zarzal el mayor incremento en altura (102.5 cm), Pinotepa de Don Luis el mayor número de bifurcaciones (3.7), mientras que Cortijo y Tataltepec presentaron los mayores e iguales porcentajes de supervivencia (70.8%); en cambio, San Pedro presentó el menor incremento de diámetro basal (9.6 mm) y menor diámetro de copa (45.6 cm), Tataltepec el menor incremento en altura (63.9 cm), Los Limones el menor número de bifurcaciones (2.1) y San Francisco la menor supervivencia (33.3%) (Cuadro 11). Se encontró que las procedencias intermedias en cuanto al incremento en diámetro basal fueron Pinotepa de Don Luis, El Zarzal, Tataltepec, Los Limones y Pochutla, las cuales fueron estadísticamente iguales tanto a Colotepec como a San Pedro, que tuvieron el mayor y el menor incremento, respectivamente; asimismo, las procedencias Cortijo y San Francisco, fueron estadísticamente iguales a Colotepec; mientras que La Tuza fue estadísticamente igual a San Pedro (Cuadro 11). La procedencia Tataltepec, tuvo el menor incremento en altura y fue estadísticamente igual a todas las demás, excepto a El Zarzal; asimismo, El Zarzal sólo fue estadísticamente diferente a Tataltepec, San Pedro y Pinotepa de Don Luis, que tuvieron los valores más bajos (Cuadro 11). En el caso del diámetro de copa, exceptuando las procedencias Colotepec y San Pedro, que tuvieron el mayor y menor valor, respectivamente, todas las procedencias tuvieron valores intermedios, ya que fueron estadísticamente iguales a ambos orígenes. Lo mismo ocurre para la variable bifurcación, ya que todas las procedencias son estadísticamente iguales a Pinotepa de Don Luis y Los Limones, que presentaron el mayor y menor valor, respectivamente; sólo estas últimas fueron estadísticamente diferentes entre sí (Cuadro 11). Las procedencias Cortijo y Tataltepec que tuvieron la mayor supervivencia fueron estadísticamente iguales a todas las procedencias, excepto a Pochutla y San Francisco; asimismo, la procedencia San Francisco que tuvo la menor supervivencia fue estadísticamente igual a las demás, excepto a Cortijo, El Zarzal, Tataltepec y San

Pedro; mientras que las procedencias Pinotepa de Don Luis, La Tuza, Los Limones y Colotepec tuvieron comportamientos intermedios, ya que fueron estadísticamente iguales tanto a la mejor y peor procedencia (Cuadro 11).

En la localidad Valdeflores la procedencia Colotepec, que es la más cercana al sitio de plantación, tuvo los mayores valores de incremento en diámetro basal en las tres evaluaciones; los mayores valores de incremento en altura en las primeras dos evaluaciones y el tercer mejor valor en la tercera evaluación (1.5 años); asimismo, en cuanto al diámetro de copa, de ocupar la antepenúltima posición en la primera evaluación, en la segunda y tercera evaluación pasó a ocupar la primera posición, es decir tuvo los mayores valores de diámetro de copa.

San Pedro fue de las procedencias que presentaron menores incrementos en diámetro basal y altura en las tres evaluaciones, así como los menores diámetros de copa en la primera y tercera evaluación. Asimismo, La Tuza ocupó constantemente el penúltimo lugar en el incremento en diámetro basal durante las tres evaluaciones. Pinotepa de Don Luis ocupó la última posición en cuanto al incremento en altura en la primera evaluación, pero en las siguientes evaluaciones mejora, pasando a novena y octava posición. Por otra parte, la procedencia Tataltepec, para el incremento en altura ocupó la quinta posición en la primera evaluación, pero cayó a la octava y última posición en la segunda y tercera evaluación, respectivamente.

En cuanto a las bifurcaciones en las tres evaluaciones, Pinotepa de Don Luis presentó las mayores cantidades y Los Limones las menores. Para la variable supervivencia Cortijo presentó los mayores porcentajes en las tres evaluaciones; en cambio, San Francisco presentó los menores porcentajes en las dos últimas evaluaciones; asimismo, Pochutla presentó bajos porcentajes en las tres evaluaciones.

En cuanto a las unidades de crecimiento las procedencias San Francisco y Colotepec ocuparon la primera y segunda posición en las primeras dos evaluaciones. Pinotepa de Don Luis en la primera evaluación ocupó la octava posición pero en la segunda evaluación subió hasta la cuarta posición. La procedencia San Pedro presentó menos unidades de crecimiento a los seis meses y para el año fue La Tuza.

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 *E. cyclocarpum* establecido en Valdeflores, región Costa de Oaxaca.

Procedencia	Incremento en diámetro basal (mm)			Incremento en altura (cm)			Diámetro de copa (cm)		
	6 meses	Un año ^z	1.5 años ^y	6 meses	Un año ^y	1.5 años ^y	6 meses	Un año	1.5 años
Cortijo	6.4 ab ^z	6.8 ab	14.6 ab	49.3 ab	57.2 a	88.3 ab	35.8 ab	40.9 b	68.9 ab
P. D. Luis*	6.3 ab	6.6 ab	13.6 abc	34.7 d	40.4 a	68.8 b	23.3 bc	52.3 ab	58.0 ab
El Zarzal	5.7 bc	6.3 b	11.6 abc	49.8 ab	55.3 a	102.5 a	20.0 bc	49.3 ab	55.4 ab
La Tuza	4.2 c	5.4 b	10.9 bc	47.2 abc	47.0 a	78.6 ab	17.5 c	44.9 b	64.2 ab
Tataltepec	5.0 bc	5.6 b	11.5 abc	47.5 ab	44.0 a	63.9 b	17.1 c	40.2 b	55.1 ab
San Francisco	6.2 b	6.1 b	14.8 ab	51.6 ab	55.2 a	99.2 ab	18.9 c	52.0 ab	57.0 ab
Los Limones	4.8 bc	6.3 b	11.0 abc	46.1 abc	51.2 a	74.3 ab	28.2 abc	41.5 b	69.2 ab
San Pedro	4.4 c	5.1 b	9.6 c	36.1 cd	38.7 a	66.7 b	5.0 c	45.8 b	45.6 b
Colotepec	7.8 a	8.6 a	15.5 a	53.8 a	59.0 a	97.1 ab	18.1 c	60.2 a	69.9 a
Pochutla	5.5 bc	7.3 ab	11.8 abc	42.5 bcd	49.9 a	84.2 ab	50.7 a	47.0 ab	57.1 ab
	Bifurcaciones			Supervivencia (%)			Unidades de crecimiento		
	6 meses	Un año	1.5 años	6 meses	Un año	1.5 años	6 meses	Un año	
Cortijo	1.3 b	3.9 a	3.2 ab	100.0 a	83.3 a	70.8 a	28.1 ab	31.3 abc	
P. de Don Luis	1.9 a	4.0 a	3.7 a	100.0 a	54.2 bcd	50.0 abc	26.2 bc	33.5 abc	
El Zarzal	1.4 ab	2.7 ab	2.5 ab	100.0 a	62.5 abcd	62.5 ab	26.2 bc	33.5 abc	
La Tuza	1.3 b	2.5 b	2.6 ab	100.0 a	70.8 abc	54.2 abc	26.5 abc	27.6 c	
Tataltepec	1.5 ab	3.4 ab	3.2 ab	100.0 a	79.2 ab	70.8 a	26.4 abc	28.3 bc	
San Francisco	1.3 b	2.3 b	2.6 ab	100.0 a	37.5 d	33.3 c	29.5 a	37.6 a	
Los Limones	1.3 b	2.2 b	2.1 b	100.0 a	62.5 abcd	45.8 abc	27.8 ab	30.6 abc	
San Pedro	1.4 ab	3.2 ab	2.8 ab	100.0 a	58.3 abcd	62.5 ab	23.7 c	32.2 abc	
Colotepec	1.3 b	3.5 ab	3.5 ab	100.0 a	58.3 abcd	54.2 abc	29.3 ab	35.7 a	
Pochutla	1.4 ab	3.1 ab	3.5 ab	95.8 b	45.8 cd	37.5 bc	26.3 abc	35.2 ab	

*P.D. Luis= Pinotepa de Don Luis, ^zValores seguidos por distinta literal en la misma columna muestran diferencia significativa ($p<0.05$),

^yIncrementos acumulados a partir de los datos iniciales.

La tendencia de crecimiento de las procedencias a través del tiempo no es la misma en ambas localidades; mientras algunas se mantienen con los valores más bajos, algunas mejoran, y otras se mantienen con valores altos; asimismo, dicha tendencia varía para cada variable en la misma procedencia.

Robles (2010) evaluó el crecimiento en vivero (a 19 semanas) de las diez procedencias usadas en el presente trabajo; encontró que la procedencia Tataltepec fue la que presentó mayor diámetro basal (5.17 mm) y altura (44.07 cm), lo cual no coincide con lo encontrado en el presente trabajo; ya que en la localidad Pinotepa de Don Luis, esta procedencia (Tataltepec) ocupó la quinta, séptima y octava posición, respecto al incremento en diámetro basal en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente; asimismo, en cuanto al incremento en altura, Tataltepec en las dos primeras evaluaciones ocupa la cuarta posición, mientras que en la tercera evaluación ocupa el segundo lugar. En la localidad Valdeflores, Tataltepec en cuanto al incremento en diámetro ocupó la séptima, octava y sexta posición en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente; mientras que, para el incremento en altura, esta procedencia ocupó el quinto, octavo y décimo lugar en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente.

Por otra parte Robles (2010) encontró que la procedencia La Tuza fue la que presentó menor diámetro basal (4.50 mm) y altura (37.49 cm), lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación en la localidad Pinotepa de Don Luis, ya que en las tres evaluaciones, ésta procedencia tuvo los menores incrementos en altura y diámetro basal; en cambio, en la localidad Valdeflores, no coincide totalmente, sólo para la variable incremento en diámetro basal La Tuza ocupa los últimos lugares, mientras que para la variable incremento en altura La Tuza está entre las cuatro mejores procedencias.

Es importante considerar que las procedencias que Robles (2010) reporta con mayores alturas y diámetros basales en la fase de vivero, no tuvieron los mejores incrementos en altura y diámetro basal en ambas localidades, esto aun cuando también tuvieron buenos indicadores de calidad de planta (Robles, 2010); en cambio, las procedencias con mayores incrementos en cada localidad fueron aquellas que son locales o próximas al sitio de plantación; es decir, la procedencia Pinotepa de Don Luis en la localidad Pinotepa de Don Luis y la procedencia Colotepec en la localidad Valdeflores.

Comparando estas procedencias con lo reportado por Robles (2010), tanto las procedencias Pinotepa de Don Luis y Colotepec tuvieron valores intermedios de índice de calidad de Dickson (Robles, 2010), en cambio, Pinotepa de Don Luis presentó el mayor valor de la relación peso seco aéreo/peso seco radicular, mientras que la procedencia Colotepec presentó menor valor de índice de esbeltez (altura/diámetro); esto indica que no sólo la calidad de planta influye en el crecimiento de las plantas establecidas en campo, sino también las condiciones restrictivas de los sitios de plantación.

6.4. Correlaciones

6.4.1. Correlación con variables geográficas

En la localidad Pinotepa de Don Luis se encontró correlación positiva entre el incremento en altura con la altitud de las procedencias, y correlación negativa entre la misma variable con el desplazamiento altitudinal del lugar de recolecta de semillas al sitio de plantación (Cuadro 12); en cambio, en la localidad Valdeflores la correlación entre el incremento en altura con la altitud de las procedencias y el desplazamiento altitudinal fueron negativas (Cuadro 13). Lo que indica que la altitud de la recolecta de semillas influye en el crecimiento en altura de las plantas de parota establecidas en campo. Robles (2010) no encontró correlación entre la altitud de las procedencias con la altura del hipocótilo, altura total y diámetro del cuello de la raíz de plántulas de tres semanas de cultivo en vivero, así como con el diámetro del cuello de raíz, altura total, peso seco (raíz, tallo y total) e índices de calidad de planta, de brinzales de 19 semanas de edad. A pesar de evaluar las mismas procedencias, lo encontrado por Robles (2010) no coincide con lo encontrado en este trabajo; esta situación se debe a que posiblemente las condiciones adecuadas (riego, fertilización, sombra y cultivo) en vivero no permiten la expresión de la influencia de altitud además de los efectos maternos; en cambio, las condiciones restrictivas de los sitios de plantación permiten expresar la influencia altitudinal.

En Pinotepa de Don Luis el coeficiente de correlación de Pearson entre el incremento en altura a seis meses con la altitud fue de 0.60 con $p=0.0639$; en cambio, en la segunda (un año) y tercera evaluación (1.5 años) los coeficientes de correlación incrementaron, en 0.68 y 0.82 respectivamente, y fueron significativos ($p<0.05$) (Cuadro

12). Esto indica que, en la localidad Pinotepa de Don Luis por ubicarse a una altitud elevada (455 msnm), las procedencias de mayor altitud tienen mejores crecimientos en altura. Por otra parte, los coeficientes de correlación de Pearson entre los incrementos en altura (de las tres evaluaciones) con el desplazamiento altitudinal de las semillas tuvieron los mismos valores que la correlación con la altitud, sólo que fueron negativos (Cuadro 12); lo que también indica que a mayor distancia altitudinal de traslado de las semillas hacia la localidad Pinotepa de Don Luis, menor es el crecimiento en altura. Asimismo, en Pinotepa de Don Luis las unidades de crecimiento tuvieron correlación significativa ($p < 0.062$) con altitud y el desplazamiento altitudinal, que fue de 0.61 y -0.61, respectivamente.

En Valdeflores, el coeficiente de correlación de Pearson entre la altitud y el incremento en altura a seis meses, a un año y a 1.5 años de la plantación fue de -0.71, -0.76 y -0.70, respectivamente, y fueron significativos ($p < 0.05$) (Cuadro 13). Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson entre el incremento en altura a seis meses, un año y 1.5 años con el desplazamiento altitudinal de las semillas al sitio de plantación fue de -0.68, -0.77 y -0.72, respectivamente (Cuadro 13). Lo anterior significa que la localidad Valdeflores, por ubicarse a una altitud poco elevada (90 msnm), a medida que incrementa la altitud del sitio de recolecta, se obtienen menores incrementos en altura; asimismo, al igual que lo que sucede en la localidad Pinotepa de Don Luis, a mayor distancia altitudinal de traslado de las semillas al sitio de plantación (Valdeflores) se obtienen menores incrementos en altura. Asimismo, en Valdeflores la variable bifurcación (a seis meses) tuvo correlación significativa ($p < 0.05$) y positiva con la altitud y el desplazamiento en altitud, que fue de 0.82 y 0.89, respectivamente; también existió correlación significativa ($p < 0.081$) entre la altitud y la variable bifurcación a un año y a 1.5 años, que fue de 0.58 y 0.61, respectivamente, además correlación entre el incremento en diámetro basal a un año y la longitud ($r = -0.56$, $p = 0.0908$).

Viveros-Viveros *et al.* (2005) encontraron en *Pinus pseudostrobus* un ligero patrón clinal altitudinal, en plantas establecidas en dos sitios; en general considerando ambos sitios, inicialmente las procedencias de menor altitud crecieron más que las procedencias de mayor altitud; asimismo encontraron que las variables de forma y tamaño de la copa, y la fenología de la yema, también están inversamente relacionadas con la altitud del origen de la semilla, pero las correlaciones fueron bajas y no significativas; en cambio,

para un sitio (Pario) la correlación entre el incremento en altura con la altitud pasó a ser significativa a mayor edad de la plantación, lo que coincide con lo encontrado con la misma variable para parota en ambas localidades.

La localidad Valdeflores, por ubicarse en una altitud baja, presentó correlación negativa con la altitud de las procedencias; sin embargo, Pinotepa de Don Luis por ubicarse en una altitud elevada presentó correlación positiva con la altitud de las procedencias. La influencia de la altitud sobre el crecimiento en altura y otras variables ha sido estudiada por varios autores; aunque los estudios se han realizado con otras especies, la mayoría de éstos reportan correlaciones negativas, coincidiendo con lo encontrado para la localidad Valdeflores en el caso de parota. Salazar *et al.* (1999) encontraron que la tasa de crecimiento en altura y el número de ciclos de crecimientos de *P. patula* se asocian de forma negativa con la altitud, por lo que las procedencias de sitios más bajos tienen mejores crecimientos y mayor número de bifurcaciones. Sáenz-Romero *et al.* (2011a) reportan que las procedencias de *P. patula* Schiede ex Schlechtendal et Chamisso provenientes de altitudes bajas tienen mejores crecimientos en altura que las procedencias de altitudes altas; asimismo, mencionan que las procedencias de altitudes bajas tienen mejores estrategias que les permite adaptarse mejor a la sequía, lo cual coincide con lo encontrado para parota en la localidad Valdeflores. Rodríguez *et al.* (2008) evaluaron en *P. greggii* la correlación entre crecimiento en altura, diámetro, altura a la primera rama, altura al punto más amplio de la copa, área de proyección de la copa, área de intercepción lumínica y el porcentaje de copa con la altitud del sitio de colecta, sólo encontraron correlación negativa entre el crecimiento en altura con la altitud; en cambio, Sáenz-Romero *et al.* (2011b) encontraron en *P. patula* que aunque la correlación entre la altura y el peso seco aéreo con la altitud de las procedencias fue baja pero significativa, las poblaciones que proceden de altitudes bajas tienen mejores crecimientos y mejor peso seco.

Viveros-Viveros *et al.* (2009) a siete meses de evaluación de *Pinus hartwegii* encontraron alta correlación negativa entre la altura y la altitud, mientras que a 18 meses de evaluación ya no encontraron correlación; esto es contrario a lo encontrado para parota, ya que en ambas localidades, la correlación entre la altitud y el incremento en altura pasó de ser menor y no significativa en la primera evaluación (6 meses) a ser mayor y significativa en las dos últimas evaluaciones (Cuadro 12 y 13).

También se ha encontrado correlación negativa entre el número de bifurcaciones con la altitud de las procedencias de *Pinus brutia* Ten. (Isik *et al.*, 1999); para parota sólo se encontró correlación entre estas variables en la localidad Valdeflores, pero esta correlación fue positiva, por lo que no concuerda con lo reportado para *P. brutia*.

La correlación positiva entre el incremento en altura y la altitud encontrada en Pinotepa de Don Luis, así como la correlación positiva entre bifurcaciones (a seis meses) con la altitud encontrada en Valdeflores, es menos común; Ducousso *et al.* (1996) reportan correlación positiva entre la fenología de yemas de *Quercus petraea* (Matt) Liebl con la altitud de las procedencias; Hovenden y Vander (2006) reportan baja correlación positiva y significativa entre la longitud, ancho y espesor de hoja de *Nothofagus cunninghamii* (Hook.) Oersted con la altitud de origen; asimismo, Turna y Güney (2009) encontraron que las diferencias y la variación en conos, semillas y plántulas juveniles de *Pinus sylvestris* L. están correlacionadas positivamente con la altitud.

Sin embargo, en otros casos se ha encontrado que la influencia de la altitud no es lineal (negativa o positiva), por ejemplo, Sáenz-Romero *et al.* (2011a) encontraron que los mejores crecimientos en altura de *P. patula*, evaluado a seis meses de edad, se obtuvieron en poblaciones que proceden de altitudes medias, mientras que las poblaciones que proceden de altitudes superiores e inferiores tuvieron menores crecimientos.

Para parota, en ambas localidades se encontraron otras correlaciones mayores a 0.5, pero no significativas (Cuadro 12 y 13); en Pinotepa de Don Luis estas correlaciones fueron entre el diámetro de copa (1.5 años) con la altitud y el desplazamiento altitudinal, y entre las unidades de crecimiento (seis meses) con longitud; en cambio, en la localidad Valdeflores estas correlaciones fueron entre el diámetro de copa (1.5 años) con la altitud, entre el diámetro de copa (un año) con la longitud, entre bifurcaciones (un año) con la latitud, entre las unidades de crecimiento (seis meses) y bifurcaciones (un año y 1.5 años) con el desplazamiento altitudinal, y entre las bifurcaciones (un año) con el desplazamiento latitudinal. Aunque estas correlaciones no fueron significativas, son importantes, ya que pudieran ser significativas a mayor tiempo o mayor edad de la plantación, como ocurre con la correlación entre los incrementos en altura con la altitud, donde hasta la segunda evaluación fueron significativas. Wei *et al.* (2001) evaluaron el crecimiento en altura de *Pinus contorta* spp. *latifolia* Engelm. en dos sitios; encontraron

que para ambos sitios existe correlación negativa alta ($r > -0.7$) entre la altura y la elevación; sin embargo, en ambos sitios la correlación no fue significativa.

En ambas localidades no se encontraron correlaciones significativas entre las variables de planta evaluadas con la latitud, longitud y el desplazamiento latitudinal y longitudinal de las semillas al sitio de plantación; por lo que para el caso de parota, la latitud y la longitud no influyen en plantas establecidas en campo; sin embargo, en plantas de parota de 19 semanas de cultivo en vivero, Robles (2010) encontró correlación positiva entre el diámetro al cuello de raíz, altura total, peso seco radicular, peso seco de tallo y peso seco total con la longitud y la latitud de las procedencias; asimismo, Robles (2010) reporta que a tres semanas de cultivo en vivero existió correlación significativa positiva entre la altura del hipocótilo y altura total con la longitud y latitud, pero no encontró correlación entre la variable largo, ancho, espesor y peso de la semilla de parota con la latitud y longitud del sitio de colecta.

Wei *et al.* (2001) no encontraron correlación entre el crecimiento en altura de *Pinus contorta* spp. *latifolia* con la latitud y la longitud en un sitio de plantación, en cambio en otro sitio, la correlación entre la altura y la elevación fue de 0.712 pero no significativa; lo cual concuerda parcialmente con la presente investigación ya que en ambas localidades no se encontró correlación entre las variables de planta evaluadas con la latitud y longitud de las procedencias. Sin embargo, contrario a lo encontrado para parota, en otras especies sí se ha encontrado influencia de la latitud y de la longitud; Verzino *et al.* (2003) encontraron en *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz que la longitud y latitud de las fuentes de semillas están correlacionados con los crecimientos iniciales de altura y la sensibilidad de las heladas; asimismo, en *Quercus rugosa* Née se ha encontrado alta correlación negativa entre componentes principales y la latitud de las poblaciones (Uribe-Salas *et al.*, 2008); Ducouso *et al.* (1996) reportan correlación negativa entre la fenología de yemas con la latitud de las procedencias de *Quercus petraea* (Matt) Liebl. Sin embargo, en otras especies se ha encontrado correlación tanto con la altitud como la latitud; por ejemplo, Jonas y Geber (1999) encontraron correlación entre variables fenológicas y morfológicas con la altitud y la latitud en *Clarkia unguiculata* Lindl.; asimismo, Salazar *et al.* (1999) evaluaron la relación entre el crecimiento en altura y el número de ciclos de crecimiento con la latitud, longitud y altitud del sitio de recolecta de *P. greggii*, *P. maximinoi* H.E. Moore, *P. patula* y *P.*

tecunumanii (Eguiluz & Perry); encontraron que *P. tecunumaii* presentó correlación negativa entre la altura y los ciclos de crecimientos con la altitud y longitud de origen de semillas; mientras que la altura y el número de ciclos de crecimiento de *P. patula* sólo se correlacionan negativamente con la altitud de origen de las semilla; en cambio, *P. greggii* sólo presentó correlación positiva entre el crecimiento en altura con la latitud de las procedencias; *P. maximinoi* no presentó correlación alguna.

Usando las correlaciones entre los incrementos en altura (seis meses, un año y 1.5 años) con la altitud y el desplazamiento altitudinal de las procedencias al sitio de plantación, para ambos sitios se generaron modelos lineales que permiten predecir el incremento en altura (6 meses, un año y 1.5 años) de las plantas de parota establecidas en cada localidad, dependiendo de la altitud de recolecta (Figuras 10 y 11) o del desplazamiento altitudinal (Figuras 10 y 11).

Con estas ecuaciones se puede predecir el incremento en altura de parota con referencia a la altitud del sitio de recolecta de semillas, para ser establecidas en la localidad Pinotepa de Don Luis y Valdeflores (Cuadro 14). Por ejemplo, si se recolectan semillas a 50 msnm y a 400 msnm, 1.5 años después de la plantación en Pinotepa de Don Luis (455 msnm), las plantas tendrán un incremento en altura de 81.6 cm y 112.7 cm (Cuadro 14), respectivamente; en cambio, si esas mismas semillas se plantan en Valdeflores (90 msnm), 1.5 años después de la plantación, las plantas tendrán un incremento en altura de 88.6 cm y 66.4 cm, respectivamente (Cuadro 14). Estas predicciones muestran que para la localidad Pinotepa de Don Luis, si las semillas proceden de altitudes más bajas, los incrementos en altura son menores; mientras que en la localidad Valdeflores, si las semillas proceden de altitudes más elevadas que el sitio de plantación, los incrementos en altura serán menores (Cuadro 14).

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 *E. cyclocarpum* establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Variables de planta	Altitud	Longitud (°)	Latitud (°)	Desplazamiento en altitud (m)	Desplazamiento en latitud (°)	Desplazamiento en longitud (°)
Incremento en altura 6 meses	0.60 *	-0.17	0.09	-0.60 *	-0.10	0.08
Incremento en altura un año	0.68 **	-0.24	0.11	-0.68 **	-0.12	0.16
Incremento en altura 1.5 años	0.82 **	-0.19	0.22	-0.82 **	-0.24	0.10
Incremento en diámetro basal 6 meses	0.48	-0.21	0.02	-0.48	-0.04	0.08
Incremento en diámetro basal a un año	0.30	-0.09	0.11	-0.30	-0.11	0.03
Incremento en diámetro basal 1.5 años	0.48	0.02	0.35	-0.48	-0.34	-0.03
Diámetro de copa 6 meses	0.49	-0.09	0.11	-0.49	-0.14	-0.08
Diámetro de copa a un año	0.38	0.02	0.15	-0.38	-0.17	-0.19
Diámetro de copa 1.5 años	0.52	0.09	0.44	-0.52	-0.43	-0.06
Unidades de crecimiento 6 meses	0.61*	-0.51	-0.17	-0.61 *	0.15	0.42
Unidades de crecimiento a un año	0.61*	-0.29	0.07	-0.61 *	-0.07	0.26
Bifurcaciones 6 meses	0.14	0.28	0.16	-0.14	-0.18	-0.39
Bifurcaciones a un año	-0.07	0.20	0.12	0.07	-0.12	-0.20
Bifurcaciones a 1.5 años	0.32	0.17	0.28	-0.32	-0.29	-0.18
Supervivencia 6 meses	-0.14	0.28	0.05	0.14	-0.06	-0.34
Supervivencia a un año	0.28	-0.27	-0.27	-0.28	0.26	0.15
Supervivencia a 1.5 años	0.42	-0.44	-0.27	-0.42	0.27	0.36

Correlaciones significativas: **p<0.05, *p<0.10

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 *E. cyclocarpum* establecido en Valdeflores, Oaxaca.

Variables de plantas	Altitud	Longitud (°)	Latitud (°)	Desplazamiento en altitud (m)	Desplazamiento en latitud (°)	Desplazamiento en longitud (°)
Incremento en altura 6 meses	-0.71 **	-0.11	-0.15	-0.68 **	-0.14	0.01
Incremento en altura un año	-0.76 **	-0.15	-0.15	-0.78 **	-0.15	0.07
Incremento en altura 1.5 años	-0.70 **	-0.15	-0.24	-0.72 **	-0.24	0.03
Incremento en diámetro basal 6 meses	-0.10	-0.29	0.13	-0.16	0.14	-0.04
Incremento en diámetro basal a un año	-0.18	-0.56 *	-0.22	-0.21	-0.22	-0.23
Incremento en diámetro basal 1.5 años	-0.16	-0.07	0.30	-0.24	0.31	0.18
Diámetro de copa 6 meses	-0.02	-0.09	-0.04	-0.09	-0.04	0.23
Diámetro de copa a un año	-0.10	-0.52	-0.31	-0.10	-0.30	-0.39
Diámetro de copa 1.5 años	-0.54	0.01	0.07	-0.45	0.07	0.25
Unidades de crecimiento 6 meses	-0.50	-0.09	0.06	-0.53	0.07	0.09
Unidades de crecimiento a un año	-0.08	-0.45	0.26	-0.24	-0.26	-0.33
Bifurcaciones 6 meses	0.82 **	0.24	0.50	0.89 **	0.50	0.24
Bifurcaciones a un año	0.58 *	0.01	0.51	0.52	0.51	0.19
Bifurcaciones a 1.5 años	0.61 *	-0.30	0.22	0.52	0.22	-0.04
Supervivencia 6 meses	-0.19	0.49	0.47	-0.07	0.47	0.27
Supervivencia a un año	-0.05	0.43	0.45	0.07	0.45	0.44
Supervivencia a 1.5 años	0.11	0.33	0.43	0.18	0.43	0.27

Correlaciones significativas: **p<0.05, *p<0.10

Tomando en cuenta el desplazamiento de las semillas al sitio de plantación; la ecuación generada indica que si se quiere plantar en Pinotepa de Don Luis, y se usa semilla local (0 m de desplazamiento), a seis meses de la plantación el incremento en altura será de 61 cm; en cambio, si las semillas tienen un desplazamiento de 300 m (de menor a mayor altitud), es decir, recolecta de semillas a 300 m más abajo de la altitud de Pinotepa de Don Luis, el incremento en altura será de tan sólo 50 cm (Cuadro 15). En Valdeflores si se usa semilla local, a seis meses de la plantación el incremento en altura será de 50.9 cm, mientras que si el desplazamiento altitudinal es de 300 m (de mayor a menor altitud), o sea que la recolecta se realice 300 m más arriba de la altitud de Valdeflores, el incremento en altura (seis meses) será de 38.6 cm.

Cuadro 14. Predicciones de incremento de altura de *E. cyclocarpum* (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.

Altitud del sitio de recolecta	Pinotepa de Don Luis			Valdeflores		
	6 meses (cm)	un año (cm)	1.5 años (cm)	6 meses (cm)	un año (cm)	1.5 años (cm)
0	43.8	56.8	77.1	50.1	54.9	91.8
50	45.7	59.4	81.6	48.7	53.2	88.6
100	47.6	62.0	86.0	47.2	51.5	85.4
150	49.5	64.7	90.5	45.8	49.7	82.2
200	51.4	67.3	94.9	44.4	48.0	79.1
250	53.3	69.9	99.3	42.9	46.3	75.9
300	55.1	72.5	103.8	41.5	44.5	72.7
350	57.0	75.1	108.2	40.0	42.8	69.5
400	58.9	77.8	112.7	38.6	41.1	66.4
450	60.8	80.4	117.1	37.2	39.3	63.2

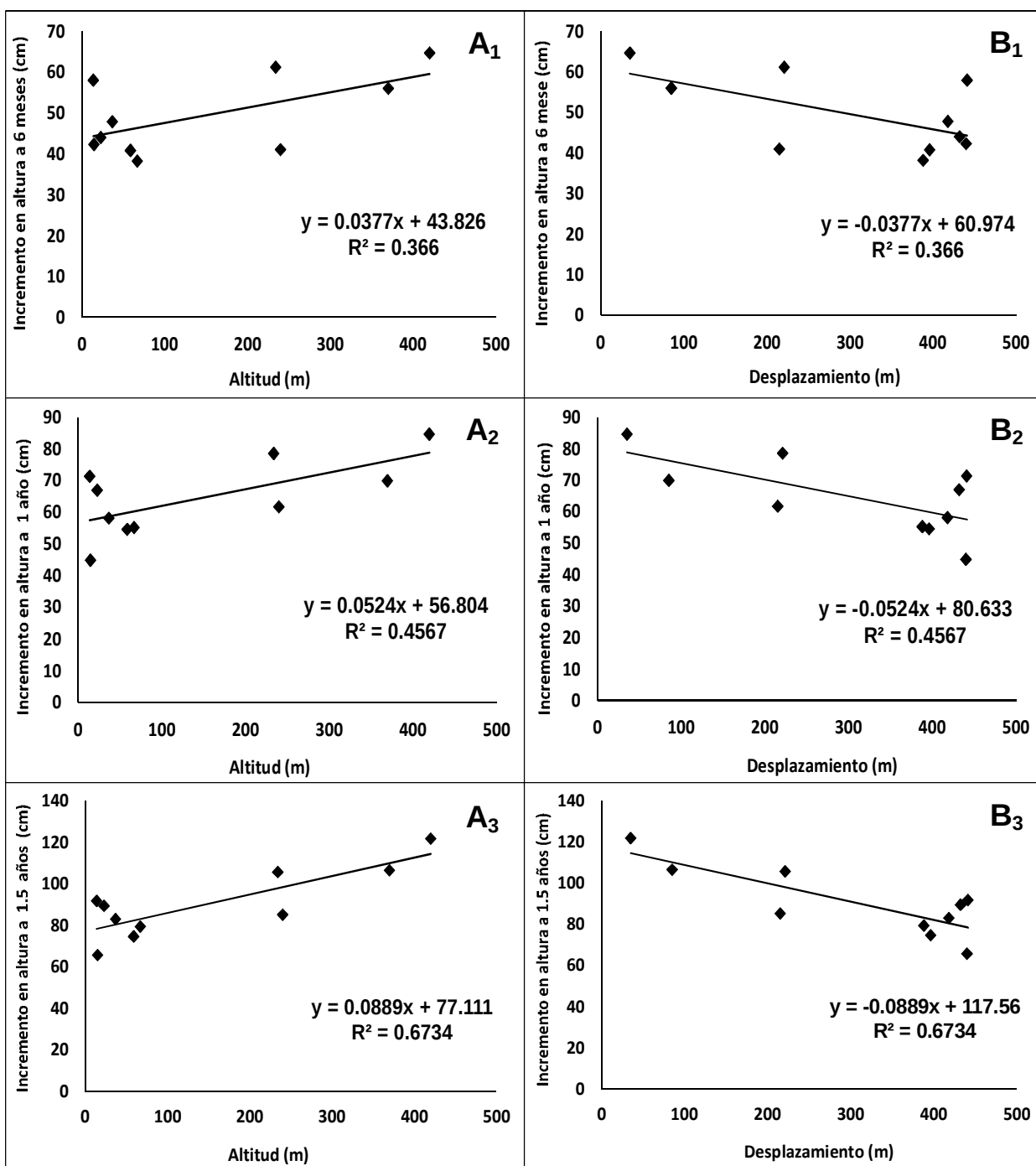


Figura 10. Correlación altitudinal (A) y desplazamiento altitudinal (B) con relación al incremento en altura a seis meses (1), un año (2) y a 1.5 años (3) de evaluación del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

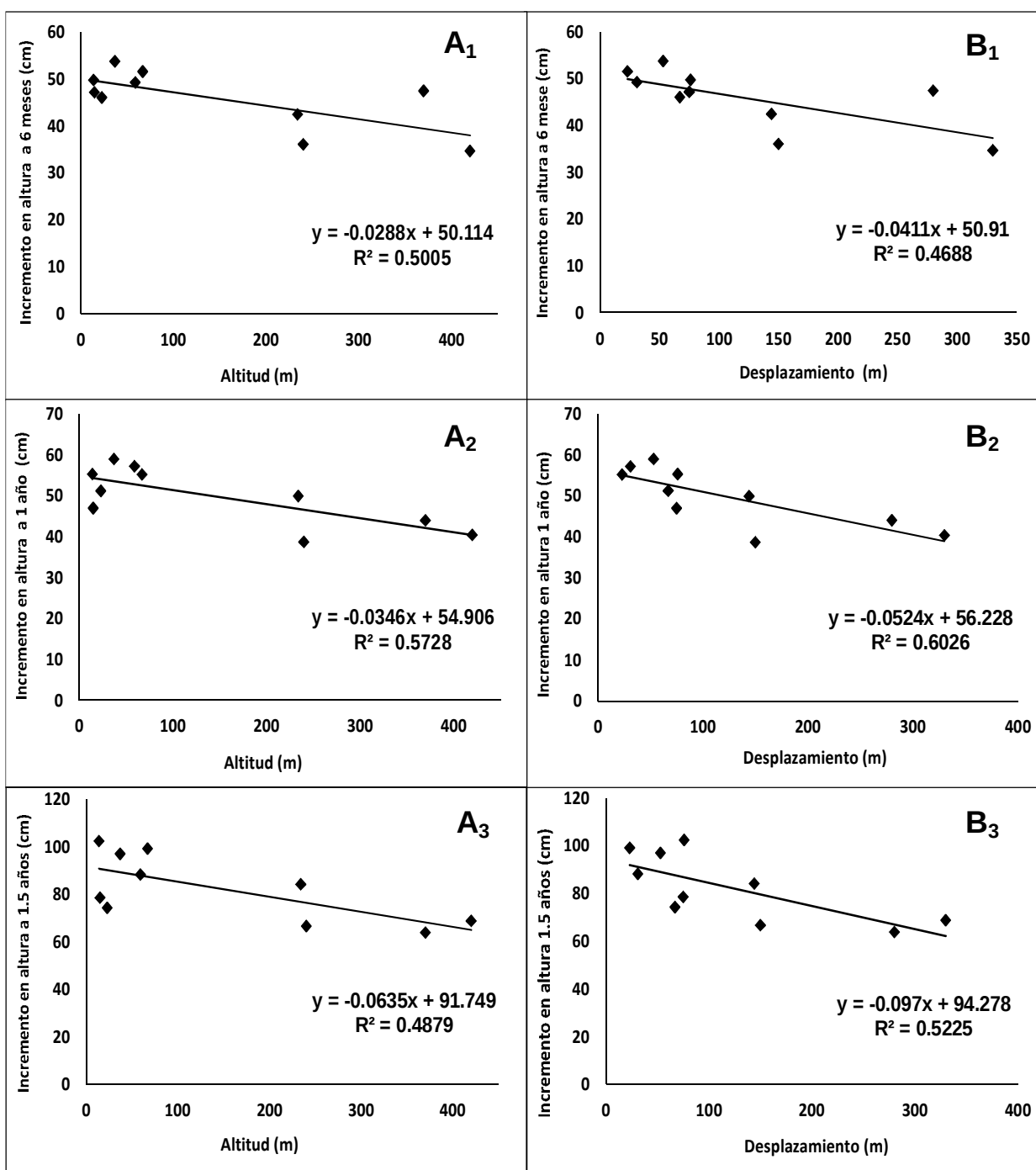


Figura 11. Correlación altitudinal (A) y desplazamiento altitudinal (B) con relación al incremento en altura a seis meses (1), un año (2) y a 1.5 años (3) de evaluación del ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en Valdeflores, Oaxaca.

Cuadro 15. Predicciones de incremento de altura de *E. cyclocarpum* (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.

Desplazamiento en altitud (m)	Pinotepa de Don Luis			Valdeflores		
	6 meses (cm)	un año (cm)	1.5 años (cm)	6 meses (cm)	un año (cm)	1.5 años (cm)
0	61.0	80.6	117.5	50.9	56.2	94.3
50	59.1	78.0	113.1	48.9	53.6	89.4
100	57.2	75.4	108.7	46.8	51.0	84.6
150	55.3	72.8	104.2	44.8	48.4	79.7
200	53.4	70.2	99.7	42.7	45.8	74.9
250	51.6	67.5	95.3	40.6	43.1	70.0
300	50.0	64.9	90.9	38.6	40.5	65.2
350	47.8	62.3	86.5	36.5	37.9	60.3
400	45.9	59.7	82.0	34.5	35.3	55.5
450	44.0	57.1	77.6	32.4	32.7	50.6

Con estas predicciones se tiene una aproximación de hacia dónde se debe realizar el movimiento de semillas de parota, considerando la altitud de recolecta o el desplazamiento altitudinal de las semillas, sin que sea afectado su crecimiento. Sáenz (2005) considera que para tener buen acoplamiento de las semillas o plántulas en el sitio de plantación se deben delimitar zonas de semillas y lineamientos de movimiento de semillas, los cuales permitan definir el movimiento del germoplasma dentro y entre las zonas productoras de semillas; por tanto la zonificación es de gran importancia ya que cada especie tiene un lugar específico para su plantación (Nienstaedt, 1990). Este autor menciona como regla de movimiento de semillas, no trasladar especies de altitudes altas a altitudes bajas; esto coincide con lo encontrado en Valdeflores, ya que ahí las procedencias procedentes de altitudes altas tuvieron menores incrementos de altura.

Sáenz (1995) reporta para *Pinus oocarpa* que las semillas recolectadas a menor altitud pueden ser plantadas a mayor altitud; en cambio, las semillas procedentes de altitudes altas tienden a crecer menos en altitudes bajas; esto coincide exactamente con lo encontrado para parota en este estudio, ya que en la localidad Valdeflores, que se

ubica en baja altitud (90 m snm), las procedencias de altitudes más elevadas tuvieron menores incrementos en altura; en cambio, la localidad Pinotepa de Don Luis que se ubica en una altitud más alta (455 m snm), las semillas que provienen de altitudes bajas presentaron menores incrementos en altura.

De acuerdo a Conkle (2004) todas las procedencias de parota usadas en estos ensayos corresponden a la zona semillera 250 (Planicies Costeras de la Sierra Madre del Sur); por lo que, teóricamente no debe existir diferencias en crecimiento entre el origen de semillas dentro de esta zona; sin embargo, lo encontrado en esta investigación, demuestra que aun cuando los sitios de recolecta corresponden a la misma zona de semillas debe tomarse en cuenta la altitud del sitio de recolecta y la altitud del sitio de plantación.

6.4.2. Correlación con variables climáticas

En Pinotepa de Don Luis se encontró correlación positiva y significativa ($p < 0.10$) entre las variables 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 (Cuadro 16); asimismo, hubo correlación negativa y significativa ($p < 0.10$) entre las variables antes mencionadas con los índices de aridez (IA1 e IA2) e índice de aridez en verano del sitio de origen de las semillas.

Contrario a lo encontrado en Pinotepa de Don Luis, en Valdeflores sólo el incremento en altura a seis meses se correlacionó significativamente ($p < 0.064$) con todas las variables climáticas, y no se encontró correlación significativa ($p < 0.10$) entre el incremento en diámetro basal, diámetro de copa y las unidades de crecimiento con todas las variables climáticas; además, en Valdeflores la supervivencia (un año y 1.5 años) tampoco presentó correlación significativa ($p < 0.10$) con todas las variables climáticas (Cuadro 17).

En Pinotepa de Don Luis las bifurcaciones de las tres evaluaciones y la supervivencia (seis meses y un año) no presentaron correlación con la temperatura media anual, precipitación media anual, precipitación de la estación de crecimiento, grados día $> 5^{\circ}\text{C}$ (basado en temperatura media mensual) y grados día $> 5^{\circ}\text{C}$ acumulado en el periodo libre de heladas (Cuadro 16); contrariamente, en la localidad Valdeflores, la variable bifurcación (seis meses) presentó correlación positiva ($r > 0.84$) y significativa ($p < 0.05$)

con la precipitación media anual y precipitación de la estación de crecimiento (Cuadro 16); además, la correlación entre la bifurcación (1.5 años) con la temperatura media anual, los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ (basado en temperatura media mensual) y los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ acumulado en el periodo libre de heladas fue negativa ($r > -0.60$) y significativa ($p < 0.061$); asimismo, la variable supervivencia (seis meses) presentó correlación positiva ($r > 0.68$) y significativa ($p < 0.03$) con la temperatura media anual, los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ y los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ acumulado en el periodo libre de heladas (Cuadro 16).

Excepto para el incremento en altura (un año y 1.5 años), las unidades de crecimiento, supervivencia (1.5 años), en Pinotepa de Don Luis las correlaciones entre las variables de planta con la temperatura media anual, grados día $>5^{\circ}\text{C}$ (basado en temperatura media anual) y los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ acumulado en el periodo libre de heladas no fueron significativas ($p > 0.10$); lo cual indica que estas variables climáticas no influyen sobre las demás variables en esta localidad; asimismo, las correlaciones entre la supervivencia con los índices de aridez no fueron significativos ($p > 0.10$) (Cuadro 16).

En Pinotepa de Don Luis, las correlaciones entre los incrementos en altura y los diámetros de copa con la precipitación media anual, precipitación de la estación de crecimiento y los índices de aridez, incrementaron al incrementar la edad de la plantación, lo que indica que el efecto de estos factores climáticos sobre la altura y el diámetro de copa es mayor a mayor edad de la plantación. Lo contrario ocurre en la localidad Valdeflores, ya que la correlación entre el incremento en altura con todas las variables climáticas evaluadas, además de que en la mayoría de los casos no fueron significativas, éstas disminuyeron a mayor edad de la plantación, por lo que se demuestra que en Valdeflores, los factores climáticos del lugar de recolecta de semillas pierden importancia conforme incrementa la edad de la plantación. Asimismo, el hecho de que en Valdeflores tanto la variable incremento en altura, como bifurcaciones, tuvo correlación significativa con varias variables climáticas sólo en la primera evaluación (6 meses) y que esta correlación haya disminuido y perdido significancia en las otras evaluaciones (un año y 1.5 años), indica que en Valdeflores estos factores sólo influyen en edades tempranas, mientras que a mayor edad de las plantas, el efecto ya no es evidente.

En Pinotepa de Don Luis, se encontraron otras correlaciones mayores a 0.5, pero no significativas ($p > 0.10$); mientras que en Valdeflores, esta situación se dio con menos

variables (Cuadro 16 y 17). Estas correlaciones deben ser consideradas, ya que a mayor edad de la plantación pudieran ser significativas; de hecho un caso es la supervivencia en Pinotepa de Don Luis, donde las correlaciones, van en aumento de la primera a la tercera evaluación; mientras que en Valdeflores, ocurre lo contrario.

Robles (2010) con las mismas procedencias utilizadas en este trabajo, a tres semanas de cultivo en vivero encontró correlación significativa positiva entre la altura del hipocótilo y altura total con la precipitación del sitio de recolecta; asimismo, a 19 semanas de cultivo en vivero, encontró correlación significativa positiva entre el diámetro al cuello de raíz, altura total, peso seco radicular, peso seco de tallo y peso seco total con la precipitación de las procedencias; lo cual coincide con lo encontrado en Pinotepa de Don Luis, donde sí existió correlación significativa positiva del incremento en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y unidades de crecimiento con la precipitación media anual y la acumulación de la precipitación de la estación de crecimiento; sin embargo, en Valdeflores, sólo hubo correlación entre la variable incremento en altura y bifurcaciones con la precipitación media anual y la acumulación de la precipitación en la estación de crecimiento, pero esta correlación desapareció en la segunda evaluación (un año después de la plantación).

La correlación positiva entre la precipitación media anual con los incrementos en altura, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y unidades de crecimiento, encontrado en Pinotepa de Don Luis; también se ha encontrado en otras especies; en *Quercus rugosa* Uribe-Salas *et al.* (2008) encontraron correlación positiva entre componentes principales y la precipitación media anual.

La correlación negativa presentada en Pinotepa de Don Luis entre las variables incremento en diámetro basal, incremento en altura, diámetro de copa y unidades de crecimiento con el índice de aridez y el índice de aridez en verano, así como en Valdeflores entre la bifurcación (6 meses) y los mismos índices, coinciden con lo reportado por Sáenz-Romero *et al.* (2006) para *P. oocarpa*, donde la altura presentó correlación negativa (no significativa) con el índice de humedad, ocasionando disminución de la altura a medida que las diferencias entre el clima del sitio de plantación y el de la procedencia aumentan; asimismo, Uribe-Salas *et al.* (2008) reportan para *Quercus rugosa* correlación negativa y significativa entre los componentes principales con el índice de aridez.

Sin embargo, lo reportado por estos autores, así como lo encontrado en Pinotepa de Don Luis, no coincide con lo presentado en Valdeflores, ya que en esta localidad la correlación entre el incremento en altura (6 meses), con los índices de aridez y el índice de aridez en verano fue positiva; esto es lógico, ya que Valdeflores es un sitio seco, por lo que las procedencias con mayores valores de aridez, inicialmente (6 meses) tienen mejores crecimiento en altura; en cambio, Pinotepa de Don Luis es un sitio más húmedo, por lo que las procedencias con menores valores de aridez (más húmedas) tienen mejores resultados; por lo anterior, para obtener mejores crecimientos, las procedencias deben plantarse en sitios que tengan aproximadamente el mismo índice de humedad a los de los sitios de recolecta (Sáenz-Romero *et al.*, 2006).

El efecto entre los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ (basado en temperatura media anual) varía en ambas localidades; en Valdeflores esta variable climática presentó correlación positiva con la bifurcación (1.5 años) y la supervivencia (seis meses); en cambio, en Pinotepa de Don Luis, esta variable climática presentó correlación negativa con las unidades de crecimiento y esta última variable también presentó correlación negativa con los grados día $>5^{\circ}\text{C}$ acumulados en el periodo libre de heladas. Wei *et al.* (2001) encontraron correlación positiva entre la altura y el peso de semillas de *Pinus contorta* spp. *latifolia* con los grados días $>5^{\circ}\text{C}$; sin embargo, en dos sitios evaluados, la correlación de esta variable con la altura sólo fue significativa en un sitio.

De manera general, con las variables evaluadas se demuestra que tanto los factores geográficos y climáticos del lugar de recolecta de semillas influyen en el crecimiento de parota; esta influencia varía dependiendo del sitio de plantación. En otras especies también se ha encontrado la influencia tanto de los factores geográficos como climáticos; por ejemplo, Rico-Gray y Palacios-Rios (1996) en un estudio realizado con *Rhizophora mangle* L. hallaron correlación negativa (significativa) entre el área foliar de hojas con la latitud y la precipitación anual, destacando que la correlación entre la latitud y la precipitación anual no fueron fuertes pero sí significativas, lo cual indica que a medida que la latitud disminuye y la precipitación aumenta ocasiona que el área foliar sea mayor.

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 *E. cyclocarpum* establecido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Variables de la planta	TMA	PMA	PEC	GD5	GDPH5	IA1	IA2	IAV
Incremento en altura 6 meses	-0.52	0.65 **	0.67 **	-0.52	-0.53	-0.64 **	-0.61 *	-0.67 **
Incremento en altura un año	-0.55 *	0.68 **	0.70 **	-0.56 *	-0.58 *	-0.69 **	-0.66 **	-0.72 **
Incremento en altura 1.5 años	-0.55	0.74 **	0.76 **	-0.57 *	-0.58 *	-0.73 **	-0.70 **	-0.77 **
Incremento en diámetro basal 6 meses	-0.37	0.70 **	0.73 **	-0.37	-0.41	-0.72 **	-0.70 **	-0.75 **
Incremento en diámetro basal a un año	-0.21	0.59 *	0.59 *	-0.20	-0.24	-0.61 *	-0.60 *	-0.62 *
Incremento en diámetro basal 1.5 años	-0.28	0.73 **	0.72 **	-0.28	-0.32	-0.70 **	-0.70 **	-0.70 **
Diámetro de copa 6 meses	-0.27	0.71 **	0.74 **	-0.27	-0.30	-0.67 **	-0.66 **	-0.71 **
Diámetro de copa a un año	-0.14	0.74 **	0.76 **	-0.13	-0.18	-0.72 **	-0.72 **	-0.75 **
Diámetro de copa 1.5 años	-0.28	0.81 **	0.79 **	-0.28	-0.31	-0.81 **	0.80 **	-0.79 **
Unidades de crecimiento 6 meses	-0.72 **	0.46	0.50	-0.71 **	-0.71 **	-0.48	-0.44	-0.55
Unidades de crecimiento a un año	-0.62 *	0.66 **	0.67 **	-0.62 *	-0.63 **	-0.68 **	-0.65 **	-0.71 **
Bifurcaciones 6 meses	0.14	0.54	0.54	0.13	0.08	-0.55 *	-0.58 *	-0.54
Bifurcaciones a un año	0.24	0.34	0.33	0.26	0.22	-0.45	-0.47	-0.42
Bifurcaciones a 1.5 años	0.04	0.50	0.50	0.05	0.02	-0.62 *	-0.63 *	-0.60 *
Supervivencia 6 meses	0.39	-0.04	-0.05	0.39	0.37	-0.04	-0.06	0.01
Supervivencia a un año	-0.35	0.34	0.34	-0.34	-0.38	-0.47	-0.46	-0.48
Supervivencia a 1.5 años	-0.58 *	0.38	0.39	-0.57 *	-0.62 *	-0.50	-0.47	-0.52

Correlaciones significativas: **p<0.05, *p<0.10. TMA= temperatura media anual; PMA= precipitación media anual; PEC= precipitación de la estación de crecimiento; GD5= grados día >5°C (basado en temperatura media mensual); GDPH5= grados día >5°C acumulado en el periodo libre de heladas; IA1= índice de aridez (GD5/PMA); IA2= índice de aridez (raíz GD5/PMA); IAV= índice de aridez en verano (GDPH5/PEC).

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 *E. cyclocarpum* establecido en Valdeflores, Oaxaca.

Variables de la planta	TMA	PMA	PEC	GD5	GDPH5	IA1	IA2	IAV
Incremento en altura 6 meses	0.61 *	-0.63 *	-0.61 *	0.62 *	0.64 **	0.67 **	0.64 **	0.66 **
Incremento en altura un año	0.45	-0.54	-0.55	0.47	0.48	0.59 *	0.57 *	0.61 *
Incremento en altura 1.5 años	0.31	-0.42	-0.43	0.35	0.36	0.47	0.45	0.47
Incremento en diámetro basal 6 meses	-0.00	-0.14	-0.14	-0.01	0.02	0.28	0.28	0.27
Incremento en diámetro basal a un año	-0.22	-0.22	-0.21	-0.23	-0.21	0.30	0.32	0.28
Incremento en diámetro basal 1.5 años	0.20	-0.08	-0.09	0.19	0.22	0.21	0.20	0.23
Diámetro de copa 6 meses	-0.27	0.26	0.23	-0.26	-0.28	-0.32	-0.31	-0.29
Diámetro de copa a un año	-0.22	-0.14	-0.11	-0.21	-0.19	0.26	0.27	0.21
Diámetro de copa 1.5 años	0.45	-0.26	-0.28	0.44	0.44	0.37	0.34	0.40
Unidades de crecimiento 6 meses	0.50	-0.28	-0.27	0.49	0.50	0.39	0.36	0.39
Unidades de crecimiento a un año	-0.28	-0.05	-0.04	-0.26	-0.26	0.08	0.10	0.06
Bifurcaciones 6 meses	-0.38	0.85 **	0.86 **	-0.40	-0.40	-0.78 **	-0.77 **	-0.79 **
Bifurcaciones a un año	-0.39	0.25	0.23	-0.43	-0.38	-0.19	-0.17	-0.16
Bifurcaciones a 1.5 años	-0.63 *	0.31	0.31	-0.65 **	-0.61 *	-0.26	-0.22	-0.27
Supervivencia 6 meses	0.71 **	-0.18	-0.19	0.69 **	0.71 **	0.32	0.27	0.34
Supervivencia a un año	0.39	-0.17	-0.20	0.36	0.39	0.19	0.16	0.24
Supervivencia a 1.5 años	0.21	-0.23	-0.23	0.19	0.23	0.22	0.21	0.26

Correlaciones significativas: **p<0.05, *p<0.10. TMA= temperatura media anual; PMA= precipitación media anual; PEC= precipitación de la estación de crecimiento; GD5= grados día >5°C (basado en temperatura media mensual); GDPH5= grados día >5°C acumulado en el periodo libre de heladas; IA1= índice de aridez (GD5/PMA); IA2= índice de aridez (raíz GD5/PMA); IAV= índice de aridez en verano (GDPH5/PEC).

6.5. Plagas y enfermedades

A un año de establecido el ensayo, en ambas localidades se encontraron afectaciones de hongos del genero *Oidium* (Figura 12), pulgones (*Aphis* sp.) (Figura 13), barrenadores (Figura 14), cortapalos (*Cerambycidae*) (Figura 15), cochinilla algodonosa (*Pseudococcus longispinus* Targioni) (Figura 16) y escamas (Cuadro 18). En cambio, a un año y medio de establecida la plantación en Pinotepa de Don Luis se encontraron afectaciones por *Oidium*, pulgones, cortapalos, barrenador y defoliador (Figura 17); mientras que en Valdeflores sólo se encontraron afectaciones por *Oidium* y barrenador. Las formas de afectación de cada agente se presentan en el cuadro 18.

A un año de la plantación se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las localidades en la presencia de *Oidium* y pulgones; mientras que las otras plagas, debido a la baja presencia no se evaluaron diferencias entre localidades y entre procedencias. En la localidad Pinotepa de Don Luis hubo mayor presencia de *Oidium*, afectando el 59.2% del total de las plantas; en cambio, en la localidad Valdeflores sólo 2.9% de las plantas fueron afectadas (Cuadro 19). Asimismo, en la localidad Pinotepa de Don Luis, hubo afectación de pulgones en 28.8% de las plantas, mientras que en Valdeflores la afectación sólo fue de 0.8% (Cuadro 19). A un año y medio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las localidades para el caso de *Oidium*; en Pinotepa de Don Luis fueron afectadas 1.7% de las plantas, mientras que en Valdeflores la afectación fue de 1.3%.

La razón por la cual en Valdeflores hubo baja presencia de *Oidium* y pulgones es por la baja precipitación (813 mm) y el ambiente del sitio más seco; en cambio, en Pinotepa de Don Luis la precipitación (1,442 mm) y la humedad ambiental son mayores. Además de las diferencias entre localidades en la presencia de algunas plagas; claramente se encontró mayor afectación en la primera evaluación (un año) en comparación con la segunda evaluación (a 1.5 años) (Cuadro 19); esto se debió a que la segunda evaluación se realizó en la temporada de lluvias (junio y julio), mientras que la tercera evaluación fue en la temporada de sequía (diciembre-enero); por lo que las condiciones de mayor humedad y precipitación parecen favorecer la proliferación de plagas y enfermedades en parota.

Cuadro 18. Plagas y enfermedades encontradas en el ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* establecido en dos localidades (PDDL= Pinotepa de Don Luis y VAL= Valdeflores) de la región Costa de Oaxaca.

Agente			Forma de daño
Nombre común	Nombre técnico	Parte de la planta afectada	
Hongo	<i>Oidium</i> sp.	Yema apical y tallo suculento	Cuando el hongo está presente, en las partes afectadas se observa polvos de coloración blanca. Provoca la detención del crecimiento de la yema principal, ocasiona la acumulación de yemas (escoba de bruja).
Pulgon	<i>Aphis</i> sp.	Yema apical y brotes nuevos	Succiona la savia de las hojas, brotes y ramas tiernas, detiene el crecimiento en altura y provoca amarillamiento de los brotes.
Escamas	No identificada	Ramillas y tallo	Se alimenta principalmente de la savia de las ramillas y tallos generándoles un aspecto pegajoso.
Cortapalos	<i>Cerambycidae</i>	Tallo principal	Realiza corte circular en el tallo principal (a 1 m de altura); hasta llegar a la médula, provocando el derribo de la parte superior al corte; en el corte la planta libera savia la cual le sirve como sellador. El tallo principal que queda (tocón) saca varias ramas (bifurcaciones).
Barrenador	No identificada	Principalmente el tallo	En el tallo se presentan “grumos” donde se introduce el insecto; la larva barrena la médula; algunas veces se observa presencia en las yemas apicales y después la larva barrena en forma descendente.
Cochinilla algodonosa	<i>Pseudococcus longispinus</i>	Brotes y yemas apicales	Se alimenta de la savia del tallo y de las yemas apicales, lo cual provoca que la planta detenga su crecimiento.
Defoliador	Lepidóptera	Ramas jóvenes	Se alimentan de las hojas de la planta; la larva, con seda enrolla las ramas y hojas ocasionándoles la muerte.

De acuerdo a Moore y Allard (2008) la precipitación es el factor principal causante de la aparición de muchos patógenos, tal como ocurre con la presencia del hongo *Mycosphaerella pini* E. Rostrup que causa daños en las ramas y acículas de los pinos. Tanto en pinos como en robles la presencia del hongo *Pestalotia* sp. se debe a las altas precipitaciones y también a la humedad que presenta el lugar (Araica y Ruiz, 2005); asimismo, en *P. radiata* D. Don las afectaciones del hongo *Dothistroma septospora* (Dorogin) Morelet se deben a las altas temperaturas, mientras que la alta humedad y la baja temperatura provocan la aparición del chancro causado por el hongo *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (Fernández y Sarmiento, 2004); también la presencia, desarrollo y proliferación del hongo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Gryzenhout & M. J. Wingfield en *Eucalyptus grandis* es favorecido por la precipitación y temperatura del sitio (Paredes-Díaz et al., 2010).

Araica y Ruiz (2005) encontraron que las condiciones del clima favorecen la presencia del defoliador *Orgyia falcata* Schaus en árboles de roble. También muchos insectos descortezadores como *Ips bonansea* Hopkins, *Hylurgops longipennis* Blandford, *Gnathotrichus sulcatus* Le Conte, *Ips integer* Eichhoff, *Dendroctonus adjunctus* Blandford, *Pityophthorus*, *Gnathotrichus nitidifrons* Hopkins, *Hylurgops planirostris* Chapuis, *Gnathotrichus deleoni* Blackman e *Ips mexicanus* Hopkins tienen mayores incidencias durante la época de lluvias (julio a diciembre) (González-Medina et al., 2010).

A un año de la plantación, en la localidad Pinotepa de Don Luis se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre procedencias en la afectación de *Oidium* (Figura 12) y pulgones (Figura 13); sin embargo, en la localidad Valdeflores no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre procedencias en la afectación de ambos agentes. En la localidad Pinotepa de Don Luis en total fueron afectadas por *Oidium* 141 plantas; la procedencia San Pedro fue la más afectada (75%), pero fue estadísticamente igual a todas, excepto a las procedencias Cortijo y Colotepec que presentaron la menor incidencia (Cuadro 19). En la localidad Valdeflores sólo fueron afectadas siete plantas, dos plantas (8.3%) de las procedencias de Cortijo y Tataltepec y una planta (4.2%) de las procedencias El Zarzal, La Tuza y San Francisco. En cuanto al pulgón, en Pinotepa de Don Luis, las procedencias que tuvieron mayor afectación fueron El Zarzal y Los Limones (41.7%), las cuales fueron estadísticamente igual a

todas, excepto a la procedencia San Pedro que tuvo menor afectación (16.7%) (Cuadro 19). En cambio, en Valdeflores la única procedencia con afectación fue El Zarzal (8.3%). Esto demuestra que El Zarzal es vulnerable a esta plaga (Figura 13), ya que es la única que fue afectada en Valdeflores, y en Pinotepa de Don Luis fue de las más afectadas.

A 1.5 años de la plantación en ambas localidades, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre procedencias en la afectación de *Oidium*. En Pinotepa de Don Luis sólo se encontraron cuatro plantas afectadas, correspondientes a las procedencias Cortijo, El Zarzal, Tataltepec y Colotepec; sin embargo, en Valdeflores sólo tres plantas fueron afectadas, dos de la procedencia Tataltepec y una de la procedencia San Francisco. Para el caso del pulgón, en Pinotepa de Don Luis hubo afectaciones en 0.4% del total de las plantas; esta plaga sólo afectó a las plantas de la procedencia Tataltepec (4.2%).

Tanto el hongo del genero *Oidium* como los pulgones, han sido reportados por Robles (2010) afectando en yemas apicales y hojas de brinzales de parota cultivados en vivero; sin embargo, *Oidium* no se ha reportado para árboles adultos de parota, pero sí afecta hojas jóvenes de árboles adultos de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (Orozco-Santos, 2006). Este autor menciona que en árboles de tamarindo la mayor incidencia y daños por el hongo *Oidium* se da entre los meses de agosto a octubre. También se ha reportado la presencia de *Oidium* en *Eucalyptus* spp. (Silva et al., 2001). En cuanto a los pulgones, Solares (2008) reporta que, en ciudad de Ayala, Morelos, los pulgones del género *Aphis* atacan el raquis de hojas y los tallos jóvenes de parota.

A un año de la plantación se encontró el ataque de un barrenador de tallo (Figura 16), el cual no se pudo identificar, porque no se pudo obtener el adulto; sin embargo, el ataque es similar al ataque que ocasiona *Hypsiphyla grandella* Zeller en las meliáceas (Cuadro 18, Figura 14). En Pinotepa de Don Luis hubo mayor incidencia, se encontraron 21 plantas afectadas (8.8% del total de las plantas del experimento); las procedencias Pinotepa de Don Luis, El Zarzal, San Pedro, Pochutla y Tataltepec tuvieron tres plantas afectadas (12.5% cada una); mientras que San Francisco tuvo dos plantas afectadas (8.3%) y las procedencias Cortijo, La Tuza, Los Limones y Colotepec tuvieron sólo una planta afectada (4.2% de cada procedencia). En Valdeflores sólo se encontró una planta afectada por el barrenador, la cual corresponde a la procedencia El Zarzal. A 1.5

años de la evaluación en Pinotepa de Don Luis el barrenador sólo afectó a una planta de la procedencia Cortijo; en cambio, en Valdeflores el insecto afectó cuatro plantas correspondientes a las procedencias Tataltepec, San Francisco, San Pedro y Colotepec. Solares (2008) reporta dos tipos de barrenadores de parota en árboles adultos (externos e internos), los cuales afectan el fuste, ramas basales y apicales, corteza, albura y el duramen, pero aún no han sido identificados ya que sólo se han encontrado en estado larval.

A un año de la plantación, el insecto cortapalos (Figura 15), sólo afectó a una planta de la procedencia Cortijo en la localidad Pinotepa de Don Luis; en cambio, a 1.5 años, este insecto afectó dos plantas en la misma localidad, las cuales corresponden a las procedencias Tataltepec y San Pedro. En Valdeflores en ambas evaluaciones no se encontraron afectaciones de este insecto. Endang y Noor (2010) reportan el ataque de la familia *Cerambycidae* en árboles de *Paraserianthes falcataria* (L.) I. Nielsen y recomiendan cortar la parte infectada por el insecto. En un estudio realizado por Monné *et al.* (2002) reportaron ataque de cerambicidos en *Eucalyptus globulus* Labill y *Eucalyptus grandis*, afectando el crecimiento y calidad de la madera.

A un año de la plantación sólo en la localidad Pinotepa de Don Luis se encontró cochinilla algodonosa (*P. longispinus*) (Figura 16), en una planta de la procedencia San Francisco; sin embargo, a 1.5 años, en ambas localidades no hubo presencia de este insecto. Solares (2008) reporta que la cochinilla algodonosa (*Pseudococcus longispinus*) ataca en hojas y tallos de la parota, causándoles amarillamiento, reducción del crecimiento y muerte de ramas; en cambio, Calleja *et al.* (2010) reportan que la cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus*) (Green) causa deformaciones en los brotes, hojas, ramas y frutos de parota, las cuales se pueden controlar mediante la liberación de agentes biológicos como el coccinélido (*Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant)) y encírtido parasitoide (*Anagyrus kamali* (Moursi)). También se ha reportado cochinilla rosada en otros árboles forestales y frutales; González-Gaona *et al.* (2010) probaron el efecto de la feromona atrayente de la cochinilla rosada, en un rodal natural de parota, en un huerto comercial de mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo), en un huerto de guanábana (*Anona muricata* L.) y en una plantación comercial de *Tectona grandis*; encontraron que la presencia de este insecto es más evidente a finales de mayo y a mediados de julio.

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.

Procedencias	Evaluación a un año						Evaluación a 1.5 años			
	<i>Oidium</i>			Pulgón			<i>Oidium</i>		Pulgón	
	PDDL (%) [‡]	VAL (%)		PDDL (%)	VAL (%)		PDDL (%)	VAL (%)	PDDL (%)	PDDL (%)
Cortijo	41.7 b	8.3 a		20.8 ab	0.0		4.2 a	0.0	0.0	0.0
P. de Don Luis	62.5 ab	0.0		33.3 ab	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
El Zarzal	54.2 ab	4.2 a		41.7 a	8.3		4.2 a	0.0	0.0	0.0
La Tuza	54.2 ab	4.2 a		25.0 ab	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
Tataltepec	62.5 ab	8.3 a		20.8 ab	0.0		4.2 a	8.3 a	4.2	4.2
San Francisco	58.3 ab	4.2 a		29.2 ab	0.0		0.0	4.2 a	0.0	0.0
Los Limones	70.8 a	0.0		41.7 a	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
San Pedro	75.0 a	0.0		16.7 b	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
Colotepec	41.7 b	0.0		20.8 b	0.0		4.2 a	0.0	0.0	0.0
Pochutla	70.8 a	0.0		37.5 ab	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
Media[‡]	59.2 a	2.9 b		28.8 a	0.8 b		1.7 a	1.3 a	0.4	0.4

[‡]Letras diferentes en la misma columna indica diferencias estadísticas entre procedencias ($p<0.05$), *Letras diferentes para la misma plaga indica diferencia entre localidades ($p<0.05$).

A un año y medio de la evaluación tanto para Pinotepa de Don Luis como Valdeflores se encontraron larvas (Figura 17) del insecto defoliador; las larvas se encontraron en cuatro plantas de cada localidad. Arguedas (2007) reporta que las flores de parota son atacadas por *Asphondylia enterolobii* Gagne de la familia Ecidomyiidae, el follaje es afectado por *Coenipita bibitrix* (Noctuidae), *Mocis latipes* (Guen) de la familia Noctuidae, y una especie no identificada de la familia Oecophoridae, las ramillas son infectados por *Umbonia crasicornis* (Amyot & Serville) de la familia Membracidae, y la semilla es atacada por *Stator generalis* de la familia Bruchidae, y una especie no identificada de la familia Pyralidae.

En Pinotepa de Don Luis hubo presencia de escamas sólo en tres plantas, correspondientes a las procedencias Tataltepec (dos plantas) y San Pedro (una planta); mientras que, en la localidad Valdeflores se presentaron afectaciones en cuatro plantas, dos de la procedencia Tataltepec y las otras fueron de las procedencias Los Limones y San Pedro; se puede asumir que la procedencia Tataltepec es susceptible a las escamas ya que tuvo afectaciones en ambas localidades.

Jiménez (2011) en el Estado de Colima, encontró en parota buenas características de sanidad y puede adaptarse a diferentes condiciones edáficas, por lo que considera que la especie podría usarse para distintos fines; sin embargo, tanto en este como en otros trabajos, se han encontrado infestaciones de hongos y plagas, por lo que debe considerarse el control fitosanitario de parota si se planea establecer plantaciones. Además, Robles (2010) reporta afectaciones de plagas y enfermedades tales como polilla (larva), mosquita en estado larval, chinches, pulgones y *Oidium* en frutos, semillas, cotiledones, yema apical y hojas. Parota también es atacada por plantas parásitas (muérdagos) pertenecientes al género *Phoradendron* (*Brachystachyum* (DC) Nutt.), las cuales se insertan en las ramas vivas y puede causarle la muerte (Solares, 2008). Cibrián *et al.* (2007) reporta la presencia de canchros (*Botryosphaeria rhodina* (Berk & M.A. Curtis)) en lesiones por quemaduras del sol; por su parte, Tainter (2007) reporta afectaciones del patógeno *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl, causando clorosis y reducción de tamaño del follaje, posteriormente la caída de las hojas.



Figura 12. Hongo del genero *Oidium* (A) y escoba de bruja (B) como resultado de la afectación en plantas de *E. cyclocarpum* del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.



Figura 13. Pulgones del genero *Aphis* (Aphididae) en yemas y brotes de *E. cyclocarpum* del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.



Figura 14. Larva del barrenador (A) y grumos en el tallo (B) como consecuencia del daño en plantas de *E. cyclocarpum* del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.



Figura 15. Adulto del insecto cortapalos (*Cerambycidae*) (A) y su forma del corte en planta de *E. cyclocarpum* (B) afectada, en el ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.



Figura 16. Cochinilla algodonosa (*Pseudococcus longispinus*) encontrado en el ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* en Pinotepa de Don Luis, región Costa de Oaxaca.



Figura 17. Larva del insecto defoliador (A) y su daño (B) en plantas de *E. cyclocarpum* del ensayo de procedencias establecido en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.

VII. CONCLUSIONES

Las mejores condiciones ambientales y edafológicas de Pinotepa de Don Luis, en comparación con las condiciones de Valdeflores, favorecieron el crecimiento de parota; ocasionando diferencias entre localidades de plantación. Sin embargo, las diferencias en las condiciones ambientales y edafológicas de las localidades no fueron evidentes sobre la supervivencia; en Pinotepa de Don Luis la mayor mortalidad se debió a las tuzas, en cambio en Valdeflores la mayor mortalidad se debió a la sequía.

Las procedencias no tienen el mismo comportamiento en ambas localidades, reflejando así la interacción genotipo x ambiente; esta interacción varía de acuerdo a la variable que se trate, asimismo, para la misma variable, la interacción puede variar a través del tiempo; para algunas variables la interacción genotipo x ambiente puede ser significativa inicialmente, pero a mayor edad de los árboles puede no ser significativa; para otras variables puede ocurrir lo contrario.

En ambas localidades de plantación, usando las procedencias locales o próximas al sitio de plantación, se obtienen mejores resultados de crecimiento; en Pinotepa de Don Luis la procedencia local fue la mejor, mientras que en Valdeflores, la procedencia Colotepec, fue la mejor.

Los factores geográficos y climáticos del origen de semillas de parota influyen sobre el crecimiento y otras variables evaluadas; sin embargo, las correlaciones pueden ser negativas y positivas, dependiendo de la variable que se trate y de la localidad en donde se desea establecer la plantación; el efecto de la altitud, precipitación e índices de aridez son los factores más evidentes, por lo tanto, para tener buenos crecimientos, el material genético (semillas) debe establecerse en los sitios con altitudes, precipitaciones e índices de aridez similares al de los sitios de recolecta.

Las diferencias entre localidades de plantación en la incidencia de plagas y enfermedades se debe a las diferencias en las condiciones ambientales; en Pinotepa de Don Luis por ser más lluvioso y más húmedo, en comparación con Valdeflores, existe mayor incidencia; asimismo existe mayor incidencia de plagas y enfermedades en temporada de lluvias que en temporada de sequía.

VIII. RECOMENDACIONES

En ambas localidades, seguir evaluando los ensayos, para identificar la o las procedencias que siguen teniendo buenos crecimientos en campo, así como para conocer la dinámica de la introducción genotipo x ambiente y de las correlaciones entre las variables de crecimiento, forma y tamaño de copa con los factores geográficos y climáticos a través del tiempo.

Con los datos de esta investigación y de evaluaciones posteriores, junto con datos de características climáticas, geográficas y edáficas de las procedencias, determinar reglas de transferencia de semillas.

Establecer otros ensayos e incluir más procedencias de *E. cyclocarpum* ya que por la variabilidad de condiciones en la región, las respuestas pueden ser específicas para cada sitio.

Realizar ensayos sobre progenies para poder seleccionar genotipos que además de tener buenos crecimientos, sean capaces de soportar las condiciones de estrés hídrico, como las que se presentan en lugares con baja precipitación y alta temperatura como ocurre en la localidad Valdeflores.

Para plantaciones en sitios cercanos a las localidades donde se realizó esta investigación, debe preferirse la semilla local o semilla de altitudes similares; así para la zona de Pinotepa de Don Luis debe plantarse la procedencia Pinotepa de Don Luis y para la zona de Valdeflores debe plantarse la procedencia Colotepec.

Las semillas de parota deben ser establecidas en sitios con altitudes, precipitaciones e índice de aridez similares al de los sitios de recolecta; en este aspecto no se deben plantar procedencias de altitudes elevadas en sitios con altitudes bajas y lo contrario.

Identificar y caracterizar las posibles plagas y enfermedades que atacan al *E. cyclocarpum* en campo y realizar investigaciones para su control.

IX. LITERATURA CITADA

- Aastveit, A.H., and K. Aastveit. 1993. Effects of genotype-environment interactions on genetic correlations. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 1007-1013.
- Abd S., N.A., K. Awang, P. Venkateswarlu, and A.L. Senin. 1993. Three-year performance of *Acacia auriculiformis* provenances at Serdang, Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 17: 95-102.
- Alba-Landa, J. L. del C. Mendizábal-Hernández, E.O. Ramírez-García, y M de la P. Méndez-Guzmán. 2002. Establecimiento de tres ensayos de procedencia/progenie de *Pinus teocote* Schl. et Cham. en el estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 4: 17-22.
- Aldana B., R., y M. Aguilera R. 2003. Procedimientos y cálculos básicos, útiles en la operación de viveros que producen en contenedor. Comisión Nacional Forestal. Coordinación General de Conservación y Restauración, Gerencia del Programa Nacional de Reforestación, Subgerencia de Producción. Guadalajara, Jal. 45 p.
- Alfaro, E. A., A. Alvarado, y A. Chaverri. 2001. Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales de bosque tropical seco en guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 25: 7-20.
- Araica C., R., y E. Ruiz G. 2005. Determinación de insectos y patógenos en la Reserva Natural Meseta Tisey-Estanzuela, Estelí. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Nicaragua. 47 p.
- Arguedas G., M. 2007. Plagas y Enfermedades Forestales en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. 69 p.
- Arredondo, S., J. Aronson, C.Ovalle, A. del Pozo, and J. Avendaño. 1998. Screening multipurpose legume trees in central Chile. *Forest Ecology and Management* 109: 221-229.
- Awang, K., N.A.A. Shukor, G. Ådjers, S. Bhumibhamon, F.L. Pan, and P. Venkateswarlu. 1994. Performance of *Acacia auriculiformis* provenances at 18 months on four sites. *Journal of Tropical Forest Science* 7: 251-261.

- Balcorta M., H.C., y J.J. Vargas H. 2004. Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de Melina (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) de tres años de edad. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 10: 13-19.
- Barner, H., B. Ditlevsen, y K. Olesen. 1992. Introducción al mejoramiento genético forestal. Nota de clase No. D.1. In: Mejoramiento Forestal y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. L. F. Jara N. (Ed.). Danida Forest Seed Center, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp: 19-42.
- Barrientos R., L., M. Segura N., F. López-Dellamary T., J. Vargas R., F. Navarro A., F. Zamora N., and A. Santerre L. 2007. Chemical composition and nutritional evaluation of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (Fabaceae-Mimosoidae) seeds from Jalisco and Nayarit, México. Scientia-CUCBA 9: 39-45.
- Bravo M., C. 1999. Inventario nacional de especies vegetales y animales de uso artesanal. Asociación Mexicana de Arte y Cultura Popular A. C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J002. México D.F. 110 p.
- Burley, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. Unasylva 23: 24-28.
- Callaham, R.Z. 1964. Investigación de procedencias: estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. Unasylva 18: 40-50.
- Calle, Z., y E. Murgueitio. 2009. El orejero: sombrío, frutos, madera y fertilidad para los pasajes ganaderos. Carta Fedegán 113: 48-56.
- Calleja G., Z., E. Mora A., L. Valencia L., y R.A. Gutiérrez M. 2010. Protocolo operativo de la campaña contra la cochinilla rosada del hibiscus *Maconellicoccus hirsutus* (Green). SAGARPA-SENASICA. 34 p.
- CATIE. 2000. Nota Técnica No. 25: *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. In: Manejo de Semillas de 100 Especies Forestales de América Latina, Volumen 1. F. Salazar R. (Coord. Tec.), C. Soihet y M. J. Méndez (Comps. Tecs.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto de Semillas Forestales. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica. pp: 49-50.
- Chízmar F., C., A. Lu M., y M.D. Correa A. 2009. Plantas de uso folclórico y tradicional en Panamá. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo, Heredia, Costa Rica. 132 p.

- Cibrián T., D., S.E. García D., I. Colomo G., G. Huerta P., F. Holguín M., y J. Macías S. 2007. Cancro por *Botryosphaeria rhodina*. Teleomorfo *Botryosphaeria rhodina* (Berk & M. A. Curtis) Arx. (Botryosphaeriales, Botryosphaeriaceae). Anamorfo: *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. (Shaeropsidales, Sphaerioidaceae). In: Enfermedades Forestales en México. D. Cibrián T., D. Alvarado R., y S.E. García D. (Eds.). Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. pp: 154-156.
- Cochran, W. G., y G. M. Cox. 2001. Diseños experimentales. 2ª ed. TRILLAS, México. 660 p.
- Conkle, M.T. 2004. Zonificación de semillas en México. In: Manejo de Recursos Genéticos Forestales. J.J. Vargas H., B. Bermejo V., y F. Thomas L. (Edits.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, Comisión Forestal Nacional, Zapopan, Jalisco. pp: 59-71.
- Couttolenc-Brenis, E., J.A. Cruz-Rodríguez, E. Cedillo P., y M.Á. Musálem S. 2005. Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejeda, Veracruz. Revista Chapingo 11: 45-50.
- Dalton, P. M. 1982. Oaxaca Monografía Estatal. 3ª ed. Comisión Nacional de los Libros de Texto Gratuitos, Puebla, México. 269 p.
- Daubenmire, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in North-Western Costa Rica. Journal of Ecology 60: 147-170.
- De la Garza, M., M. León P., y A. Recinos. 1992. Literatura Maya. 2ª. ed. Biblioteca Ayacucho, Venezuela. 270 p.
- Di Stéfano, J.F., y L.A. Fournier. 1999. Crecimiento de la parte aérea y radicular de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste), ciudad Colón, Costa Rica. Agronomía Costarricense 23: 77-87.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. Diciembre de 2002. México, D.F. 85 p.

- Ducousso, A., J.P. Guyon, and A. Krémer. 1996. Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl). *Annals of Forest Science* 53: 775-782.
- Echenique-Manrique, R., y R.A. Plumptre. 1994. Guía para el uso de madera de Belice y México. A.T. Ortega, y K. Echenique (Eds.). Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la madera, A. C., y Universidad de Oxford. México. 196 p.
- Endang, A.H., and H. Noor F. 2010. Infestation of *Xystrocera festiva* in *Paraserianthes falcataria* plantation in east Java, Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science* 22: 397-402.
- Febles G., y T.E. Ruiz. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12: 4-27.
- Fernández M., A., y A. Sarmiento M. 2004. El pino radiata (*Pinus radiata*) manual de gestión forestal sostenible. Junta de Castilla y León. España. 64 p.
- Ferrari, A.E., y L.G. Wall. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105: 63-87.
- Floyd, R.B., R.J. Arnold, G.S. Farrell, and R.A. Farrow. 2003. Genetic variation in growth of *Eucalyptus grandis* grown under irrigation in south-eastern Australia. *Australian Forestry* 66: 184-192.
- Foroughbakhch, R., M.A. Alvarado-Vázquez, J.L. Hernández-Piñero, A. Rocha-Estrada, M.A. Guzmán-Lucio, and E.J. Treviño-Garza. 2006. Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern México. *Forest Ecology and Management* 235: 194-201.
- Francis, J.K. 1999. Especies forestales para plantar en áreas forestales, rurales y urbanas de Puerto Rico. General Technical Report IIF-13. Forest Service, United States Department of Agriculture - International Institute of Tropical Forestry. Río Piedras, Puerto Rico. 88 p.
- Francis, J.K. 2000. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. In: Biotecnología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y Las Indias Occidentales. J.K. Francis, y C.A. Lowe (Edits.). Reporte Técnico General IITF-15. Departamento de

- Agricultura de los Estados Unidos-Servicio Forestal. Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Río Piedras, Puerto Rico. pp: 195-199.
- Gapare, W.J., and C. Musokonyi. 2002. Provenance performance and genetic parameter estimates for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* planted at three sites in Zimbabwe. *Forest Genetics* 9: 183-189.
- García R., M. 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles. Dirección de Fomento Forestal. INAFOR. 37 p. Consultado: [13 de abril de 2010] Disponible en: <http://www.inafor.gob.ni:8080/publicaciones/pdf/Produccion%20Semillas%20forestales%20Especies%20forrajeras%20.pdf>
- Ginwall H. S., P. Kumar, V.K. Sharma, A.K. Mandal, and C.E. Harwood. 2004. Genetic variability and early growth performance of *Eucalyptus tereticornis* Sm. in provenance cum progeny trials in India. *Silvae Genetica* 53: 148-153.
- González-Medina, R.E., A. Equihua M., M.A. Mendoza B., y D. Cibrián T. 2010. Relaciones entre descortezadores (Coleóptera: Scolytidae) y vitalidad en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Mexicana de Ciencia Forestal* 1: 121-133.
- González-Gaona, E., G. Sánchez-Martínez, A. Zhang, J. Lozano-Gutiérrez, y F. Carmona-Sosa. 2010. Validación de dos compuestos feromonales para el monitoreo de la cochinilla rosada del hibisco en México. *Agrociencia* 44: 65-73.
- Habte, M., and M. Musoko. 1994. Changes in the vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of *Albizia ferruginea* and *Enterolobium cyclocarpum* in response to soil phosphorus concentration. *Journal of Plant Nutrition* 17: 1769-1780.
- Harfouche, A. 2000. A non-parametric data analysis for studying genotype x environment interaction effects in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Genetics* 7: 253-263.
- Himmapan, W., M. Martpalakorn, P. Kaennark, J. Bhodthipuks, D. Staporn, B. Ponoy, and J.S Jensen. 2008. Evaluation of an International provenance trial of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) in Kamphaeng Plet province Thailand. *Forest & Landscape. Working Papers* no. 32/2008. Forest & Landscape Denmark, University Copenhagen. 44 p.

- Hovenden, M. J., and J.K. Vander S. 2006. The response of leaf morphology to irradiance depends on altitude of origin in *Nothofagus cunninghamii*. *New Phytologist* 169: 291-297.
- Hughes, C.E., and J. L. Stewart. 1990. *Enterolobium cyclocarpum*: the ear pod tree for pasture, fodder and wood. A quick guide to useful nitrogen fixing trees from around the world. Oxford Forestry Institute. pp: 77-78.
- Hunde T., D. Duguma, B. Gizachew, D. Mamushet and D. Teketay. 2002. Growth and form of *Eucalyptus grandis* provenances at Wondo Genet, southern Ethiopia. *Australian Forestry* 66: 170-175.
- In-Sik, K., K. Hae-Yun, R. Keun-Ok, and C. Wan-Yong. 2008. Provenance by site interaction of *Pinus densiflora* in Korea. *Silvae Genetica* 57: 131-138.
- Isik, F., K. Isik, and S.J. Lee. 1999. Genetic variation in *Pinus brutia* Ten. in Turkey: I. growth, biomass and stem quality traits. *Forest Genetics* 6: 89-99.
- Izaguirre F., F., y J.J. Martínez T. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha* 21(1): 28-40.
- INEGI. 2011. Prontuarios de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Pinotepa de Don Luis (Clave geoestadística 20070), San Pedro Mixtepec Distrito 22 (Clave geoestadística 20318), San Pedro Pochutla (Clave geoestadística 20324), Villa de Tututepec de Melchor Ocampo (Clave geoestadística 20334), Santa María Colotepec (Clave geoestadística 20401), Santa María Cortijo (Clave geoestadística 20402), Santiago Jamiltepec (Clave geoestadística 20467), Tataltepec de Valdez (Clave geoestadística 20543), [En línea]. Consultado: [17, febrero, 2011] Disponible en <http://mapserver.inegi.gob.mx/webdocs/prontuario/>.
- Jiménez P., J.L. 2011. Evaluación de plantaciones forestales comerciales de parota *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., en el estado de Colima. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán. 55 p.
- Jonas, C.S., and M.A. Geber. 1999. Variation among populations of *Clarkia unguiculata* (Onagracea) along altitudinal and latitudinal gradients. *American Journal of Botany* 86: 333-343.

- Kobliha J., M. Slávik, V. Hynek, J. Klápště, and J. Stejskal. 2010. Production impacts of forest tree breeding on an example of *Norway spruce*. *Journal of Forest Science* 56: 348-352.
- Kundu, S.K., Q.N. Islam, C.J.S.K. Emmanuel, and P.M.A. Tigerstedt. 1998. Observations on genotype x environment interactions and stability in the international Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) provenance trials in Bangladesh and India. *Forest Genetics* 5: 85-96.
- León A., R. 1989. Manual Edafológico de Campo. Textos universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 79 p.
- Leopold, A.C., R. Andrus, A. Finkeldey, and D. Knowles. 2001. Attempting restoration of wet tropical forests in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 142: 243-249.
- López, C., A. Maldonado, y V. Salim. 2001. Variación genética de progenies de *Prosopis alba*. *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales* 10: 59-68.
- López-Upton, J., C. Ramírez-Herrera, O. Plascencia-Escalante, y J. Jasso-Mata. 2004. Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38: 457-464.
- López-Ayala, J.L., J.I. Valdez-Hernández, T. Terrazas, y J.R. Valdez-Lazalde. 2006. Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en Colima, México. *Agrociencia* 40: 139-147.
- Lozada, J. R., J. Moreno, y R. Suescun. 2003. Plantaciones en fajas de enriquecimiento. Experiencias en 4 Unidades de Manejo Forestal de la Guayana Venezolana. *Interciencia* 28: 568-575.
- Mas P., J. 2003. Resultados de la evaluación de las plantaciones forestales en la región de Hidalgo-Zinapécuaro. Comisión Forestal del Estado. Boletín Técnico 1 (6): 20.
- Makocki, M.W., and J.I. Valdez-Hernández. 2001. Radial growth periodicity of tree species in a semi-deciduous tropical forest of the pacific coast of México: implications for their management. *In: Proceedings of the IUFRO Joint Symposium on Tree Seed Technology, Physiology and Tropical Silviculture Trees*. K. Connor, T. Beardmore, E. L. Tolentino, Jr., and W. M. Carandang (Edits.). College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines Los Baños. pp: 85-96.

- Mesén, F. 1994. Ensayos de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis. *In*: Manual sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Central. Cornelius, J. P., J. A. Mesén, y E. A. Corea (Eds.). Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp: 25-44.
- Mesén, F. 1997. Potencial del mejoramiento genético en la silvicultura. *Agronomía Costarricense* 21: 49-53.
- Mesén F., W. Vásquez, y E. Víquez. 2007. Ensayos de familias F₂ de *Eucalyptus deglupta* y *E. grandis* con fines de conversión en huertos semilleros. *Agronomía Costarricense* 31: 9-20.
- Monné, M., M. Bianchi, A. Sánchez, y R. Escudero. 2002. Cerambícidos (Coleoptera) que atacan *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus grandis* en Uruguay. *Agrociencia* 6: 63-68.
- Moore, B., y G. Allard. 2008. Los Impactos del Cambio Climático en la Sanidad Forestal. Departamento Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 35 p.
- Mora P., F., y R. Meneses R. 2004. Comportamiento de procedencias de *Acacia saligna* (Labill.) H. L. Wendl en la región de Coquimbo, Chile. *Ciência Forestal* 14: 103-109.
- Morales, D.A., y D.M. Sarmiento P. 2008. Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago-Nilo Cundinamarca. Universidad Autónoma de Colombia. Bogotá, Colombia. 115 p.
- Murillo, O. 2001. Genotype by environment interaction and genetic gain on unbalanced *Pinus oocarpa* provenances trials. *Agronomía Costarricense* 25: 21-32.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México: Naturales e Introducidos. LIMUSA. México. 206 p.
- Nienstaedt H. 1990. Selección de especies y procedencias. *In*: Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Eds.). Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp: 34-50.
- Orozco-Santos, M. 2006. Cenicilla (*Oidium* sp.) del tamarindo (*Tamarindus indica* L.): un problema recurrente y su manejo integrado en el trópico seco de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24: 152-155.

- Paredes-Díaz, E., J. Jasso-Mata, J. López-Upton, y D. Alvarado-Rosales. 2010. Presencia de *Chrysoporthe cubensis* (Bruner) Gryzenhout & M. J. Wingf. en plantaciones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 81-92.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. 3ª. Ed. UNAM, México. 523 p.
- Pérez-García, E. A., J. Meave, y C. Gallardo. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana* 56: 19-88.
- Pérez G., J. C., y R. Galán L. 2009. Determinación del coeficiente de apilamiento para tres especies arbóreas en un acahual sometido a roza, tumba y quema en la Costa de Oaxaca. *In: Memoria de resúmenes del IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Silvicultura Comunitaria: Legado Cultural y Trabajo en Armonía con la Naturaleza.* G.V. Campos A., A.V. Velasco V., J.R. Enríquez del V., A. Becerril T., G.N. Molina L., F. Marini Z., y J. Ruíz L. (Comps.). 23-26 de noviembre, 2009. Oaxaca, Oax., México. pp: 65.
- Plancarte B., A. 1990. Selección de árboles superiores. *In: Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales.* T. Eguiluz P., y A. Plancarte B. (Eds.). Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp: 51-77.
- Psawarayi, I.Z., R.D. Barnes, J.S. Birks, and P.J. Kanowski. 1997. Genotype-environment interaction in a population of *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. *Silvae Genetica* 46: 35-40.
- Rehfeldt, G.E., N.M. Tchebakova, L. I. Milyutin, E.I., Parfenova, W.R. Wykoff, and N.A. Kouzmina. 2003. Assessing population responses to climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with climate-transfer models. *Eurasian Journal of Forest Research* 6: 83-98.
- Rehfeldt, G.E., N.L. Crookston, M.V. Warwell, and J.S. Evans. 2006. Empirical analyses of plant-climate relationships for the Western United States. *International Journal of Plant Sciences* 167: 1123-1150.
- Reich, P. B., and R. Borchert. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.

- Reilly, D. F., R.M. Robertson, K. Neitzel, M.J. Clark, and M.N. Hearnden. 2006. Results of recent trials of high-value hardwood tree species in the northern territory of Australia. Information Booklet IB2. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines. Australia. 27 p.
- Rico-Gray, V., and M. Palacios-Rios. 1996. Leaf area variation in *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) along a latitudinal gradient in México. *Global Ecology and Biogeography Letters* 5: 30-35.
- Robles S., R. 2010. Calidad de planta y variación de semillas en *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la región costa de Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca. 93 p.
- Rodríguez, G.H., y C.R. López. 2002. Variación genética de progenies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari. *Quebracho* 9: 19-28.
- Rodríguez L., R., S. Valencia M., J. Meza R., M.A. Capó A., y A. Reynoso P. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 19-26.
- Rosales, L., F. Suhartono W., W. S. Dvorak, y J. L. Romero. 1999. Parámetros genéticos y variación entre procedencias de *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake establecidas en Venezuela. *Foresta Veracruzana* 1(2): 13-18.
- Ruíz A., V. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov. en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 93 p.
- Sáenz R., C. 1995. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. *In: Manejo de Recursos Genéticos Forestales*. J.J. Vargas H., B. Bermejo V., y F. Thomas L. (Eds.). Colegio de Postgraduados-Comisión Forestal, México. pp: 73-86.
- Sáenz R., C. 2005. Zonificación y conservación de coníferas en México. *In: Uso y Conservación de Recursos Genéticos Forestales*. G. Vera C., J.J. Vargas H., y J. Dorantes L. (Eds.). Colegio de Postgraduados-Comisión Nacional Forestal, México. pp: 21-28.
- Sáenz-Romero, C., R.R. Guzmán-Reyna, and G.E. Rehfeldt. 2006. Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, México implications for

- seed zoning, conservation, tree breeding and global warming. *Forest Ecology and Management* 229: 340-350.
- Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston, P. Duval, R. St-Amant, J. Beaulieu and B.A. Richardson. 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for México and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climate Change* 102: 595-693.
- Sáenz-Romero, C., L.F. Ruiz-Talonia, J. Beaulieu, N.M. Sánchez-Vargas, and G.E. Rehfeldt. 2011a. Genetic variation among *Pinus patula* populations along an altitudinal gradient. Two environment nursery tests. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34 (1): 19-25.
- Sáenz-Romero, C., J. Beaulieu, and G.E. Rehfeldt. 2011b. Altitudinal genetic variation among *Pinus patula* populations from Oaxaca, México, in growth chambers simulating global warming temperatures. *Agrociencia* 45: 399-411.
- Salas-Morales, S.H., A. Saynes-Vázquez, y L. Schibli. 2003. Flora de la Costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 21-58.
- Salazar G., J. G., J. J. Vargas H., J. Jasso M., J.D. Molina G., C. Ramírez H., y J. López U. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de pinus en edades tempranas. *Madera y Bosques* 5(2): 19-34.
- Sánchez M., V., J. G. Salazar G., J.J. Vargas H., J. López U., y J. Jasso M. 2003. Parámetros genéticos y respuestas a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 19-27.
- Schenone, R. A., L. Storck, y M. P. Martins-Corder. 2002. Variación genética en procedencias/progenies de polinización abierta de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Bosque* 23: 79-89.
- Serratos A., J. C., J. Carreón A., H. Castañeda V., P. Garzón de la M., y J. García E. 2008. Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia* 33: 850-854.
- Silva, M. D. D., A. C. Alfenas, L. A. Maffia, e E. A. V. Zauza. 2001. Etiología do oídio do Eucalipto. *Fitopatologia Brasileira* 26: 201-205.
- Solares A., F. 2008. Diagnóstico de los problemas fitosanitarios del árbol histórico de parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) de la plaza central de la

- ciudad de Ayala, Morelos. Folleto Técnico No. 34. SAGARPA-INIFAP. Zacatepec, Morelos, México. 12 p.
- Statistical Analysis System. 1988. SAS User's Guide: Statistics Release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Tainter, F. H. 2007. Declinamiento de la parota. *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. (Sphaeropsidales, Sphaerioidaceae). In: Enfermedades Forestales en México. D. Cibrián T., D. Alvarado R., y S. E. García D. (Eds.). Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México pp: 448-449.
- Torres C., R. 2004. Tipos de Vegetación. In: Biodiversidad de Oaxaca. A. J. García-Mendoza, M. de J. Ordoñez, y M. Briones-Salas. (Eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza - World Wildlife Foundation, México. pp: 105-117.
- Torres O., M. 2007. Evaluación de plantaciones forestales mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago. 59 p.
- Turna, I., and D. Güney. 2009. Altitudinal variation of some morphological characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey. African Journal of Biotechnology 8: 202-208.
- Uribe-Salas, D., C. Sáenz-Romero, A. González-Rodríguez, O. Téllez-Valdéz, and K. Oyama. 2008. Foliar morphological variation in the White oak *Quercus rugosa* Née (Fagaceae) along a latitudinal gradient in México: potential implications for management and conservation. Forest Ecology and Management 256: 2121-2126.
- Valencia M., S., M. V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruiz M., y M. A. Capó A. 2006. Ensayos de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca alta de Oaxaca, México. Fitotecnica Mexicana 29: 27-32.
- Vallejos, J., Y. Badilla, F. Picado, y O. Murillo. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. Agronomía Costarricense 34: 105-119.
- Vargas U., G. 2006. Geografía de Costa Rica. EUNED. San José, Costa Rica. 288 p.

- Vázquez-Yanes, C., y B. Pérez-García. 1977. Notas sobre la morfología, la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*. Turrialba 27: 427-430.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del Proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM. 311 p.
- Verzino, G., C. Carranza, M. Ledesma, J. Joseau and J. Di R. 2003. Adaptive genetic variation of *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz: preliminary results from one test-site. Forest Ecology and Management 175: 119-129.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. López-Upton, y J. J. Vargas-Hernández. 2005. Variación genética altitudinal en el crecimiento de plantas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en campo. Agrociencia 39: 575-587.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández, y J. López-Upton. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29: 121-126.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton, G. Ramírez-Valverde, and A. Santacruz-Varela. 2009. Altitudinal genetic variation in *Pinus hartwegii* Lindl. I: Height growth, shoot phenology, and frost damage in seedlings. Forest Ecology and Management 257: 836-842.
- Wei, R. P., K. Lindgren, and D. Lindgren. 2001. Parental environment effects on cold acclimation and height growth in Lodgepole pine seedlings. Silvae Genetica 50: 252-257.
- Zobel, B., y J. Talbert. 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. LIMUSA. México. 545 p.