UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

GERMINACIÓN DE SEMILLA DE TRES PROCEDENCIAS DE *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl. (JULIANIACEAE)

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO FORESTAL

Presenta

Areli Madai Guzmán Pozos

Director de tesis

Dr. Efraín Cruz Cruz

Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, Enero, 2012

Universidad del Mar

Puerto Escondido Puerto Angel Huatulco

O A X A C A

Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, Enero de 2012

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis "Germinación de semilla de tres procedencias de *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl. (Julianiaceae), presentada por la pasante en Ingeniero Forestal Areli Madai Guzmán Pozos, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

Dr. Efraín Cruz Cruz
INIFAP-Zacatepec
Director de tesis

M. C. Fortunato Solares Arenas
INIFAP-Zacatepec
Revisor

Dra. Juana Laura Rivera Nava
Universidad del Mar
Revisora

M.C. Mario Valerio Velasco García
Universidad del Mar
Revisor

Dr. Erik Pablo Carrillo
Universidad del Mar
Revisor

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, paciencia y la fuerza para poder concluir esta tesis.

Al INIFAP por a verme brindado la oportunidad de realizar la tesis en sus instalaciones.

Al Dr. Efraín Cruz Cruz, por su paciencia, comprensión y dirección en este trabajo de tesis.

A doña Erika Cruz y Angélica por a ver abierto las puertas de su casa y corazón, quienes son parte fundamental de esta tesis.

A don Antonio Tinoco y doña Viky, por brindarme su apoyo y amor incondicional.

A mis compañeros y amigos del INIFAP de Valles Centrales, Leticia, Rosa, Javier, Gaby Joaquín, Maribel, don Agustín y doña Ana. A los investigadores Dr. Martin y la M.C. Maricela.

A mis compañeros y amigos del INIFAP Zacatepec, Ma. Del Rocío, Sandra, Ma. Luisa, Rosa Edith, Juan Carlos y Margarito. A los investigadores M.C. Faustino, Dr. Sergio, Dr. Felipe, Bióloga Martha, M.C. Fortunato y M.C. Cristina.

A la Universidad del Mar "Campus Puerto Escondido", a los profesores de esta universidad que influyeron en mi formación, a todos mis compañeros y amigos que hicieron grandiosa e inolvidable mi estancia en la Universidad del Mar.

A la Dra. Juana Laura por su apoyo, consejos académicos y personales, a mis revisores M.C. Mario Valerio y Dr. Erik Pablo.

A Justino, a mis compañeros de generación Brenda, Roxana, Ma. Luisa, Azucena, Xochitl, Edgar y José Manuel. A Ignacio por su amistad, amor y apoyo.

A mis amigas y hermanas Minerva, Eufrocinia y Erika.

DEDICATORIA

A mis padres

José Luis Guzmán y Socorro Pozos

A mis hermanos

Damaris y Esdras

A mi abuela

Rafaela Pacheco

Tíos y primos, y a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido Páginas

ÍNDICE DE CUADROS iii
ÍNDICE DE FIGURAS iv
ÍNDICE DE ANEXOS vi
RESUMEN vii
ABSTRACT viii
1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 3
2.1. Objetivo general 3
2.2. Objetivos específicos 3
3. HIPÓTESIS 3
4. REVISIÓN DE LITERATURA 4
4.1. Selva baja caducifolia 4
4.2. Cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.) 5
4.2.1. Sinonimias 5
4.2.2. Familia y género 6
4.2.3. Ubicación taxonómica y descripción botánica 6
4.2.4. Dispersión del fruto 9
4.2.5. Distribución 10
4.2.6. Importancia 11
4.2.7. Problemas señalados por el aprovechamiento de la especie 13
4.3. Ecología de frutos y semillas 14
4.3.1. Importancia de los frutos 14
4.3.2. Frutos partenocárpicos 14
4.3.3. Importancia y estructura de las semillas 14
4.3.4. Polimorfismo de las semillas 15
4.3.5. Variabilidad genética 17
4.4. Germinación 18
4.4.1. Definición de germinación 18
4.4.2. Proceso de germinación 19
4.4.3. Factores que afectan a la germinación 20
4.4.4. Tipos de germinación 21

4.5. Latencia de las semillas 21
4.5.1. Tipos de latencia en las semillas 22
4.6. Viabilidad y almacenamiento de las semillas 23
4.7. Semillas ortodoxas y recalcitrantes 25
5. MATERIALES Y MÉTODOS 28
5.1. Descripción de las procedencias y selección de los individuos 28
5.2. Beneficiado de los frutos y semillas 31
5.3. Ubicación del experimento 32
5.4. Contenido de humedad de las semillas 33
5.5. Imbibición de las semillas 34
5.6. Peso seco de las semillas 34
5.7. Medición de los frutos 35
5.8. Número de semillas potenciales y formadas por fruto 36
5.9. Emergencia de semillas en condiciones de laboratorio 37
5.10. Emergencia y germinación de semillas en condiciones de invernadero 41
5.11. Análisis de datos 43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
6.1. Características físicas de las semillas 45
6.2. Características físicas del fruto 52
6.3. Número de lóculos y de semilla por fruto 56
6.4. Emergencia en condición de laboratorio 64
6.5. Emergencia y germinación en condición de invernadero 70
7. CONCLUSIONES 84
8. RECOMENDACIONES 86
9. LITERATURA CITADA 87
10. ANEXOS 107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las procedencias de *A. adstringens*. 28
Cuadro 2. Precipitación y temperatura de tres procedencias de recolecta de frutos de *A. adstringens*. 29
Cuadro 3. Número de semillas por kilogramo en las procedencias de *A. adstringens* al 9% de CH. 50
Cuadro 4. Comparación de medias de cinco características físicas de los frutos de tres procedencias de *A. adstringens.* 52
Cuadro 5. Comparación de medias del número de lóculos y de semillas por fruto en *A. adstringens*. 56
Cuadro 6. Porcentaje de emergencia (% EMER), valor pico (VP), emergencia media diaria (EMD) y velocidad de emergencia (VE) de semillas tres procedencias de *A. adstringens* en condiciones de laboratorio. 65
Cuadro 7. Porcentaje de emergencia (% EMER) y germinación (% GERM), valor pico de emergencia y germinación (VP), emergencia y germinación media diaria (EMD y GMD), velocidad de emergencia y germinación (VE y VG) de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero. 71
Cuadro 8. Comparación de medias de la emergencia de semillas de tres procedencia de *A. adstringens*, en cuatro temperaturas bajo condiciones de invernadero. 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del fruto de *A. adstringens* (adaptado de Cuevas, 2005). 8
Figura 2. Distribución de *A. adstringens* en México (adaptado de Solares, 2002). 11
Figura 3. Desarrollo y madurez del fruto de *A. adstringens*; 1) flores, 2) fruto inmaduro, 3) fruto maduro. 30
Figura 4. Forma de la recolección de frutos de *A. adstringens* en las procedencias de Quilamula y San Juan de los Cués. 31
Figura 5. Beneficiado y secado de frutos de *A. adstringens* bajo sombra sobre papel periódico. 32
Figura 6. Invernadero utilizado para la germinación de las semillas de *A. adstringens*, Campo Experimental Zacatepec del INIFAP 32
Figura 7. Pesado (a) y secado (b) de las muestras de semillas de *A. adstringens*. 33
Figura 8. Fruto de *A. adstringens* con las áreas consideradas para medirlas. 35
Figura 9. Corte transversal del fruto de *A. adstringens*, para conteo de semillas, lóculos y posición de las semillas. 37
Figura 10. Acomodo de las semillas de *A. adstringens* en las cajas petri y en la germinadora. 39
Figura 11. Semillas de *A. adstringens* con diferente longitud de radícula. 40
Figura 12. Ubicación de las unidades del experimento dentro del invernadero. 42
Figura 13. Contenido de humedad de las semillas de tres procedencias de A. adstringens. 45
Figura 14. Imbibición de las semillas de tres procedencias de *A. adstringens*. 47
Figura 15. Peso seco de 100 semillas de tres procedencias de *A. adstringens*. 49
Figura 16. Longitud promedio del fruto de 58 árboles de tres procedencias de A. adstringens. 53
Figura 17. Porcentaje de frutos con 0, 1, 2, 3 y 4 semillas de *A. adstringens* de tres procedencias. 57
Figura 18. Número de lóculos por fruto de tres procedencias de *A. adstringens*. 61
Figura 19. Posición de la semilla en relación con la ubicación del lóculo dentro del fruto en tres procedencias de *A. adstringens*. 63
Figura 20. Semillas de *A. adstringens* emergidas en condiciones de laboratorio. 66
Figura 21. Porcentaje de emergencia acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias evaluadas en condiciones de laboratorio. 66
Figura 22. Longitud de la radícula de semillas de A. adstringens, de tres procedencias en los primeros tres días de emergidas. 67
Figura 23. Viabilidad de las semillas de tres procedencias de *A. adstringens* determinadas mediante ensayos de germinación en condiciones de laboratorio. 69
Figura 24. Porcentajes de emergencia de semillas de A. adstringens de 58 árboles de tres procedencias. 72

Figura 25. Emergencia acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero. 73
Figura 26. Germinación acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero. 74
Figura 27. A) plántula de *A. adstringens* emergida con vestigios de la estructura del fruto, B) cotiledones con dificultades para extenderse por la resistencia de las estructuras del fruto o la debilidad de la plántula, C) hipocótilo sin cotiledones. 75
Figura 28. A) emergencia de tres plántulas de *A. adstringens* provenientes de un solo fruto, B) emergencia de dos plántulas de un fruto. 76
Figura 29. Plántula de *A. adstringens* germinada, A) hojas verdaderas, B) hojas cotiledonales, C) hipocótilo. 77
Figura 30. Etapas en el proceso de germinación en semillas de *A. adstringens*. 78
Figura 31. Velocidad de emergencia de las plántulas de *A. adstringens* de tres procedencias, influenciada por la temperatura (Cada punto representa un árbol). 82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de dos procedencias de *A. adstringens,* San Juan de los Cués y Quilamula; y la fuente de la procedencia Cerro del Pedernal..... 107
Anexo 2. Gráficas de temperatura y precipitación de Quilamula Mor., y Zacatepec Mor. 108
Anexo 3. Ubicación geográfica y características de los árboles de de tres procedencias *A. adstringens* de las cuales se recolectaron las muestras de fruto. 109
Anexo 4. Diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar en el invernadero. 112
Anexo 5. Correlación de la emergencia, germinación, características físicas de los frutos y semillas de *A. adstringens.* 113
Anexo 6: Análisis de varianza para cinco características físicas de los frutos de *A. adstringens* de tres procedencias. 114
Anexo 7: Gráficas de las características físicas los frutos de *A. adstringens* de tres procedencias a) longitud del ala, b) longitud del área seminífera, c) ancho del fruto y d) grosor del fruto. 116
Anexo 8: Análisis de varianza para el número de semillas y de lóculos de frutos de *A.adstringens* de tres procedencias. 118
Anexo 9: Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias. 119
Anexo 10. Análisis de varianza para la longitud de raíz en condiciones de laboratorio de semillas de *A.adstringens* de tres procedencias 120
Anexo 11. Análisis de varianza para porcentajes de emergencia y germinación en condiciones de invernadero de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias. 121
Anexo 12. Análisis de varianza para porcentajes de emergencia influenciados por la temperatura. 122

RESUMEN

El cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.) habita en la selva baja caducifolia y se considera como especie potencial para la recuperación de suelos. El aprovechamiento sin control de la corteza del árbol ha ocasionado alteración en las poblaciones naturales. El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad física y fisiológica de las semillas. Se recolectaron frutos de tres procedencias: San Juan de los Cués, Oax. (SJC); Quilamula, Mor. (QM) y de una fuente de la procedencia Cerro del Pedernal, Pue. (CP). Se determinó el contenido de humedad (CH), porcentaje de imbibición (PI), peso medio de 100 semillas, las características físicas de los frutos (largo del fruto y del ala, largo, ancho y grosor del área seminífera), el porcentaje de emergencia en condiciones de laboratorio y el porcentaje de emergencia y germinación en condiciones de invernadero. La procedencia SJC fue la que presentó el CH más alto 15.2±7.2%, las semillas de QM fueron las que se imbibieron más 160±8.4%. Las semillas de CP obtuvieron los pesos secos más altos 7.5±1.3 g 100^{-1}. Los frutos más grandes (52 mm) largo del fruto corresponden a la procedencia de CP. Los porcentajes de frutos sin semillas son altos en la procedencia de SJC (73%); en cuanto al número de lóculos, los frutos de la procedencia SJC presentan dos lóculos (50%) y la CP cuatro lóculos (35%). La posición de la semilla dentro del fruto se ubica en el segundo lóculo central (49.6%). La procedencia SJC presentó bajos porcentajes de semilla pura (23.3%) y altos en los porcentajes de semilla vana (76.7%), la procedencia de CP presentó mejores porcentajes de viabilidad (49.7%). La procedencia que obtuvo los porcentajes de emergencia más altos en condiciones de laboratorio fue QM (64.8%), las procedencia de QM resultó con el mejor valor pico de emergencia (3.5), emergencia media diaria (1.71) y velocidad de emergencia (6.05). La procedencia de CP obtuvo los porcentajes de emergencia (17.3%) y germinación (12.8%) más altos en invernadero, así como también en los indicadores de emergencia (0.204) y germinación (0.147) media diaria, velocidad de emergencia (0.518) y germinación (0.284) y la procedencia de QM fue la que presentó los valores pico de emergencia (2.625) y germinación (1.75) más altos. Los resultados encontrados en los frutos y semillas muestran que la especie de cuachalalá aún mantiene variabilidad en sus procedencias la cual se debe a condiciones ambientales y genéticas. La mejor procedencia fue la de Cerro del Pedernal en sus características físicas de frutos y semillas, producción de semillas y germinación.

Palabras clave: cuachalalá, emergencia, frutos, selva baja caducifolia, lóculos

ABSTRACT

The Cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.) tree is found in the tropical dry forest and it could be included as a potential species for soil restoration. The tree barking for traditional medication use is practiced without control and it has caused a risk for natural population maintenance. The objective of this work was to determine the physical and physiological quality of seeds. Fruits were collected from three provenances: San Juan Cues, Oax. (CJS); Quilamula, Mor. (QM) and from a source the provenance Cerro Pedernal, Pue. (CP). It was determined the moisture content (CH), percentage of imbibition (PI), average weight of 100 seeds, the physical characteristics of the fruit (long of the fruit and wing length, width and thickness of the seminiferous area), the percentage of emergency in laboratory conditions and the percentage of emergency and germination under greenhouse conditions. The provenance SJC was the CH highest 15.2±7.2 %, the seeds of QM were imbibition more 160±8.4 %. The seeds of CP obtained the dry weights higher 7.5±1.3 g 100-1. The fruits are bigger (52 mm) length of the fruit correspond to the provenance of CP. The percentages of fruit without seeds are high in the provenance of SJC (73 %); in terms of the number of locule, the fruits of the provenance SJC presented two locule (50%) and CP four locule (35%). The position of the seed inside the fruit is located in the second central locule (49.6 %). The provenance SJC presented low percentages of pure seed (23.3 %) and high in the percentage of seed vain (76.7%), the provenance of CP presented best viability percentages (49.7%). The provenance which obtained the emergency percentage higher under laboratory conditions was QM (64.8 %), the provenance of QM was with the best peak value of emergency (3.5), emergency daily average (1.71) and emergency speed (6.05). The provenance of CP obtained the emergency percentage (17.3%) and germination (12.8 %) to be higher in the greenhouse, as well as on the indicators of emergency (0,204) and germination (0,147) average daily, emergency speed (0,518) and germination (0,284) and the provenance of QM was presented the peak values of emergency (2,625) and germination (1.75) higher. The results found in the fruits and seeds show that the species of cuachalala still maintains variability in their provenance which is due to environmental conditions and genetic. The best provenance was the Cerro Pedernal in their physical characteristics of fruit and seed, seed production and germination.

Key words: cuachalalá, emergency, fruit, tropical dry forest, locule

1. INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia (SBC) es una comunidad vegetal dominada por árboles de menos de 15 m de altura, caracterizados por perder sus hojas en la época seca del año y establecerse en zonas de suelos someros y pedregosos (Miranda y Hernández, 1963).

Actualmente existe conocimiento de la biología reproductiva de semillas de especies forestales de clima templado; en cambio, hace falta conocimiento acerca de las semillas de especies nativas de la SBC (Vázquez *et al*., 1997), como es el caso del cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.) perteneciente a la familia Julianiaceae, cuya distribución en México se restringe en la vertiente del Pacífico, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Solares, 2002). El cuachalalá tiene potencial para la restauración de suelos (Argueta *et al*., 1994; Colín y Monroy, 1997) y su corteza se emplea para tratar afecciones cutáneas, gastrointestinales, respiratorias y cancerígenas (Argueta *et al*., 1994).

El aprovechamiento de *A. adstringens* es intensivo y destructivo debido al mal manejo, por la forma tradicional de recolectar la corteza de los árboles afectando el cambium y floema ocasionando la muerte de los árboles, principalmente aquellos ubicados en las cercanías de los centros de población o las áreas de fácil acceso, lo cual pone en riesgo la estabilidad de las poblaciones y la conservación de la especie (Solares y Gálvez, 2002); aunado a lo anterior la especie tiene bajos porcentajes de germinación y bajo porcentaje de semillas llenas por fruto (Cid, 2008); el comportamiento del proceso de germinación está influenciado por las característica físicas de la semilla, posición de la semilla en el fruto, factores ambientales y edad de la planta madre (Arteaga, 2007; Flores, 2002); además, si las condiciones óptimas para la germinación se proveen por un periodo de tiempo suficiente y este proceso no ocurre, se debe a

dos factores, a que la semilla no es viable o que es viable pero está latente (Kahn, 1982). El momento de la germinación es crítico para la supervivencia de las poblaciones naturales siendo un mecanismo de adaptación importante para la especie y el ambiente donde crece (Krugman *et al*., 1974; Copeland y McDonald, 2001).

Por ello, es importante conocer las condiciones en las que se desarrolla la especie y aumentar el conocimiento de su reproducción, con la finalidad de promover la repoblación natural, la restauración de las poblaciones naturales o establecimiento de plantaciones comerciales. Por lo cual debe partirse del conocimiento de la formación, desarrollo, recolecta y manejo del fruto; producción, viabilidad y germinación de la semilla; y la multiplicación de la planta en vivero. De esta forma es posible proporcionar recomendaciones a los viveristas, productores u organizaciones interesadas en la especie.

Para tener éxito en la producción de plantas, en el establecimiento de plantaciones o en la regeneración de poblaciones con cierto grado de deterioro, es indispensable profundizar en el conocimiento de la biología de la especie y de la variación dentro y entre poblaciones mediante estudios comparativos (Vázquez *et al*., 1997). La investigación de procedencias persigue la determinación de los componentes genético, ambiental y variación fenotípica entre árboles de diferentes orígenes geográficos (Callaham, 1964). La evaluación de procedencias tiene como base la exploración de la variación genética a diferentes niveles: entre especies, entre regiones geográficas y entre individuos, lo cual es la base de la adaptación (Plancarte, 1990). El principal tipo de variación es el que existe entre poblaciones y entre los árboles individuales de una población (Zobel y Talbert, 1988). El tipo de semillas, sus características genéticas y las condiciones del medio determinan el comportamiento y muchas veces la supervivencia de las plántulas en el medio natural (Robbins, 1980).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la calidad física y fisiológica de las semillas de tres procedencias de cuachalalá (*Amphipterygium adstringens*).

2.2. Objetivos específicos

Determinar las diferencias de las características físicas del fruto y de la semilla de cuachalalá, dentro y entre procedencias.

Determinar las diferencias del número de lóculos y semillas en el fruto de cuachalalá, dentro y entre procedencias.

Evaluar las diferencias de emergencia y germinación de las semillas de cuachalalá, dentro y entre procedencias en condiciones de laboratorio e invernadero.

3. HIPÓTESIS

Ho: No existen diferencias en las características físicas de los frutos y semillas de cuachalalá, dentro y entre procedencias.

Ho: No existen diferencias en el número de lóculos y semillas en el fruto de cuachalalá, dentro y entre procedencias.

Ho: No existen diferencias en la emergencia y germinación de semillas de cuachalalá, dentro y entre procedencias en condiciones de laboratorio e invernadero.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Selva baja caducifolia

La selva baja caducifolia (SBC) (Miranda y Hernández, 1963) o bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1988) representa la vegetación tropical más característica en relación con los otros tipos de vegetación debido a su riqueza, complejidad en los elementos vegetales que la componen y por su amplia distribución. La selva baja caducifolia abarcaba aproximadamente 33.51 millones de hectáreas del territorio nacional y actualmente ocupan 11.26% de la superficie (Challenger y Soberón, 2008). La mayor representación de la SBC se encuentra en la Costa del Pacífico, pero también se presenta con cierta extensión por el lado del Golfo de México, hacia el sur de Tamaulipas y centro de Veracruz, así como en el Bajío, la cuenca del Río Balsas y en pequeños segmentos del sur de la península de Baja California y del norte de Yucatán (Dirzo y Trejo, 2000).

La SBC se desarrolla en México en altitudes de 0 a 1900 msnm con más frecuencia por debajo de los 1500 msnm (García *et al*., 2005). La temperatura media anual es de 20 a 29°C, siendo más alta en algunas depresiones interiores (Trejo, 1999). El número de meses secos consecutivos es de cinco a ocho y la precipitación media anual varía entre 300 y 1500 mm y con más frecuencia entre 700 y 1200 mm (Trejo, 1999).

En México, la SBC es particularmente importante desde el punto de vista de la diversidad florística, la cual se pone de manifiesto en los siguientes componentes: diversidad de formas de vida, diversidad de especies y concentración de elementos endémicos (Boyas *et al*., 2001; Pineda-García *et al*., 2007); estos ecosistemas albergan aproximadamente 40% de las especies

que se distribuyen de manera exclusiva en ellos, cifra que es cinco veces mayor de aquella que corresponde a la selva tropical perennifolia del país (Dirzo y Trejo, 2000).

De acuerdo a Boyas *et al*. (2001) en la SBC las especies más sobresalientes son: palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.**),** guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.), tehuistle (*Acacia bilimekii* (J. F.) Macbr.), tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth.), cubata (*Acacia cochliacantha* Humb. & Bonp. ex Willd), mezquite (*Prosopis laevigata* (H. & B.) Jonhst), cuahulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.), copal liso (*Bursera glabrifolia* (H.B.K)), copal chino (*B. bipinnata* (Sessé et Moc. ex DC.) Engl.), brasil (*Heamatoxylum brasilleto* Karst.), matarrata (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Standl.), guaje (*Leucaena esculenta* (Moc. & Sesse) Benth), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), cuachalalate (*A. adstringens* Schltdl.) Standl), cirián (*Crescentia alata* Kunth) y ciruelo (*Spondias mombin* L.), las primeras trece por su diversidad de usos, principalmente como combustible, postes para cercos y construcción. El cuachalalate, el cirián y el ciruelo son importantes por su uso medicinal y artesanal (Boyás *et al*., 2001). En el caso de cuachalalate su alto grado de comercialización lo coloca entre las especies amenazadas en el estado de Morelos (Boyás *et al*., 2001).

4.2. Cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.)

4.2.1. Sinonimias

En 1843 Schlechtendal describió una muestra del estado de Morelos conocida como *Hypopterygium adstringens* Schlecht., posteriormente cambió a *Juliana adstringens* Schlecht., (Alcocer, 1907).

En 1906, Hemsley propuso la creación de la familia Julianiaceae con dos géneros: *Orthopterygium* y *Juliania* (Hemsley 1906). Standley (1923) publicó a la familia Julianiaceae para México cambiando el nombre del género *Juliania* por *Amphipterygium*.

4.2.2. Familia y género

A. adstringens pertenece a la familia Julianiaceae, ésta se caracteriza por tener árboles y arbustos pequeños deciduos con ramas resinosas; hojas deciduas agrupadas al final de la rama creciendo helicoidalmente en los extremos de las ramas, deciduas, simples o compuestas, imparipinnadas sésil o con peciolo, margen dentado, crenado o aserrado, el árbol masculino tiene inflorescencia en panícula, sus flores son apétalas, actinomórficas, las flores femeninas ordinariamente en grupos de cuatro en un receptáculo, frutos colgantes en racimo con pedicelo comprimido en una ala **(**Cuevas 2005; Pennington y Sarukhán, 2005). La familia Julianiaceae ha sido relacionada con las Burseraceae debido a su hábitat y el follaje de los árboles; y con la Anacardiaceae especialmente con el género Rhus, por la similitud que existe en la anatomía de la madera y por las sustancias químicas presentes como los flavonoides (Standley, 1923; Niembro, 1989; Cuevas 2005).

Julianiaceae comprende dos géneros, *Orthopterygium* nativa de Perú y *Amphipterygium* distribuido en México y América Central, en el curso del Pacífico, pendiente de Guatemala y Costa Rica (Niembro, 1989; Cuevas, 2005).

4.2.3. Ubicación taxonómica y descripción botánica

Según Cronquist (1981), la ubicación taxonómica de *A. adstringens* es la siguiente

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Julianiaceae

Género: *Amphipterygium*

Especie: *adstringens*

A. adstringens es un componente florístico de la selva baja caducifolia, es nativa de México y pertenece a la familia Julianiaceae.

Nombres comunes. Cuachalalá, cuachalalate, palo de rosa, cuauchalalote, cuauchalalatl, quetchalalatl, mitixeran, yalaguitu y volador (Pennington y Sarukhán, 2005)**.**

Forma. El árbol puede llegar a tener 8 m de altura y diámetro normal (D.N.) de hasta 40 cm, tronco generalmente torcido, con pocas ramas gruesas, ascendentes y torcidas, de ramificación simpodial y copa aplanada (Pennington y Sarukhán, 2005).

Corteza. Lisa con grandes escamas engrosadas y suberificadas, la parte lisa de la corteza es moreno grisácea, con numerosas lenticelas protuberantes, redondas y pálidas. La albura es de color crema claro y sabor astringente, con vasos grandes y numerosos dispuestos en líneas tangenciales (Pennington y Sarukhán, 2005).

Hojas. Dispuestas en espiral, aglomeradas en las puntas de las ramas, imparipinnadas, de 6 a 13 cm incluyendo el peciolo, compuestas por tres a cinco folíolos opuestos, con el folíolo terminal más grande; ovados o elípticos, con el margen crenado, ápice agudo, base aguda u obtusa; verde opaco y amarillento en el haz, verde grisáceo en el envés. Los árboles de esta especie pierden las hojas durante seis meses, desde noviembre hasta mayo (Pennington y Sarukhán, 2005).

Flores. La especie es dioica, con flores masculinas en panículas aglomeradas en las axilas de hojas nuevas, de hasta 15 cm de largo; flores sésiles de hasta 3 mm de largo, actinomorfas, de 3 a 4 mm de diámetro, las flores femeninas son pistiladas sin cáliz y corola; involucro cilíndrico, comprimido distalmente, base angosta, ápice dentado, ovario densamente súpero, las flores son polinizadas por abejas al igual que las anacardiaceaes por lo general se abren en las primeras horas de la mañana (Yesid, 1995; Medina, 2000).

Fruto. Sámara, fruto seco, indehiscente y fibroso, los frutos se encuentran sobre los pedicelos aplanados y acrescentes hasta formar una especie de ala, de 3 a 4 cm. Contienen una o dos semillas aplanadas de 5 mm de largo (Pennington y Sarukhán, 2005).

Fenología. La floración ocurre de junio a agosto y la fructificación de agosto a enero (Cuevas, 2005).

Descripción de la flor y del fruto

El cuachalalá pertenece al grupo de los frutos llamados sámara, el cual es un fruto seco indehiscente, en el que se desarrolla un ala aplanada de tejido fibroso y papiráceo a partir de la pared del ovario, la cual se encuentra fundida con la semilla (Figura 1) (García-Fayos *et al*., 2001).

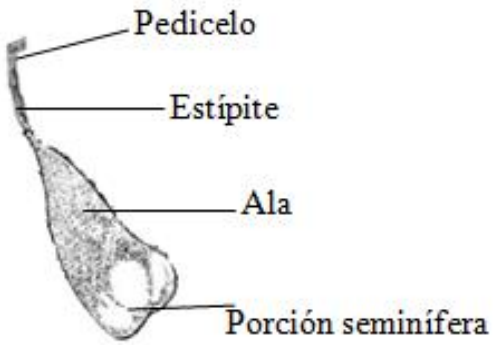


Figura 1. Estructura del fruto de *A. adstringens* (adaptado de Cuevas, 2005).

Las semillas de cuachalalá tienen su origen en los óvulos hemítropos y unitegumentados. Se desarrollan en el interior de nuececillas samoroides y en la madurez presentan: cubierta seminal membranosa, endospermo ausente, embrión grande, llenando la cavidad seminal, provisto de dos cotiledones plano-convexos y radícula acumbente (Niembro, 1989).

El embrión hemítropo del cuachalalá tiene una curvatura, siendo este más evolucionado que un embrión recto. El ovario del fruto es súpero, con endospermo escaso o ausente (Niembro, 1989; Besnier, 1989). El fruto de cuachalalá está formado por cada uno de los lóculos y semillas adherentes al pericarpio (Niembro, 1989; Yesid, 1995).

4.2.4. Dispersión del fruto

Los frutos con ala han evolucionado en relación con sus agentes de dispersión su factor de dispersión es abiótico (aire) y se le denomina anemocoria (Yesid, 1995).

Los frutos y semillas dependiendo de su capacidad de dispersión y las condiciones de hábitat a las que pueden llegar pueden ser o no parte del proceso de regeneración. Dentro del proceso de regeneración, especialmente en la etapa de producción y diseminación de semillas, la formación de microhábitats abiertos cumple un papel muy importante en la distribución de semillas. Asimismo la mayor parte de las especies con dispersión anemócora son dispersadas al final de la época seca (Mostacedo *et al*., 2001).

Debido a las dificultades que presentan las plántulas jóvenes para sobrevivir por establecerse debajo de los árboles padre, esto por la falta de luz y una competencia por los nutrientes y humedad, la mayoría de las especies tienden a tener mecanismos de dispersión para

poder distribuirse en una zona más extensa para encontrar las condiciones adecuadas para su germinación y supervivencia (Krugman *et al*., 1974).

La dispersión por el viento se facilita cuando las semillas son pequeñas, ligeras y cuando éstas poseen alas que les sirven para prolongar el vuelo, en este caso el fruto de la especie *A. adstringens* ha adquirido la forma de ala para tener una mayor probabilidad de caer en un microhábitat que le permita germinar a la semilla (Krugman *et al*., 1974).

Las semillas pueden ser dispersadas a diferentes distancias dependiendo de su peso y de las condiciones locales del viento, la orientación y el aislamiento de los árboles padres (Tamari y Jacalne, 1984). Además los frutos del cuachalalá son capaces de flotar y al caer pueden ser dispersados secundariamente a lo largo de los cursos de agua (García-Fayos *et al*., 2001).

4.2.5. Distribución

Por lo general, *A. adstringens* crece en la SBC, es una especie dominante, generalmente asociada con diversas especies de *Bursera* y con *Pseudosmodingium perniciosum* (Kunth) Engl. (Pennington y Sarukhán, 2005). Su distribución en México se restringe en la vertiente del Pacífico, desde, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Solares, 2002).

Figura 2. Distribución de *A. adstringens* en México (adaptado de Solares, 2002).

4.2.6. Importancia

El cuachalalá es una especie que presenta indicadores de escasez y aprovechamiento intensivo y destructivo (Solares y Gálvez, 2002). El cuachalalá (*A. adstringens*), el cuatecomate (*Crescentia alata* Kunth), el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg.), el brasil (*Haematoxylum brasiletto* H. Karst.) y el cacaloxochitl (*Plumeria rubra* L.) son especies recomendadas oficialmente para la repoblación en México. Las primeras cuatro se clasifican como amenazadas en el estado de Morelos (Monroy, 2010).

El cuachalalá, por sus características dasométricas y calidad de la madera, no puede ser utilizada para productos maderables (Argueta *et al*., 1994); sin embargo, según Soberanes y Boyás (1991) en estudios de mercado mediante encuestas realizadas en el estado de Morelos, *A. adstringens* tiene 20 usos medicinales (astringente y endurecedor de encías, reduce la inflamación de ovarios, lavado de heridas, fiebre intermitente, paño, malaria, cáncer estomacal e intestinal,

tifoidea, como antiséptico, antidiabético, reducción de colesterol en sangre, destrucción de cálculos renales y biliares, tosferina, mal de orín, destrucción de tumores y afecciones del riñón, antiséptico, cicatrizante en diabéticos, golpes internos y externos). La planta de *A. adstringens* contiene varios compuestos como el ácido masticadienoico, salicilatos y β-sitosterol, cuyos mecanismos de acción pueden tener efectos similares a los que ejercen fármacos con estructuras parecidas a las de estos componentes, hacen falta estudios fitoquímicos que permitan establecer la dosis y modo de empleo adecuados para el tratamiento de las enfermedades. A pesar de ser una planta muy utilizada, no se ha logrado un mecanismo de acción certero para cada uno de los componentes aislados (García, 2006), la corteza tradicionalmente se usa en la herbolaria mexicana por los pueblos indígenas desde la época prehispánica para curar enfermedades como el cáncer de estómago, úlcera gástrica y la malaria, así como en el tratamiento de enfermedades de pulmón y el riñón, resfrío, diarrea, disentería y como anti-inflamatorio (Argueta *et al*., 1994).

La corteza del árbol de cuachalalá se vende en grandes cantidades en algunos laboratorios transnacionales de Japón y Estados Unidos (Gispert y Gómez, 2000; Argueta *et al*., 1994).

Asimismo se ha descrito a la especie como astringente debido a los taninos contenidos en la corteza (Méndez, 1954). El líquido generado por el cocimiento de la corteza se usa como endurecedor de encías, cura la fiebre intermitente y se usa para lavar heridas crónicas (Martínez, 1944).

El polvo de la corteza cura heridas haciendo lavados previos, al ser aplicado en éstas, causadas por animales como el murciélago (Méndez, 1954).

De las 400 especies útiles registradas para el uso tradicional en el estado de Morelos, el cuachalalá ocupa el octavo lugar en importancia (Solares *et al*., 2006). La alta intensidad del uso

de la corteza sitúa al cuachalalá como una de las especies de mayor comercialización dentro de las plantas medicinales en varias partes del país (Boyás *et al*., 1988).

Además que es una especie importante para la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris* Linnaeus) debido a que ésta se alimenta del fruto y de las hojas del árbol (Medina, 2000; Bonilla *et al*., 2008).

4.2.7. Problemas señalados por el aprovechamiento de la especie

El centro y sur del estado de Morelos, la parte de la cuenca del Río Balsas en Guerrero y la región de la Mixteca poblana integran la región donde se aprovecha la corteza del cuachalalá (Solares, 2000). La forma en que los colectores extraen este producto, es poco planificada y muy destructiva. El descortezado tradicional, en más del 50% de las veces se realiza en todo el fuste y a una profundidad tal, que deja al descubierto el tejido del xilema (Solares, 2000).

De esta manera, los colectores destruyen tejidos vitales del árbol, como el cambium vascular que es responsable de generar un nuevo anillo de crecimiento y al mismo floema. La mala planificación y el descortezado tradicional han provocado que las poblaciones naturales que se distribuyen en esta zona, sean fuertemente impactadas a grado tal, que un 60% de estos árboles mueren y el resto sobreviven sin que sea posible un segundo aprovechamiento (Solares, 2000). Estudios realizados se han enfocado en calcular el tiempo de recuperación que requiere un árbol para poder volverse a descortezar y conocer la velocidad de regeneración de la corteza, el tiempo estimado para que los árboles se recuperen totalmente de un descortezamiento en grosor de 10 mm varía de dieciséis a veinticuatro meses dependiendo de la época en que se realice el descortezamiento (Solares *et al*., 2006).

4.3. Ecología de frutos y semillas

4.3.1. Importancia de los frutos

El fruto es un órgano vegetal altamente especializado que protege a las semillas en desarrollo y asegura su dispersión cuando están maduras. Los frutos, debido a la importancia de su doble función, han estado sometidos a fuerte presión selectiva, lo que ha dado lugar a que, a lo largo de la evolución, se genere gran variedad de formas y tamaños de frutos en las angiospermas, asegurando así su supervivencia (White, 2002).

4.3.2. Frutos partenocárpicos

La partenocarpia es el desarrollo de un fruto sin la fertilización de los óvulos; se considera estimulativa cuando el estímulo de la polinización promueve la formación del fruto y vegetativa cuando no es necesario dicho estímulo, puede tener un origen genético, ambiental, por acción de microorganismos o inducida por aplicación de varios productos con auxinas y giberelinas (Hernández, 2009).

4.3.3. Importancia y estructura de las semillas

El órgano reproductivo más importante de las plantas terrestres son las semillas, debido a que éstas son el elemento principal en el proceso de dispersión y reproducción sexual de las plantas superiores procedentes del desarrollo de los óvulos en las flores (Vázquez *et al*., 1997; Fenner y Thompson, 2005). Las semillas son importantes en la regeneración dentro de las poblaciones de los bosques, para transferir el material genético de una generación a otra, conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de las especies valiosas sobreexplotadas (Besnier, 1989; Vázquez *et al*., 1997; Bonner y Karrfalt, 2008). Las semillas han sido asociadas con el

desarrollo de la humanidad, en tiempos antiguos fueron símbolos religiosos, utilizadas para los rituales y ceremonias, con el nacimiento de la agricultura la importancia del conocimiento de las semillas se convirtió en una necesidad. Actualmente el estudio de las semillas continua debido al crecimiento demográfico y al cambio climático, la importancia del estudio de las semillas forestales es para preservar la biodiversidad de las especies, para extender la reforestación y aumentar los conocimientos y prácticas en los sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles (Flores, 2002).

La semilla se puede considerar como una estructura compuesta por sustancias complejas tales como carbohidratos, proteínas, aceites y agua (Jara, 1997).

La cubierta de la semilla deriva de los integumentos del óvulo de la flor (Mohamed-Yassen *et al*., 1994); es una estructura estrictamente de origen materno, mientras que el embrión tiene igual representación genotípica materna como paterna (Meyer y Pendleton, 2000). La cubierta de la semilla es la principal defensa contra condiciones ambientales adversas. Además, provee al embrión y a otras estructuras de la semilla con barreras físicas y químicas sobre condiciones desfavorables y protege a la semilla contra infecciones y deterioro causado por microorganismos (Mohamed-Yassen *et al*., 1994); aunque esta misma cubierta puede afectar la absorción de agua y el proceso de germinación (Moreno *et al*., 2006). La estructura morfológica de la testa se encuentra constituida por la sarcotesta, esclerotesta y endotesta las cuales participan en el proceso de la imbibición de la semilla (Mataruga *et al*., 2010).

4.3.4. Polimorfismo de las semillas

Las semillas son dinámicas y tridimensionales, su morfología es el resultado de los procesos fisiológicos y ambientales que influyen en su desarrollo (Flores, 2002). La morfología exterior de

las semillas es extremadamente variable y las cubiertas poseen una amplia complejidad histológica (Nepamuceno, 1994). A esta variabilidad contribuyen tres factores importantes: familia botánica a la que pertenecen las plantas, tipos de las cubiertas exteriores, tamaño y forma (Besnier, 1989).

El tamaño y forma de las semillas es igualmente muy variable pero dentro de ciertos límites puede tipificarse según su contorno y secciones transversal y longitudinal. Esta variación origina no solamente polimorfismo dentro de una misma familia, género o especie, sino polimorfismo dentro de una misma planta (Besnier, 1989); la variación en el tamaño de las semillas de una especie puede ocurrir dentro de una población, dentro de una misma planta, dentro de la inflorecencia y del fruto (Fenner y Thompson, 2005).

Las diferencias en el tamaño de las semillas debidas a su posición en el fruto son un factor importante a considerar, ya que se han relacionado con el vigor de las plántulas, poniendo en desventaja a las provenientes de semilla pequeña (Barros, 1977; Enríquez y Soria, 1979; Copeland y McDonald, 2001). Se indica que las mejores semillas para la siembra son las de la parte media de los frutos y que las localizadas en los extremos deben desecharse (Morales, 1994). Estas apreciaciones se deben probablemente a que en los extremos de los frutos las semillas son más pequeñas, ligeramente deformes y más livianas; además que en los extremos hay una mayor presencia de semillas aplanadas o vanas (Figueiredo, 1986).

Se puede mencionar que debido al gasto energético por parte de las plantas, en algunas especies existe una mayor cantidad de semillas pequeñas en comparación con especies que producen semillas grandes (Leishman *et al*., 2000), además que las diferencias en el tamaño y forma de las semillas se encuentra influenciada por los factores ambientales donde se desarrolla la planta (Copeland y McDonald, 2001).

El estudio de las semillas actualmente es de gran importancia ya que permite generar información para la persistencia de las poblaciones, el establecimiento de plantaciones y mantener la diversidad genética (Harper, 1977); por tanto, el conocimiento de la biología de las semillas es una herramienta básica para el manejo y la conservación de las poblaciones silvestres (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993).

4.3.5. Variabilidad genética

Una característica importante de las semillas es su amplia variabilidad genética, ya que cada semilla es diferente (Fenner y Thompson, 2005). La utilización de semillas como fuente de propagación mantiene la variabilidad genética natural. Por tanto, las plantas obtenidas pueden destinarse para la repoblación de las áreas naturales (Ruíz *et al*., 2008). La distribución de la variación genética de las especies vegetales dentro y entre distintas áreas geográficas es de gran interés para la conservación de la diversidad biológica (Hamrick y Godt, 1989; Guarino *et al*., 1995). Esto es especialmente importante para especies de interés comercial, donde la diversidad genética constituye una fuente de genes que pueden ser incorporados en programas de mejoramiento genético (Prance, 1997).

La variación genética que se produce en árboles forestales suele estar asociada a diferencias geográficas. Así ocurre especialmente cuando el desplazamiento geográfico va unido a cambios climáticos o de suelos (Zumer-Linder, 1979).

El grado y distribución de la variación genética de una especie arbórea determina junto a su sistema genético su potencialidad evolutiva y por lo tanto la sustentabilidad de todo el ecosistema (Gallo *et al*., 2000). En especies longevas como los árboles, la producción de semillas y la

capacidad germinativa están fuertemente relacionadas con la capacidad adaptativa individual y poblacional (Gallo *et al*., 2000).

Los aspectos genéticos también son importantes en la producción de semillas, ya que árboles y poblaciones son influenciados en tener una mayor o menor producción de semillas, independientemente del factor ambiental (Donoso, 1993).

4.4. Germinación

4.4.1. Definición de germinación

La germinación se define como la emergencia de la radícula a través de la testa, también se puede considerar a la germinación como la emergencia y desarrollo del embrión y las estructuras esenciales de la semilla, lo cual indica la habilidad de producir una plántula normal bajo condiciones favorables (Copeland y McDonald, 2001); otro concepto de germinación lo define como el proceso mediante el cual el embrión de la semilla adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir la información genética que lo convertirán en una planta adulta (Camacho, 1994b). La importancia del estudio de la germinación de las semillas es debido a que este proceso representa el medio de supervivencia y extensión de muchas plantas en su medio ambiente (Jorgensen y Wilson, 2004).

La germinación comienza cuando, en la semilla en reposo, se activa la maquinaria bioquímica conservada y se desencadenan los procesos metabólicos. La terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética (Besnier, 1989).

La imbibición de agua en una semilla seca, desencadena varias reacciones químicas que conducen a la germinación y el subsecuente desarrollo de la plántula (Salisbury, 1994). Existen diferentes conceptos de germinación, éstos varían dependiendo del método empleado y de los

objetivos que se consideren dentro del estudio; puede considerarse como germinación desde que ocurre la salida de la radícula de las cubiertas, hasta obtenerse una planta autosuficiente fotosintéticamente (Camacho, 1994b; Copeland y McDonald, 2001).

En las pruebas de laboratorio, en donde las semillas puedan observarse fácilmente, se considera que la germinación ocurre cuando la radícula atraviesa las cubiertas de la testa (Jara, 1996; Vargas-Simón *et al*., 2003).

En las siembras realizadas dentro de un sustrato, se considera que la germinación ocurre cuando los tallos emergen del sustrato; el desarrollo requerido va desde la salida del brote, incluso puede esperarse la expansión de las hojas iniciales (protófilos), o hasta la expansión de las hojas secundarias (hojas verdaderas y/o fotosintéticas) (Camacho, 1994b).

4.4.2. Proceso de germinación

La hidratación es una condición indispensable en las semillas secas para la activación del metabolismo y la subsiguiente germinación (Besnier, 1989).

El proceso de germinación inicia con la hidratación o imbibición, durante la cual el agua entra al embrión e hidrata proteínas y otros coloides, formación o activación de enzimas, que permiten un incremento en la actividad metabólica, posterior a esto se lleva a cabo la activación de la información genética, seguido de la síntesis de los tejidos nutritivos los cuales se encuentran almacenados como almidones, grasas y proteínas, éstos son separados como azúcares sencillos y aminoácidos, para que puedan ser asimilados por el embrión. En el inicio de la germinación, los compuestos nutritivos son los que dan pauta para que ocurra este proceso, el alargamiento de células de la radícula y el crecimiento de la plántula, debido a un incremento de tamaño del

embrión, al existir crecimiento en la radícula y después en su plúmula (Camacho, 1994b; Salisbury, 1994).

En condiciones naturales y simuladas para algunas especies, las semillas grandes germinan más y con mayor vigor que las pequeñas (Van-Mölken *et al*., 2005), existe una correlación entre el tamaño de la semilla y la habilidad de las diferentes especies para establecerse, las semillas grandes por sus reservas son más independientes que las semillas pequeñas con respecto al ambiente físico (López, 1993).

4.4.3. Factores que afectan a la germinación

De acuerdo con May (1985) existen factores que afectan el proceso de germinación, éstos son viabilidad de las semillas, tiempo y profundidad de siembra, constitución genética, condiciones de humedad, temperatura, luz, aireación, características físicas y químicas del suelo, plagas, densidad de siembra, disponibilidad de nutrimentos y tratamientos pregerminativos; estos factores, pueden tener un pronunciado efecto en el crecimiento inicial de la plántula, ya que uno de los aspectos más importantes en los viveros forestales es la producción de planta vigorosa y uniforme al menor costo posible (Daniel *et al*., 1982; Romero, 1997).

Existen factores internos que afectan a la germinación, tales como la presencia de embriones inmaduros y semillas con testa gruesa los cuales influyen para que se pueda dar la germinación (Daniel *et al*., 1982; Orozco-Segovia *et al*., 2003).

La germinación puede verse afectada cuando no existe madurez morfológica y fisiológica, debido a que las distintas estructuras de la semilla no han completado su desarrollo (Camacho, 1994b).

4.4.4. Tipos de germinación

Al inicio de la germinación, el embrión y el resto de la semilla empiezan a desarrollarse, la testa de la semilla se rompe desde un punto cercano a la radícula. La radícula emerge y se dobla hacia abajo en respuesta a la luz y a la gravedad, debido al geotropismo (Jara, 1996). El crecimiento posterior puede seguir cualquiera de las dos formas descritas a continuación.

La germinación epígea se presenta en semillas que hacen visibles los cotiledones, los cuales por lo general se hacen fotosintéticos (Camacho, 1994b); es el tipo de germinación típico en la mayoría de las coníferas; en ésta, los cotiledones en desarrollo levantan a la semilla por encima del suelo, se convierten en estructuras fotosintéticas iniciales y luego dejan caer la cubierta de la semilla al suelo (Daniel *et al*., 1982).

La germinación hipógea se presenta en las semillas en las que los tejidos nutritivos permanecen dentro del suelo (Camacho, 1994b). El punto de crecimiento (epicótilo) que está sobre los cotiledones comienza a crecer rápidamente formando un brote que termina en hojas rudimentarias (plúmula) (Jara, 1996).

4.5. Latencia de las semillas

Cuando las semillas no responden con rapidez ante la exposición a condiciones ambientales favorables, se dice que están en estado de latencia; son varios los factores que ocasionan la latencia (Salisbury, 1994).

La latencia es un estado en el cual las semillas viables no germinan bajo condiciones normalmente consideradas adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura (Copeland y McDonald, 2001). La latencia se da generalmente en especies de áreas con climas estacionalmente severos, permitiéndole sobrevivir. La latencia en las semillas conduce a que la

germinación sea retardada e irregular, la cual, bajo condiciones naturales relativamente no controladas, debe asegurar que por lo menos algunas de las plántulas germinadas sobrevivan (Willan, 1990).

El grado de latencia varía según las especies y las localidades de recolecta de la semilla, algunas veces es causada por las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo de ella. Este fenómeno es una característica común de las plantas leñosas, indudablemente su evolución ha sido como un mecanismo que eleva la proporción de supervivencia de las plantas al prolongar el lapso que transcurre hasta que las semillas germinan bajo condiciones naturales, lo que aumenta las probabilidades de que la plántula se pueda establecer (Salisbury, 1994).

4.5.1. Tipos de latencia en las semillas

Latencia morfológica. Ésta ocurre cuando los embriones son pequeños e inmaduros al momento de la dispersión de las semillas, lo que impide su germinación debido a que los embriones deben desarrollarse completamente para que pueda ocurrir este proceso (Fenner y Thompson, 2005). Existen especies con semillas que contienen embriones inmaduros y para que éstos puedan madurar, debe pasar un periodo frío y húmedo (Jara, 1996).

Latencia física por la cubierta de las semillas. Las especies con semillas de testa dura hacen que éstas sean impermeables al agua, por lo que requieren de tiempo suficiente en el suelo con temperaturas cálidas, humedad y la acción de organismos para que puedan germinar (Jara, 1996).

Latencia química, existen especies que contienen compuestos químicos en la cubierta de las semillas, los cuales inhiben la germinación aun cuando se tengan las condiciones óptimas para que ésta se lleve a cabo (Jara, 1996; Fenner y Thompson, 2005).

Latencia fisiológica, este tipo de latencia es el resultado de cubiertas poco permeables a los gases, combinadas con bloqueos metabólicos en el embrión. La germinación se estimula artificialmente con enfriamientos o con aplicación de reguladores de crecimiento (Camacho, 1994a).

4.6. Viabilidad y almacenamiento de las semillas

La viabilidad es la capacidad de una semilla de germinar y producir una plántula normal, muestra el grado en el cual una semilla está viva metabólicamente (Copeland y McDonald, 2001). La viabilidad depende mucho de la madurez de la semilla en el momento de la recolección, del daño que se le ocasiona durante el proceso de limpieza, de la duración del periodo de almacenamiento y de las condiciones a las que estuvieron expuestas en su medio ambiente en el cual se desarrollaron. La viabilidad se puede determinar física, fisiológica o más confiablemente, mediante la elaboración directa de pruebas de germinación (Daniel *et al*., 1982; Vadillo *et al*., 2004).

El periodo durante el cual la semilla puede seguir siendo viable sin germinar depende mucho de su calidad en el momento de la recolección, del tratamiento al que es sometida entre la recolección y el almacenamiento, y las condiciones en que se almacena. No obstante, la longevidad de la semilla varía también considerablemente entre especies, aun cuando reciben el mismo tratamiento y sean almacenadas en las mismas condiciones (Willan, 1991).

La viabilidad real puede determinarse solamente a través de la germinación de una muestra promedio. En esta prueba, las semillas se ponen a germinar bajo condiciones estándar controladas; estas condiciones se pueden conseguir dentro de un dispositivo denominado germinador. Las pruebas de germinación constituyen estimaciones reales de la capacidad

germinativa, que es el porcentaje total acumulativo de germinación de las semillas a lo largo de un cierto periodo, que es de uno a dos meses (Daniel *et al*., 1982).

La determinación de la viabilidad de semillas se utiliza normalmente en especies que germinan con lentitud o muestran latencia, así como en muestras que al término del ensayo de germinación presentan un elevado porcentaje de semillas duras no germinadas (Turnbull, 1975; Camacho, 1994b).

El método más sencillo para determinar la viabilidad es el ensayo de corte, el cual consiste en la inspección visual directa de las semillas, previamente abiertas. En este caso el endospermo muestra un color normal blanco lechoso y el embrión está bien desarrollado (Bonner *et al*., 1974; Arista *et al*., 1992). Este ensayo de corte se utiliza al término de un ensayo de germinación para determinar la viabilidad aparente de las semillas que no han germinado; es también un instrumento útil para estimar el tamaño y la madurez de la producción de semilla antes de la recolección (Gómez, 2009). Así también, otro método es el de rayos X el cual permite detectar las semillas vacías y las estructuras seminales que presentan daño mecánico o un desarrollo interno anormales y evaluar la viabilidad de la semilla. El método de contraste con rayos X se basa en el principio de semipermeabilidad. Cuando se tratan las semillas con un agente de contraste, por ejemplo $BaCl_2$ acuoso o $CHCl_3$ en forma de vapor, sus tejidos vivos son capaces de evitar la entrada de este agente debido a su semipermeabilidad, mientras que los tejidos muertos se impregnan de él. Los tejidos impregnados absorben los rayos X de una manera más intensa que los no impregnados, y por lo tanto aparecen en la película con un color más claro que éstos. El contraste permite localizar en la semilla los tejidos que están vivos y los que están muertos (Willan, 1991).

Otro de los métodos es el método de tetrazolio, en este método se tiñen de rojo las células vivas mediante la reducción de una sal de tetrazolio, que es incolora, para formar un formazano rojo. La práctica consiste en poner las semillas en remojo en agua durante 20 horas, después perforar la cubierta seminal para facilitar la entrada de la solución acuosa de tetrazolio, al 1 %, y dejar las semillas en ese líquido, en un lugar oscuro, durante 48 horas (Willan, 1991; Cabrera, 2006).

4.7. Semillas ortodoxas y recalcitrantes

Se considera como semillas recalcitrantes aquellas que son de vida corta, las cuales tienen dificultad para ser almacenadas debido a que pierden rápidamente su contenido de humedad, es característico que este tipo de semillas tengan un contenido de humedad de 40% a 60% (Jara, 1996); y la mayoría de las semillas muere cuando su contenido de humedad está en equilibrio con una humedad ambiental de 60-70% (que corresponde a un contenido de humedad de 16-30% sobre el peso fresco) (Vázquez *et al*., 1997). Se comprobó en estudios de semillas de clima templado que se puede mantener la viabilidad de las semillas recalcitrantes siempre que la temperatura se mantuviera a 3°C y el CH entre el 33% inicial y el 37% final (Willan, 1991).

Las semillas ortodoxas son todas aquellas que tienen la capacidad de soportar periodos largos de almacenamiento a temperaturas bajas. De acuerdo a Willan (1991) este tipo de semillas se deterioran a una tasa inferior que las semillas recalcitrantes, esto debido a que existen cambios en las reservas de alimentos. Algunos procesos metabólicos se mantienen en las semillas aun con un contenido de humedad del 8% o menor, los procesos son muy lentos en la ausencia de agua, los cambios en las reservas de alimento almacenado parecen no afectar la viabilidad de la semilla (Jara, 1996).

Las semillas ortodoxas se almacenan mejor cuando su contenido de humedad disminuye. El contenido de humedad óptimo puede ser ligeramente diferente entre especies, por lo que una manera sencilla de reducirlo, aproximadamente hasta el nivel óptimo para la mayoría de las especies, consiste en colocar éstas a una temperatura ambiente de alrededor de 15 a 19°C, expuestas a una atmósfera con humedad relativa de alrededor de 18 o 20% (Vázquez *et al*., 1997).

Una tercera categoría de comportamiento de las semillas en almacenamiento ha sido demostrada recientemente, las semillas intermedias como las de café (*Coffea arabica* L.), papaya (*Carica papaya* L.*)* y neem ***(****Azadirachta indica* A. Juss). La principal característica de este comportamiento es cierta sensibilidad a la desecación hasta un nivel de humedad relativamente bajo de 7 a 10%. Sin embargo, la longevidad de las semillas secas de origen tropical se reduce en temperaturas bajas (por debajo de 5°C) y temperaturas bajo cero. Por esto, las condiciones ideales para el almacenamiento a largo plazo de semillas ortodoxas (5% de contenido de humedad, -18°C) son potencialmente dañinas para las semillas intermedias y no deben usarse ya que les provoca la muerte en pocos meses. A pesar de esto, es posible almacenar las semillas intermedias por periodos de alrededor de 10 años, desecándolas hasta un 7-10% de contenido de humedad (Vázquez *et al*., 1997).

En semillas de especies ortodoxas, los bajos CH son un indicador para su dispersión, este secado natural prepara a las semillas de algunas especies para un periodo de latencia hasta la siguiente estación húmeda, cuya característica le permite a las semillas tener una mayor longevidad ya que reduce su actividad metabolica (Jara, 1997). Las semillas ortodoxas pueden sobrevivir décadas conservadas a baja humedad y temperatura. Por esto, el almacenamiento de las semillas con un bajo contenido de humedad, representa una medida de conservación de la

diversidad genética contra la pérdida de poblaciones (Gold *et al*., 2004). Contrariamente, las semillas recalcitrantes deben mantener altos CH como *Araucaria angustifolia* (Bert.) que varía entre 44.6 y 45.3% (Piriz *et al*., 2004).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción de las procedencias y selección de los individuos

Los frutos de cuachalalá que se utilizaron en los experimentos fueron de tres procedencias (Cuadro 1), la recolecta se realizó en noviembre de 2010.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las procedencias de *A. adstringens*.

Procedencias	**Municipio**	**Ubicación geográfica**		**Altitud (msnm)**
		LN	**LW**	
San Juan de los Cués	San Juan de los Cués, Oaxaca.	18º 02´ 58.5´´	97º 05´ 13.5´´	885
Quilamula	Quilamula, Morelos	18º 41´ 30.0´´	99º 14´ 05.3´´	900
Cerro del pedernal*	Teotlalco, Puebla	18º 28´ 07.6´´	98º46´ 42.2´´	900

SJC: San Juan de los Cués, CP: Cerro del pedernal, QM: Quilamula

*Fuente: Zacatepec (ZC), Plantación de 11 años del INIFAP-Campo Experimental Zacatepec, Morelos.

Los suelos de la procedencia de SJC presentaron de 5 a 15% de pedregosidad, la pendiente del terreno varía de 10 a 30%; 55, 20 y 15% de los árboles a los que se recolectaron sus frutos están en las exposiciones noroeste, sureste y suroeste respectivamente.

La procedencia de QM presentó una pedregosidad de 20 a 60%, sus terrenos presentan una pendiente de 20 a 35%, las exposiciones para los árboles de los cuales se recolectaron los frutos fueron suroeste, noroeste y este, en una proporción de 45, 20 y 20% de los árboles respectivamente. La plantación de ZC no mostró pedregosidad ni pendiente en el terreno.

Los suelos donde se desarrolla el cuachalalá presentan las siguientes características: el pH en el suelo de la procedencia de QM es moderadamente ácido, el de ZC es neutro y el de SJC

medianamente alcalino. El suelo de QM por su densidad se clasifica en un tipo de suelo orgánico y volcánico, los suelos de ZC y SJC se encuentran en el tipo de suelo arcilloso. Los suelos de las dos procedencias y de la fuente se consideran no salinos. La textura del suelo de ZC es limo-arcilloso, el de QM franco-arcillo-arenoso y el de SJC franco-arenoso. El contenido de materia orgánica en ZC fue 2.43%, en SJC 2.71% y 2.67% para QM. El contenido de nitrógeno en el suelo de ZC se considera como muy bajo (6.34), en QM medio (20.4) y SJC se considera bajo (19.7). El contenido de fosforo en ZC es alto (11.7), para QM bajo (3.99) y para SJC medio (10.4) (Anexo 1).

El clima que predomina en ZC y QM es cálido subhúmedo con una temperatura media anual de 24°C, con lluvias en verano y una estación seca muy marcada de octubre a mayo. El clima en la procedencia de SJC es seco cálido y muy cálido (INEGI, 2011) con una temperatura media anual de 22^0C, la precipitación acumulada en el lugar de esta procedencia es mucho menor que en la fuente ZC y en la procedencias QM (Cuadro 2, Anexo 2).

Cuadro 2. Precipitación y temperatura de tres procedencias de recolecta de frutos de *A. adstringens*.

		Temperatura ºC		
Procedencias	**Precipitación (mm)**	Máxima	Media	Mínima
Zacatepec*	1060.4	32.3	23.9	15.7
Quilamula	958.6	31.9	24.3	16.8
San Juan de los Cúes	848	29.2	22.3	15.4

*Fuente=Zacatepec, Morelos, la procedencia pertenece a Cerro del Pedernal, Puebla.

Para la identificación de los árboles se realizaron recorridos de campo dentro de las procedencias definidas para identificar y seleccionar a los árboles. La selección del árbol fue con base a sus características fenotípicas: altura dominante de 6 a 10 metros, diámetro de 15 a 25 cm,

fuste recto, libre de plagas y enfermedades, árboles adultos en edad productiva y con buena producción de fruto (Anexo 3).

En esta especie, el color café y la textura fibrosa y papirácea de la cubierta de los frutos son un indicador de madurez, además de su fácil desprendimiento del fruto de las ramas (Figura 3).

Figura 3. Desarrollo y madurez del fruto de *A. adstringens*; 1) flores, 2) fruto inmaduro, 3) fruto maduro.

En árboles altos, la recolección de los frutos se realizó mediante trepa y se utilizó una pértiga para alcanzar las ramas más altas; en cambio, cuando los árboles eran de mediana o baja altura, estando desde el suelo, la recolecta fue manual o con ayuda de la pértiga (Figura 4). Los frutos recolectados se depositaron en los cosechadores y se guardaron en bolsas de papel kraf (de 17.8*40.5 cm). La bolsa de papel se etiquetó cuidadosamente para evitar que revolvieran las muestras de cada árbol recolectado. En la etiqueta se anotó la información detallada sobre la procedencia de recolecta de los frutos, fecha de recolecta, localidad y municipio.

Se recolectaron frutos de 20 árboles en la procedencia de San Juan de los Cués y Quilamula, para evitar problemas de parentesco se consideró una distancia mínima de 100 metros entre los

árboles seleccionados. En la plantación de 11 años de edad del INIFAP-Campo Experimental Zacatepec, Morelos, se recolectaron frutos de 18 árboles. A los árboles seleccionados se registró su altura total, diámetro del fuste y diámetro de copa; de la procedencia se registró la altitud, las coordenadas geográficas, tipo de suelo, pendiente, exposición y la fecha.

Figura 4. Forma de la recolección de frutos de *A. adstringens* en las procedencias de Quilamula y San Juan de los Cués.

5.2. Beneficiado de los frutos y semillas

El beneficiado de los frutos y semillas se realizó en el laboratorio de semillas del INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, Morelos. Los frutos se colocaron sobre papel periódico para su secado bajo sombra y la limpieza consistió en la separación de restos de hojas y ramas (Figura 5), para la extracción de las semillas se limpiaron los frutos quitándole la parte del ala y del pericarpio, separando los lóculos y extrayendo las semillas de los frutos.

Figura 5. Beneficiado y secado de frutos de *A. adstringens* bajo sombra sobre papel periódico.

5.3. Ubicación del experimento

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de semillas y en un invernadero (Figura 6) con dimensiones de 6 x 9 m y una malla sombra en la parte superior, ubicado en las instalaciones del INIFAP-Campo Experimental Zacatepec, Morelos.

Figura 6. Invernadero utilizado para la germinación de las semillas de *A. adstringens*, Campo Experimental Zacatepec del INIFAP

5.4. Contenido de humedad de las semillas

Para la determinación del contenido de humedad, el diseño experimental empleado fue parcelas divididas en donde la parcela grande fue la procedencia y la parcela chica fueron los árboles, el experimento consistió en tomar dos muestras de veinte semillas por árbol, y se evaluaron quince árboles, cinco por cada procedencia. Las muestras se pesaron en una balanza analítica (Figura 7a) marca AND, HF-2000 (d=0.01g), se colocaron en charolas metálicas y se introdujeron en la estufa (Figura 7b) marca SANYO, a una temperatura de 80°C, el registro de los pesos se realizó cada 24 hrs hasta obtener un peso constante; al final de este periodo de tiempo se registró el peso final. El contenido de humedad (CH) en las semillas se determinó mediante la siguiente ecuación (Willan, 1991; Cabrera, 2006).

$$CH\ (\%) = \frac{\mathrm{PF} - \mathrm{PS}}{\mathrm{PF}} \text{ x } 100$$

Donde: CH= Contenido de humedad de la semilla (%)

PF= Peso fresco de la semilla

PS= Peso seco de la semilla

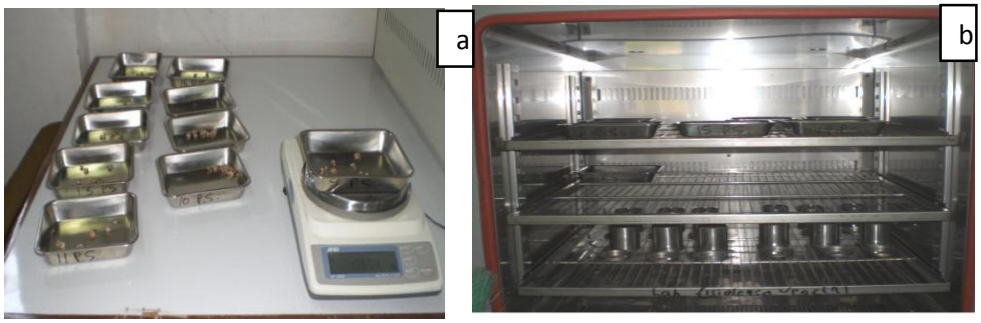


Figura 7. Pesado (a) y secado (b) de las muestras de semillas de *A. adstringens*.

5.5. Imbibición de las semillas

El diseño experimental empleado fue parcelas divididas en donde la parcela grande fue la procedencia y la parcela chica fueron los árboles. Para este experimento se tomaron dos muestras de veinte semillas por árbol, de un total de nueve árboles, tres por cada procedencia. Se pesaron las muestras en la balanza analítica y se colocaron en cajas de petri de 9 cm de diámetro sobre papel absorbente y humedecido con agua destilada. La evaluación se hizo a temperatura ambiente. El peso final que se registró fue hasta que se obtuvieron pesos constantes, se determinó la absorción de agua en relación con el peso fresco mediante la siguiente ecuación (Pérez y Acosta, 2002).

$$\text{Imbibición (\%)} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \text{x}100$$

5.6. Peso seco de las semillas

Para conocer el peso medio extrapolado de 100 semillas, se utilizaron dos repeticiones por árbol, la unidad experimental fue de 10 semillas. Para esta variable se incluyeron cinco árboles por procedencia y se pesaron un total de 300 semillas.

Para este experimento fue necesaria la limpieza de al menos 100 frutos por árbol. Cuando se tuvo la parte seminífera limpia se procedió a remover las semillas del interior del fruto. Este proceso consistió en extraer las semillas del fruto, con la ayuda de un cúter se cortó la parte superior del fruto y con una tijera el ala.

Después de obtener las muestras de semillas limpias y contabilizadas, se pesaron en una balanza analítica, se registraron los pesos iniciales, posteriormente se introdujeron a la estufa a

una temperatura de 80°C, se sacaron las muestras de semillas hasta obtener pesos secos constantes por cada árbol.

5.7. Medición de los frutos

Para conocer las diferencias en tamaño de los frutos de los diferentes árboles y de las tres procedencias, se midió el largo del fruto, largo del ala, largo, ancho y grosor del área seminífera (Figura 8). El instrumento que se utilizó fue un vernier digital marca Mitutoyo®. Para el análisis de los datos se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas donde la parcela grande fueron las procedencias y la parcela chica fueron los árboles; se midieron un total de 3,480 frutos; en las procedencias SJC y QM se utilizaron 20 árboles, por cada árbol se utilizaron 60 frutos (2 repeticiones de 30 frutos por repetición), para la procedencia CP se utilizaron 18 árboles.

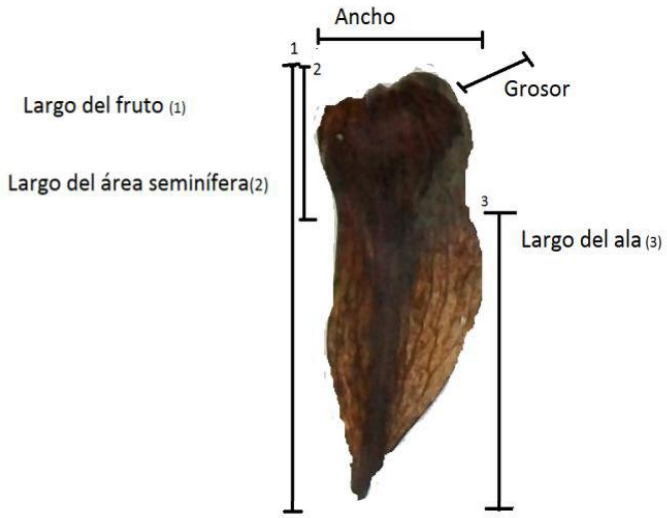


Figura 8. Fruto de *A. adstringens* con las áreas consideradas para medirlas.

5.8. Número de semillas potenciales y formadas por fruto

Se determinó la posición de la semilla, el número de semillas y de lóculos en los frutos de cuachalalá en tres procedencias. El diseño que se empleó fue parcelas divididas donde la parcela grande fueron las procedencias y la parcela chica los árboles, en total se cortaron 6,960 frutos. En la procedencia SJC y QM se utilizaron 20 árboles por procedencia, por cada árbol 120 frutos (4 repeticiones 30 frutos por repetición), para la procedencia de CP se utilizaron 18 árboles.

Los frutos se cortaron transversalmente, a la mitad de la parte seminífera, esto con el fin de exponer sus lóculos y la presencia de las semillas.

Para cortar los frutos a la mitad se utilizaron tijeras de jardinero y con una aguja de disección se extrajeron las semillas del fruto.

Se consideró y registró como semilla desarrollada aquella que estaba completamente formada, la cual llenaba por completo la cavidad del fruto y se observaba de un color blanco y semilechoso.

Para determinar el número de lóculos, se observó y registró el número de cavidades encontradas por fruto, se contó el número de semillas encontradas por fruto. Para determinar la posición de la semilla en los frutos, los datos se tomaron con la posición de la punta del ala del fruto dirigida hacia abajo y a la izquierda, como se muestra en la figura 9; se contó el número de lóculos de izquierda a derecha (Cid, 2008).

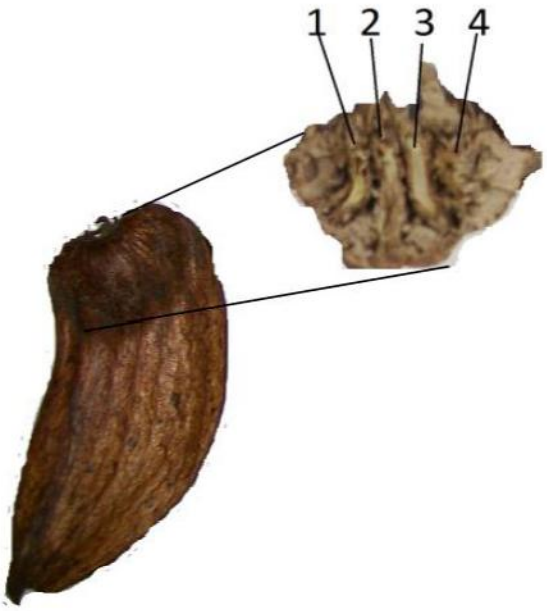


Figura 9. Corte transversal del fruto de *A. adstringens*, para conteo de semillas, lóculos y posición de las semillas.

5.9. Emergencia de semillas en condiciones de laboratorio

Se realizó un experimento en el laboratorio en el cual se evaluó la emergencia de las semillas en una germinadora alternando la temperatura. El primer periodo fue de 25°C durante 12 hrs, la segunda de 14°C por 12 hrs, simulando el día y la noche. En este experimento se empleó un diseño de parcelas divididas en donde la parcela grande fueron las procedencias y la parcela chica fueron los árboles. En el experimento se utilizaron cinco árboles por procedencia, cuatro repeticiones por árbol, 50 semillas por repetición, 15 árboles en total. Se limpiaron más de 100 frutos por árbol hasta obtener 200 semillas.

Se utilizaron 60 cajas petri rectangulares de 11 x 19 cm, las cuales se etiquetaron con el número de procedencia, árbol y repetición. A cada caja petri se le puso como base papel germinador, el cual se mantuvo húmedo. Se realizó la observación diaria de las semillas, el

registro de datos se inició cuando emergió la radícula de la primera semilla. Se anotó como semilla emergida aquella que presentó una radícula de cuando menos 3 mm (Sheley *et al*., 1993; Hou y Romo, 1998) y se sacó de la caja petri para evitar contabilizarla una vez más. Se mantuvo la humedad del papel germinador para evitar que se resecaran las semillas, asimismo se cuidó que no hubieran excesos de agua.

Para determinar los indicadores y el porcentaje de emergencia se utilizaron las siguientes ecuaciones (Avilán *et al*., 1995; Lallana y Lallana, 2003; Escribá y Laguna, 2006; Tamayo-Rincón *et al*., 2010):

$$\text{Emergencia (\%)} = \frac{\text{Número de semillas emergidas}}{\text{Número de semillas pura}} \text{x}100$$

$$\text{Emergencia media diaria (EMD)} = \frac{\text{Porcentaje de emergencia}}{\text{Número de días del ensayo}}$$

$$\text{Valor pico (VP)} = \frac{\text{Emergencia acumulada}}{\text{Número de días}}$$

$$\text{Velocidad de emergencia (VE)} = \text{VP x EMD}$$

Figura 10. Acomodo de las semillas de *A. adstringens* en las cajas petri y en la germinadora.

Medición de longitud de radículas

En el ensayo de emergencia del laboratorio, las semillas que se registraron como emergidas, se les midió la radícula, se evaluaron cinco árboles por procedencia cada árbol con cinco repeticiones, este experimento se realizó en un diseño de parcelas divididas en donde la parcela grande fueron las procedencias y la parcela chica fueron los árboles. Las semillas se colocaron sobre papel germinador húmedo sobre cajas petri rectangulares, cada una de las semillas se colocó en un orden del 1 al 5 y las cajas se etiquetaron con el número de procedencia y árbol.

Las semillas, al momento de considerarlas germinadas se les midió la radícula, posteriormente al tercer día se volvieron a medir, la medición se realizó con un vernier.

Figura 11. Semillas de *A. adstringens* con diferente longitud de radícula.

Viabilidad de las semillas

Después de terminado el experimento de emergencia en laboratorio se prosiguió a cortar las semillas que no germinaron a los cuarenta días, se registró la cantidad de semillas vivas, muertas y vanas, para determinar los porcentajes de viabilidad se tomaron en cuenta el número de semillas germinadas y el número de semillas que no germinaron pero que estaban vivas, sin considerar las muertas y las vanas, y en el caso del porcentaje de emergencia se consideraron las semillas puras (llenas) las cuales fueron el número total de semillas menos las semillas vanas; para el caso de las semillas vivas se contabilizaron aquellas con el endospermo y el embrión sano, bien desarrollado y completo. Para realizar las observaciones de las semillas se utilizó lupa y estereoscopio. Para determinar el porcentaje de viabilidad se utilizó la siguiente ecuación:

Número de semillas viables= (Número de semillas emergidas + Número de semillas vivas no emergidas)

$$\text{Viabilidad } (\%) = \frac{\text{Número de semillas viables}}{\text{Número de semillas totales}} \text{x } 100$$

5.10. Emergencia y germinación de semillas en condiciones de invernadero

Los ensayos de emergencia y germinación se realizaron en un invernadero de las instalaciones del INIFAP del Campo Experimental de Zacatepec.

El sustrato que se utilizó fue la mezcla Sunchine Mix No.3; la cual estuvo integrada por una combinación uniforme de musgo, Sphagnum Canadiense y vermiculita. Este sustrato se humedeció y posteriormente se llenaron las charolas. Las charolas de plástico fueron de 72 cavidades; las cuales tienen las siguientes medidas: 26.67*52.79 cm. En el experimento de emergencia y germinación se utilizaron 232 charolas. Una vez llenas las charolas se etiquetaron con el número de procedencia, número de árbol y repetición a la cual correspondían. Después se les hicieron hoyos con una estaca a una profundidad de aproximadamente 3 cm.

Por la dificultad que presentan las semillas para extraerlas de los frutos, la siembra se realizó con frutos completos (Cid, 2008). Debido a que la imbibición es la etapa inicial para que exista la germinación se dejaron los frutos por un periodo de dos horas en agua, ya que al hidratarse una semilla se inicia un aumento en las reacciones enzimáticas que estimulan la germinación (Jara *et al*., 2006).

Se tomaron 200 frutos por árbol, se cortó el ala, se envolvieron en una tela de malla delgada, se amarraron con ligas y se depositaron sobre una bandeja y se les agregó un litro de agua, ya que los frutos son livianos y flotan, se les puso una piedra encima para aumentar el peso, esto permitió que los frutos se imbibieran totalmente y de una manera uniforme. Se preparó el número de charolas por procedencia, las cuales fueron debidamente etiquetadas para que se pudiera llevar un orden y no se revolviera el número de árboles. Cada muestra se puso a imbibir

con una diferencia de 10 minutos, debido a que este fue el tiempo estimado en sacar la muestra de los frutos y sembrarlos.

Para el ensayo de emergencia y germinación se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar (Anexo 4). En la parcela grande se ubicaron las procedencias y en la parcela chica los árboles. Se evaluaron 58 árboles, con un total de 11,600 frutos.

En la procedencia SJC y QM se utilizaron 20 árboles, 200 frutos por árbol (4 repeticiones por árbol, 50 frutos por repetición), para la procedencia de CP se utilizaron 18 árboles.

Una vez terminada la siembra de las tres procedencias se llevó a cabo el arreglo de las charolas dentro del invernadero de acuerdo con el diseño establecido (Figura 12). Los riegos se realizaron cada tercer día, por la capacidad del sustrato en mantener la humedad por largo tiempo. Después de la siembra se revisó diariamente el experimento, se inició el registro de emergencia a partir de la aparición de la primera plántula, cuando se observaron las hojas cotiledonales. Se inició con el registro de germinación a partir de la aparición del primer par de hojas verdaderas.

Figura 12. Ubicación de las unidades del experimento dentro del invernadero.

Debido al gradiente de luz y temperatura detectado, se hizo un diseño de bloques completamente al azar. Se instalaron tres datalogger los cuales se ubicaron en los extremos y en la parte media del tunel, los datos de temperatura se descargaron en la computadora cada 15 días, para su arreglo y posterior análisis.

Los indicadores de la germinación se calcularon con las siguientes ecuaciones (Avilán *et al*., 1995; Lallana y Lallana, 2003; Escribá y Laguna, 2006; Tamayo-Rincón *et al*., 2010):

$$\text{Capacidad de germinación (\%)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \text{x}100$$

$$\text{Germinación media diaria (GMD)} = \frac{\text{Porcentaje de germinación}}{\text{Número de días del ensayo}}$$

$$\text{Valor pico (VP)} = \frac{\text{Geminacion acumulada}}{\text{Número de días}}$$

$$\text{Velocidad de germinación (VG)} = \text{VP x GMD}$$

5.11. Análisis de datos

Para los primeros cinco experimentos se utilizó un diseño de parcelas divididas completamente al azar en donde la parcela grande fueron las procedencias y la parcela chica fueron los árboles, los datos se analizaron, con el siguiente modelo (Juárez-Agis *et al*., 2006).

$Y_{ijk} = \mu + P_j + A(P)_{kj} + E_{ijk}$

Y_{ijk}= valor observado de la $_i$-ésima variable del $_k$-ésimo árbol, en la $_j$-ésima procedencia;

μ= media poblacional;

P_j= efecto aleatorio de la $_j$-ésima procedencia;

$A(P)_{kj}$= efecto aleatorio del $_k$-ésimo árbol dentro de la $_j$-ésima procedencia;

E_{ijk}= error de muestreo.

En el experimento de emergencia y germinación de semillas de cuachalalá en condiciones de invernadero los datos se analizaron mediante un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar, donde la parcela grande fueron las procedencias y en la chica los árboles; en el análisis se consideró a los árboles anidados en las procedencias, el modelo fue el siguiente (Juárez-Agis *et al*., 2006).

$Y_{ijk}= \mu+\beta_i+P_j+\beta P_{ij}+A(P)_{kj}+E_{ijk}$

Y_{ijk}= valor observado en el $_k$-ésimo árbol de la $_j$-ésima procedencia, en el $_i$-ésimo bloque;

μ= media poblacional;

β_i= efecto aleatorio del $_i$-ésimo bloque;

P_j= efecto aleatorio de la $_j$-ésima procedencia;

βP_{ij}= efecto aleatorio de la interacción del $_i$-ésimo bloque con la $_j$-ésima procedencia;

$A(P)_{kj}$= efecto aleatorio del $_k$-ésimo árbol anidado en la $_j$-ésima procedencia;

E_{ijk}= error aleatorio de muestreo.

Los resultados de los experimentos se procesaron en el programa estadístico SAS. Las variables con diferencias significativas se analizaron con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los datos de porcentaje de emergencia y germinación fueron normalizados utilizando la transformación del arcoseno $\overline{x}$.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características físicas de las semillas

Contenido de humedad

El peso inicial promedio de 100 semillas en las tres procedencias fue 6.0, 7.3 y 8.4 g para SJC, QM y CP respectivamente. El contenido de humedad CH (%) para la procedencia SJC fue 15.2±7.2, para QM 10.9±3.1 y CP 11.8±5.3, no existieron diferencias significativas entre procedencias (p=0.1325), aunque si existieron diferencias del CH entre árboles dentro de su procedencia (p= 0.0325). En la figura 13 se muestra el CH promedio de las procedencias.

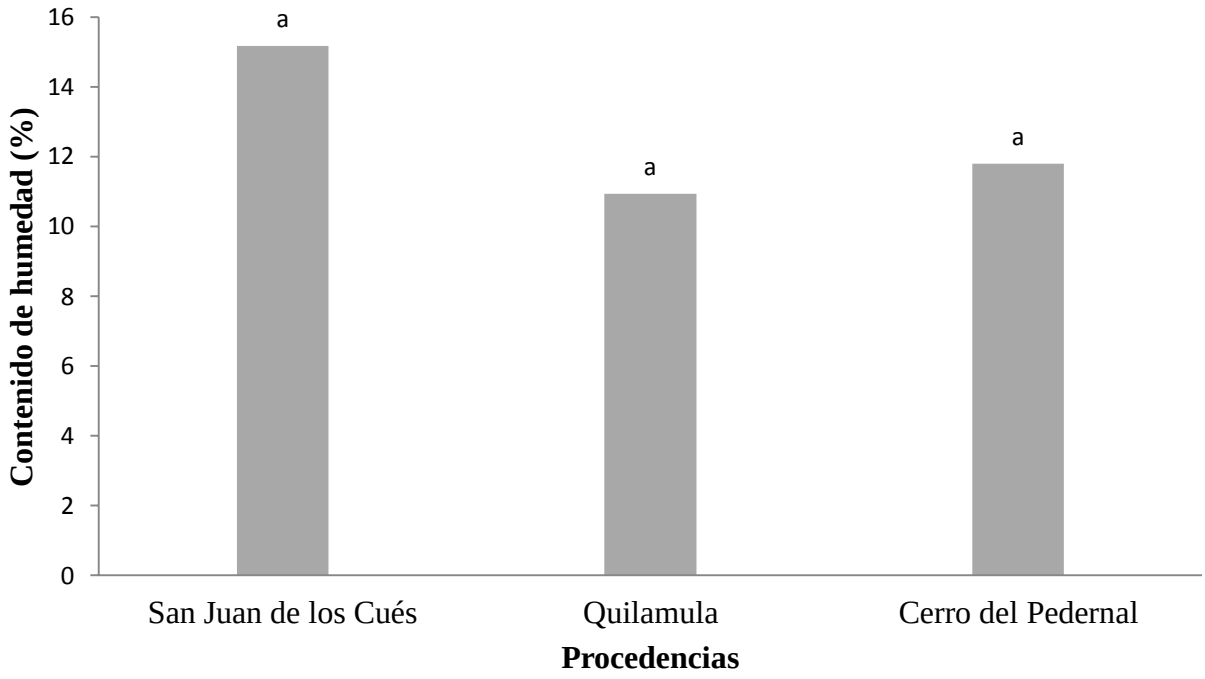


Figura 13. Contenido de humedad de las semillas de tres procedencias de A. adstringens.

Las diferencias del CH entre árboles de la misma procedencia está influenciado por la fecha de producción y madurez de los frutos, además de la composicion química que presentan las

semillas, su tasa metabólica (Vázquez *et al*., 1997; Vadillo *et al*., 2004) y de las características ambientales de orígen, ademas existe una correlación negativa del CH con la altitud, la precipitación y la temperatura (Anexo 5) (Alizaga y Mora, 1982). Los bajos contenidos de humedad de las semillas de cuachalalá reducen la actividad metabolica de las semillas lo cual les permite ser más longevas y mantener altos porcentajes de viabilidad, caracteristicas que se relacionan con las semillas que se consideran ortodoxas (Vazquez *et al*., 1997; Jara, 1997). Por ejemplo, en un estudio realizado por Vadillo *et al*. (2004) encontraron contenidos de humedad de 5.7 a 15% en semillas de *Puya raimondii.* Cabrera (2006) encontró CH de 5.4% en *Swietenia macrophylla* King y 27.1% en *Calophyllum brasiliense* var. Rekoi Stands.

Los contenidos de humedad iniciales encontrados en el presente trabajo permiten definir el manejo y almacenamiento posterior a la recolección de la semilla y evitar su muerte por daños físicos, por patógenos o su muerte por deshidratación (Serrada, 2000), ya que con altos contenidos de humedad se incrementa la actividad enzimática hidrolítica, la respiración y los ácidos grasos libres, por lo cual la humedad se considera un factor crítico en las semillas debido a que aceleran las reacciones que deterioran la semilla (Tsougkrianis *et al*., 2009), el CH encontrado en las semillas de cuachalalá en las tres procedencias son bajos por lo cual las semillas no tienen dificultad en ser almacenadas.

Imbibición

Los porcentajes de imbibición (%) para SJC fue 134±30.5, para QM 160±8.4 y CP 103±15.4, existieron diferencias significativas (p=0.0001) entre procedencias y entre árboles dentro de su procedencia (p=0.0015), la procedencia con los porcentajes de imbibición altos fue

QM y los porcentajes bajos fueron para la procedencia de CP (Figura 14). Las semillas de cuachalalá, no presentan problemas con la dureza de su testa ni latencia física.

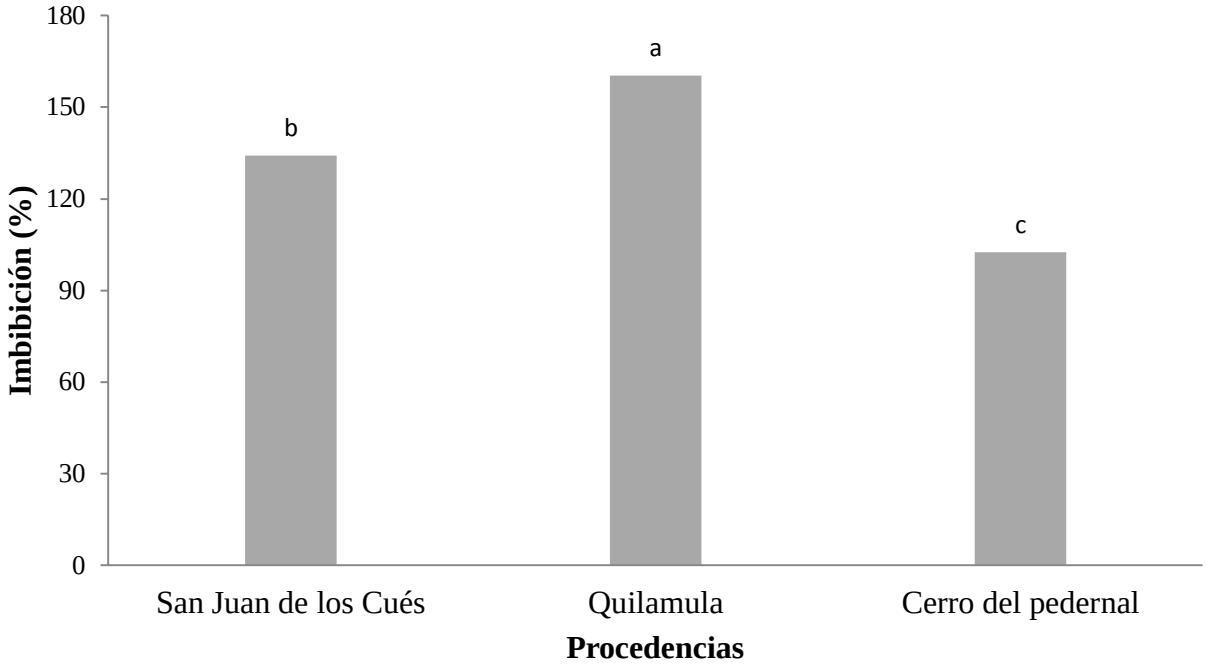


Figura 14. Imbibición de las semillas de tres procedencias de *A. adstringens*.

Los resultados obtenidos de imbibición muestran la permeabilidad de la testa de las semillas de cuachalalá, ya que los porcentajes de peso se incrementaron entre 103 y 160%. De manera particular, la procedencia de QM absorbió 26.2 y 57.7% más agua que las procedencias de SJC y CP, respectivamente. Esto indica que el agua fluye con facilidad al interior de la semilla. La cantidad de agua que una semilla absorbe es variable también entre especies (Tsougkrianis *et al*., 2009); por lo cual, la cantidad de agua que absorbe una semilla depende del genotipo (Booth y Bai, 1999; Pérez y Acosta, 2002), y de las características específicas de la fuente materna, ya que los tegumentos del ovario de la flor heredan información genética a la testa de las semillas (Mohamed-Yassen *et al*., 1994).

Las semillas de cuachalalá se imbiben al ponerlas en contacto con el agua y esta característica se relaciona con la adaptación y la supervivencia de la especie en el ambiente donde se desarrolla (Copeland y McDonald, 2001). En algunos casos el tamaño de la semilla es una característica que determina el requerimiento de humedad para la germinación y las semillas adaptan su metabolismo para usar eficientemente el agua disponible, cuando hay restricción de ella (Tsougkrianis *et al*., 2009). Estudios realizados en *Placea amoena* Phil., demuestran que sus semillas presentan bajos niveles de hidratación; lo cual se relaciona con el tipo de hábitat de origen, ya que se desarrolla en suelos arcillosos, donde el riesgo de desecación es menor que en suelos arenosos, por lo cual estas semillas se han adaptado a estas condiciones (Jara *et al*., 2006). Los porcentajes de germinación en semillas de cuachalalá se encuentran relacionados con la imbibición de las semillas, como lo reporta Cid (2008), en donde aplico tres tiempos de imbibición y diferentes concentraciones de ácido giberélico, aunque los tiempos de imbibición no mostraron diferencias significativas, la imbibición fue el disparador de la germinación en comparación con los otros tratamientos, esos resultados son comparables con los encontrados en el presente trabajo en donde se encontró que existe relación positiva del porcentaje de imbibición y los porcentajes de emergencia en laboratorio (Anexo 5). Las semillas de cuachalalá no necesitan aplicación de tratamientos pregerminativos, pero es necesario que las semillas pasen por un periodo de tiempo en agua para estimular la germinación.

Peso seco de las semillas

En cuanto a los pesos secos de las semillas se encontraron diferencias significativas entre procedencias (p=0.001) y entre árboles dentro de las procedencias (p=0.001). La procedencia

que obtuvo el peso seco más alto fue la de CP (7.5±1.3 g/100 semillas) y los pesos más bajos fueron para QM (6.5±0.8 g/100 semillas) y SJC (5.1±1.9 g/100 semillas) (Figura 15).

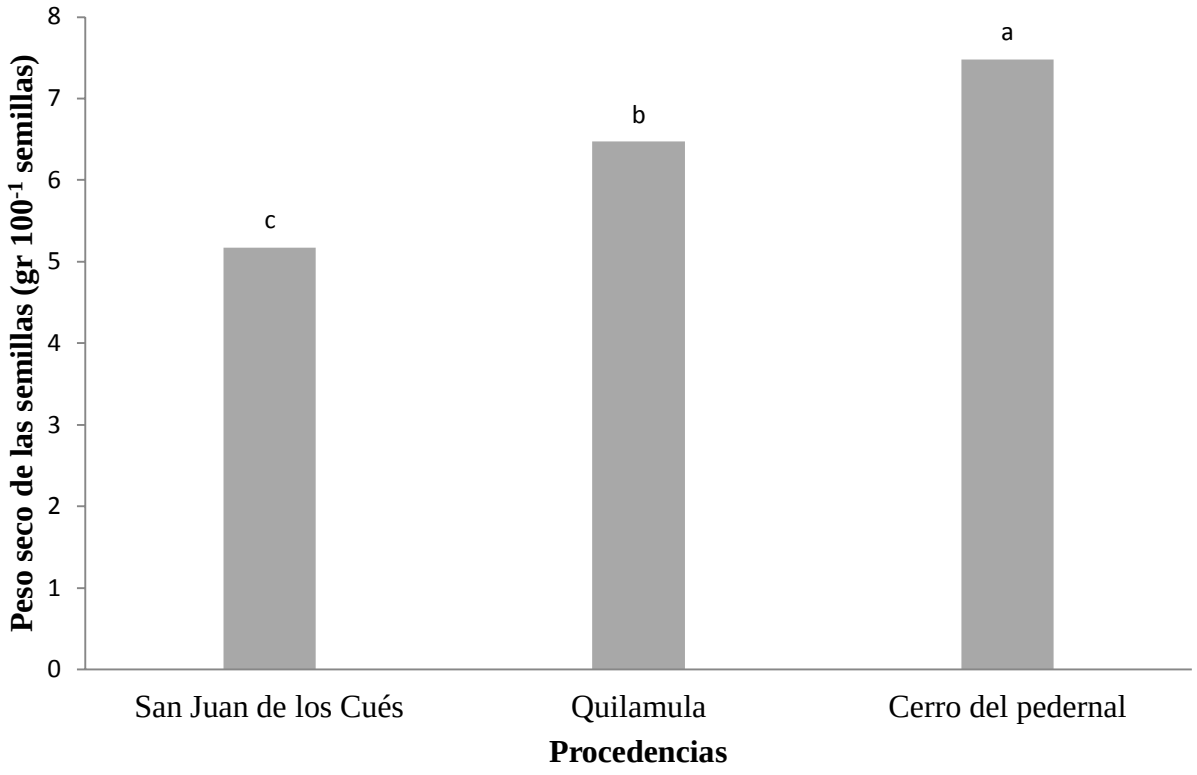


Figura 15. Peso seco de 100 semillas de tres procedencias de *A. adstringens*.

Para estimar el número de semillas por kilogramo, el CH se estandarizó al 9%; la procedencia de SJC registró una mayor cantidad de semillas por kilogramo que la procedencia del CP, esto debido al tamaño de las semillas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de semillas por kilogramo en las procedencias de *A. adstringens* al 9% de CH.

Procedencia	Número de semillas por kg
San Juan de los Cués	22,012±12,980
Quilamula	15,733±5,495
Cerro del pedernal	12,917±7,249

Las diferencias entre los pesos secos se deben a diversos factores tales como duración de la estación de crecimiento, inicio en la producción de flores y frutos, diferencias genéticas de las poblaciones, humedad del suelo, diferencias en la historia de vida de cada planta (Ramírez y Brito, 1988; Mora *et al*., 2000); además existe relación positiva del peso seco de las semillas con la temperatura, altitud y precipitación (Anexo 5), coincidiendo con lo encontrado en *Quercus oleoides* Schl. Et. Cham (Márquez *et al*., 2005).

La variación del peso de la semilla entre árboles de la misma población se debe al microambiente donde se encuentran establecidos (Ramírez y Brito, 1988); los resultados obtenidos en el presente estudio se asemejan a los encontrados por Hernández *et al*. (2003) en donde encontraron variación del peso, largo y ancho de las semillas en *Pinus pseudostrobus* Lindl., así también Márquez *et al*. (2005) en estudios realizados de *Quercus oleoides* Schl. Et Cham. encontraron diferencias entre largo, ancho y peso de semillas dentro y entre tres poblaciones estudiadas, la variación del peso y número de semillas en una población es debido a las diferentes formas y tamaños que tienen las semillas aun dentro de un mismo árbol como lo encontrado en frutos y semillas de *Guazuma ulmifolia* Lambert., (Viveros, 2001).

En algunas especies, las bajas altitudes influyen en que los árboles tiendan a producir semillas pequeñas (Guo *et al*., 2010); aunque también el tamaño de la semilla está relacionado con el tamaño y edad de la planta madre y el número de semillas por fruto. El gradiente

altitudinal y la ubicación geográfica sobre el tamaño y producción de semillas es el resultado de la selección natural y adaptación de la especie al ambiente (Guo *et al*., 2010).

La exposición de la planta madre a altas temperaturas durante su desarrollo y el desarrollo de las semillas, la reducción de agua después de la floración disminuye significativamente el peso de las semillas, la baja disponibilidad de nutrientes para la planta se ve reflejado en el tamaño y peso de las semillas (Wulff, 1986). Las condiciones ambientales que rodean a cada individuo y la posición de las semillas dentro del fruto, ya que estas condiciones afectan el tamaño y la morfología de las semillas (Arteaga, 2007).

El momento de cosecha de la semilla es determinante para alcanzar los máximos porcentajes de germinación, lo cual se relaciona con la madurez fisiológica y la máxima acumulación de materia seca (Espinoza-Calderón *et al*., 2009). En campo es importante considerar los indicadores de cosecha del fruto para garantizar que la semilla desarrolló todos sus componentes. Estudios realizados con otras especies muestran que el máximo peso de la semilla se relaciona con los altos valores de germinación, como en el caso de *Bromus auleticus* Trin ex Nees (Ruiz *et al*., 2003); típicamente el tamaño de las semillas está correlacionada positivamente con el vigor de las plántulas y tiene realce en su supervivencia bajo las condiciones naturales (Hou y Romo, 1998).

Las semillas de *A. adstringens* son de bajo peso, aunado a lo anterior la estructura del fruto donde se albergan las semillas, facilitan su dispersión. Semillas pequeñas se desplazan a largas distancias mediante la acción del viento o arrastre del agua (López y Ramírez, 1998), además que la variación en el tamaño de las semillas dentro y entre poblaciones les permite germinar en distintas condiciones ambientales como lo reportado en *Cecropia obtusifolia* Bertol (Tenorio-Galindo *et al*., 2008).

6.2. Características físicas del fruto

El análisis de varianza mostró diferencias significativas (p=0.0001) entre árboles dentro de su procedencia y entre procedencias (Anexo 6) para largo del fruto, largo del ala y largo, ancho y grosor del área seminífera; la procedencia de SJC presentó los frutos más pequeños y CP los más grandes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de cinco características físicas de los frutos de tres procedencias de *A. adstringens*.

Procedencia	Largo de fruto (mm)	Largo del ala (mm)	Área seminífera		
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
San Juan de los Cués	39 [c]	27.6 [c]	11.3 [c]	16.6 [b]	9.1 [c]
Quilamula	43.9 [b]	31.0 [b]	12.8 [b]	17.5 [a]	9.9 [b]
Cerro del Pedernal	52.0 [a]	38.4 [a]	13.6 [a]	17.6 [a]	10.5 [a]
Media general	45	32.4	12.6	17.2	9.9

Nota: Valores indicados con distinta literal en la misma columna muestran diferencias significativas (α=0.05).

En el caso de la longitud del fruto, los valores obtenidos para la procedencia de CP se distribuyen por arriba de la media general (45 mm) mientras que los valores de SJC están por debajo de ésta (Figura 16). Las diferencias encontradas en las características de los frutos de la procedencia de CP se deben a la influencia que ejerce el manejo que tiene la fuente de semilla de *A. adstringens* en la plantación del Campo Experimental Zacatepec, ya que en ésta se realizan limpias, podas y riegos, en cambio en las otras dos procedencias al encontrarse en ambientes naturales no tienen las condiciones adecuadas para desarrollarse y debido a que las poblaciones se encuentran degradadas por el mal manejo del descortezamiento por parte de los recolectores.

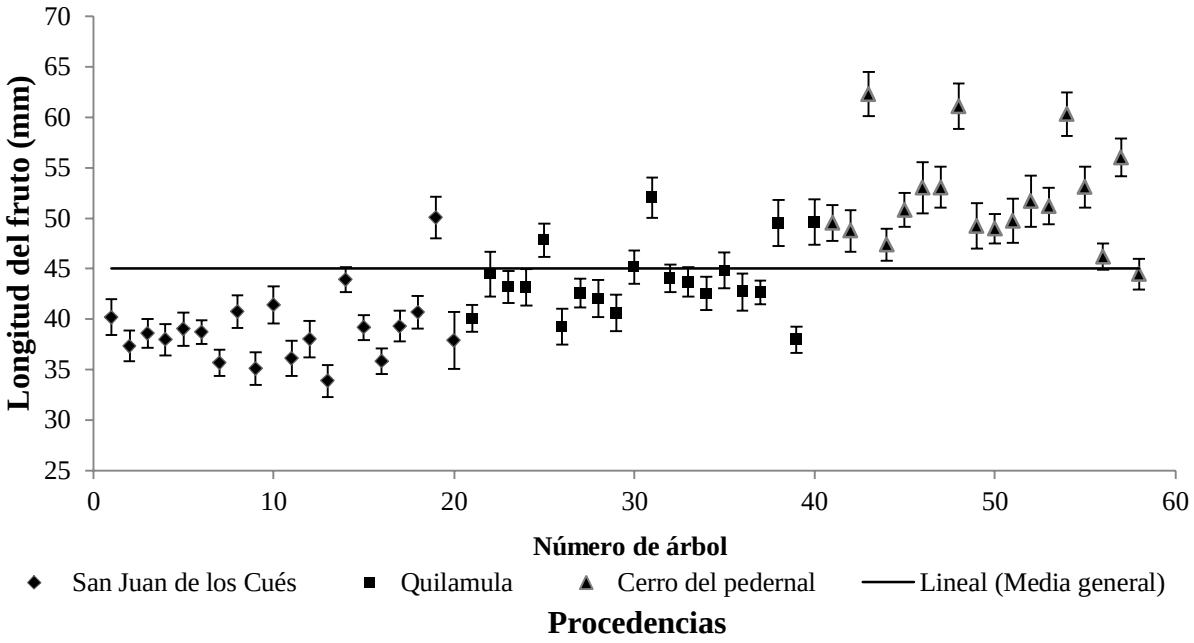


Figura 16. Longitud promedio del fruto de 58 árboles de tres procedencias de A. adstringens.

Los estudios de procedencias demuestran que las características físicas como el tamaño del fruto se expresan de diferente manera en cada árbol dependiendo del sitio específico donde se desarrollen (Hernández *et al*., 2003); como es el caso que se da en los microhábitats soleados de algunas poblaciones de plantas en los cuales se desarrollan mejor los frutos en comparación con los microhábitats con sombra (Zamora, 2002).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que existen diferencias en las diferentes procedencias de cuachalalá, como se observó en mayor medida, en las características longitud del fruto y del ala (Cuadro 4). Según Argerich y Gaviola (1995) el tamaño final del fruto en algunas especies está correlacionado con el número de semillas, el número de lóculos dentro del fruto, a las condiciones ecológicas, temperatura, déficit hídrico, al número de frutos localizados en una misma rama, la posición del fruto en el árbol y la irradiación solar; además, el tamaño y forma de los frutos influye en el tamaño y peso de las semillas (Mendizábal *et al*.,

2006); lo mencionado anteriormente fue similar en lo encontrado en el presente trabajo en donde existe relación positiva de la longitud del fruto con el peso seco de las semillas, longitud del ala, longitud, ancho y grosor del área seminífera, número de lóculos, número de semillas, porcentaje de semilla pura, así como también en los porcentajes de emergencia y germinación (Anexo 5).

La variabilidad en la morfología de los frutos entre las procedencias estudiadas se debe a la influencia del factor ambiental relacionado con la altitud, la precipitación y la temperatura (Anexo 5). Por ejemplo, las barreras geográficas determinan que ciertas poblaciones se diferencien de otras por el limitado flujo de genes entre las poblaciones (Zamora, 2002).

La variabilidad en las características morfológicas examinadas, entre ellas la longitud del fruto, longitud del ala, longitud del área seminífera, son una adaptación evolutiva para sobrevivir en las condiciones ambientales y ecológicas en las que se desarrolla la especie (altas temperaturas, poca disponibilidad de agua, suelos someros y pedregosos) (Cabrera, 2006), como se ha confirmado en el género *Pinus* (Iglesias *et al*., 2006). En otras especies como en *Phaseolus lunatus* L. se ha encontrado amplia variación morfológica entre y dentro de las poblaciones silvestres (Vargas *et al*., 2003), la variación en los frutos también se encuentran en frutos de *Guazuma ulmifolia* Lambert y *Quercus oleoides* Schl. Et Cham. (Viveros, 2001; Márquez *et al*., 2005).

Las adaptaciones fisiológicas son una respuesta a las condiciones ambientales particulares en las que se desarrolla cada individuo, las cuales se ven manifestadas de una manera clara con diferencias en las características de los frutos y semillas (Piedrahita, 1997).

A reserva de que las diferencias entre árboles se deban a efectos ambientales de micrositio, éstas se deben también a diferencias genéticas entre individuos, como suele ocurrir en la mayor parte de las variables morfológicas (Rodríguez-Gómez, 2004; Gómez, 2009).

El crecimiento de los frutos está relacionado con la cantidad de agua disponible. De esta forma, los frutos de las especies que crecen en ambientes secos tienden a crecer más en la noche que en el día ya que a mayores temperaturas y poca cantidad de agua disponible la longitud de los frutos se ve afectada produciendo frutos pequeños (Daymond y Hadley, 2008; Zavala, 2004).

Además, la variación del tamaño de los frutos se ve influenciada por su posición del fruto en el árbol, debido a que si estos se encuentran en la parte superior de la copa tienen un microhábitat asoleado y caluroso produciendo frutos más grandes por la existencia de una mayor cantidad de azucares y proteínas producidas por el área fotosintética, en comparación con aquellos que se encuentran en la parte inferior de la copa (Houle *et al*., 2007); además que frutos de mayor tamaño producen semillas de mejores características físicas (Huerta, 2000) para algunas especies como lo encontrado en los frutos y semillas de cuachalalá.

Las condiciones ambientales han favorecido la presencia de cuachalalá en los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca, posiblemente la especie presenta cambios genéticos que le permite crecer en hábitats específicos. Especies con amplia distribución geográfica tienen mayor diversidad genética que especies endémicas; adicionalmente la diversidad genética para las especies está en función de la ecología de la especie, historia evolutiva, estatus taxonómico y forma de vida (Hamrick y Godt, 1996).

Las características del fruto permiten conservar la viabilidad de la semilla debido a que éste desempeña doble función, suministra una cámara protectora para las semillas y favorece su dispersión (Dorcey, 2007). En el caso de cuachalalá, el pericarpio (estructura del fruto) reduce la disecación de las semillas, debido a que el tamaño, presencia y características del pericarpio tiene efecto significativo en la conservación y pérdida de agua. Esta estructura es importante cuando las semillas son pequeñas (Chacón y Bustamante, 2001).

Los frutos de cuachalalá tienen una consistencia membranosa y forma alada, que les permite flotar y le permite recorrer largas distancias con el arrastre de la corriente del agua en tiempo de lluvias, lo que le permite incrementar sus posibilidades de sobrevivencia al depositarse en hábitats propicios y al no competir con el árbol padre. Por su forma de dispersión, estos frutos no presentan colores y aromas en comparación con los frutos carnosos, debido a que su medio de dispersión es poco selectivo (Ramírez y Brito, 1988).

6.3. Número de lóculos y de semilla por fruto

Número de semillas por fruto

En el análisis de varianza entre procedencias resultó con diferencias significativas (*p*=0.0001) en cuanto al número de semillas y número de lóculos por fruto (Anexo 8). Se obtuvo que en los frutos de la procedencia de CP existe una mayor cantidad de semillas por fruto, mientras que la procedencia de SJC obtuvo una menor cantidad de semillas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias del número de lóculos y de semillas por fruto en *A. adstringens*.

Procedencia	Número de lóculos	Número de semillas llenas
San Juan de los Cués	2.7 [b]	0.3[c]
Quilamula	3.0 [a]	0.5[b]
Cerro del pedernal	3.0 [a]	1.1[a]

Nota: Valores seguidos por distinta literal en la misma columna muestran diferencias significativas.

Las procedencias que resultaron con altos porcentajes de frutos sin semilla fueron SJC (73%) y QM (61%), en comparación con la procedencia de CP (26%) (Figura 17).

Los porcentajes de frutos con una semilla fueron de 24.6%, 32.2% y 43.2% y con dos semillas fueron 2.8%, 7.0% y 29.9%, para las procedencias de SJC, QM y CP, respectivamente. Los porcentajes encontrados de frutos con tres o cuatro semillas fue por debajo del 1.1% para las tres procedencias (Figura 17).

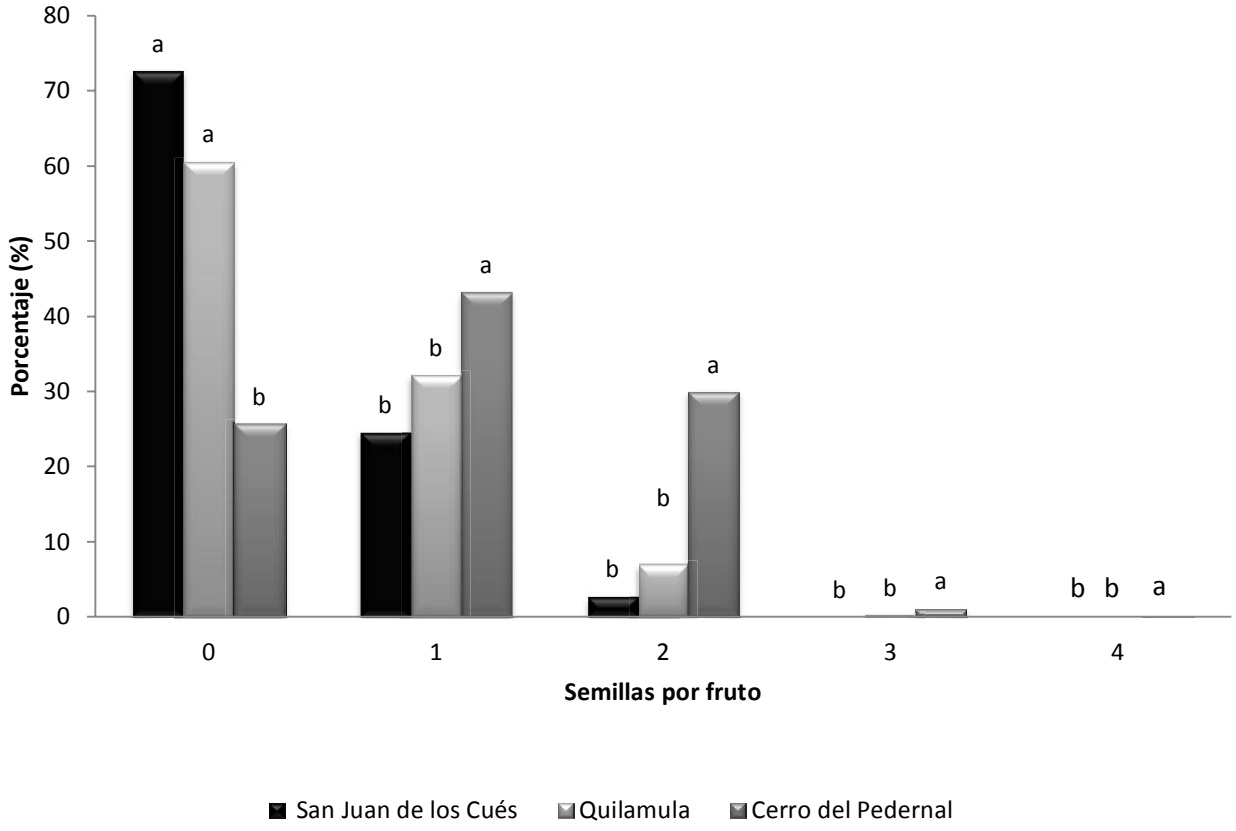


Figura 17. Porcentaje de frutos con 0, 1, 2, 3 y 4 semillas de *A. adstringens* de tres procedencias.

Los altos valores de frutos sin semillas en cuachalalá concuerdan, en general, con los encontrados por Cid (2008) en un estudio efectuado en una población natural de la misma especie en Guerrero, en donde encontró que 55% correspondió a frutos sin semilla, 39% con una semilla, 5.5% con dos semillas y sólo 0.5% presentó tres semillas. En estudios realizados en frutos y semillas de *Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & St encontraron variación de una a cuatro

semillas por fruto, reportan que la variación se debe al aborto de óvulos después del periodo de polinización (Gaona-García *et al*., 2008). En estudios de producción de semillas en *Saxegothae conspicua* Lindl., *Drimys winteri* J.R. et G. Forster, *Amomyrtis luma* (Molina) D. Legrand et Kausel mostraron correlaciones negativas con la temperatura y positivas con la precipitación y en poblaciones a mayor altitud le atribuyen mayor variación en producción de semillas (Rosas *et al*., 2004; Guo *et al*., 2010).

El número de semillas por fruto se encuentra relacionado con el número de lóculos presentes en el fruto, la longitud del fruto, longitud del ala, longitud, ancho y grosor del área seminífera, además de la relación existente con factores ambientales como la temperatura, la altitud y precipitación, así como también las cantidades de potasio en el suelo donde se desarrolla la planta, por lo que la procedencia de CP que tiene frutos más grandes es la que resultó con mayor número de semillas por fruto (Anexo 5).

Según Ramírez y Berry (1993) los bajos porcentajes de número de semillas por fruto están asociados con frutos secos indehiscentes debido a que existe alto costo de empaquetamiento por parte de las estructuras del fruto para proteger a las semillas en el momento de la dispersión.

La baja producción de semillas en el fruto se debe a que no existe disponibilidad suficiente de óvulos en el ovario y no se da la fertilización aun cuando existan tubos polínicos en la entrada del ovario (Castro, 2009); además de un número insuficiente de polinizadores o ineficiencia en el transporte del polen requerido (Rosas *et al*., 2004; Meyer y Pendleton, 2000), también la incompatibilidad que pudieran tener los gineceos ante el polen, así como a los factores ambientales que influyen sobre la variabilidad de los gametofitos masculino y femenino (Aponte y Jáuregui, 2004; Rosas *et al*., 2004). La mayoría de semillas vanas es resultado de la acción de genes deletéreos, los cuales tienen una mayor probabilidad de manifestar sus efectos en

condiciones de homocigosidad cuando hay cruzamiento entre individuos genéticamente emparentados (Gómez, 2009). Estas características permiten la existencia de variabilidad dentro y entre árboles como lo encontrado en *Abies pinsapo* Boiss (Arista *et al*., 1992).

Generalmente, el desarrollo del fruto se inicia si tiene lugar la fertilización; sin embargo, puede existir una separación del desarrollo del fruto con la presencia de las semillas, como muestra de ello se tiene el desarrollo de frutos partenocárpicos en algunas especies (Dorcey, 2007), los cuales pueden inducirse por las bajas temperaturas (10 °C) que ocasionan una menor cantidad de polen y a su vez una baja viabilidad (Gaviola, 2011). La presencia de frutos sin semillas se debe también a la partenocarpia vegetativa, la cual se da por el amarre del fruto sin polinización y su madurez depende de factores del ambiente (Hernández, 2009).

Según Cid (2008) en estudios realizados menciona que los frutos de cuachalalá presentan partenocarpia debida a diversos factores intrínsecos de la planta y ambientales, ya que más del 50% de los frutos no tiene semillas y que solo la mitad de los frutos presentan al menos una semilla.

La variación en el número de semillas por fruto en una población se debe a las temperaturas nocturnas entre 18-20 °C, que favorecen el tamaño, forma de los frutos y un mayor número de semillas (Gaviola, 2011), la temperatura es el factor ambiental que más influye sobre la producción y calidad de semilla (Rangel-Lucio *et al*., 2008); igualmente, la producción de semillas por fruto se encuentra relacionada con diferencias genéticas, condiciones microambientales, asincronía en la maduración de las flores femeninas y masculinas, así como a la posición y/o distancia de los árboles hembra y macho (Meyer y Pendleton, 2000). También la disponibilidad de agua en la planta reduce el aborto de semillas en el fruto, las condiciones abióticas locales, la densidad y tamaño de la población son importantes en los sucesos de

reproducción y variación en la población (Agren *et al*., 2008); la variabilidad del número de semillas por fruto, se presenta en algunas especies debido a condiciones de estrés por falta de nutrimentos, lo que ocasiona que las plantas hagan una distribución desigual de recursos, la planta se asegura de que al menos una parte de la progenie tendrá recursos suficientes para germinar y desarrollarse, por lo cual muchas especies sacrifican frutos sin semillas (Vargas *et al*., 2003).

La producción de semillas por árbol es una característica sujeta a un fuerte control genético y determina el límite biológico de un fruto para producir una determinada cantidad de semillas; el potencial de producción de semillas varía entre y dentro de las especies, la eficiencia de producción de semillas por el contrario está sujeta a un fuerte control ambiental y determina el éxito o fracaso del fruto para producir determinada cantidad de semillas (Niembro y Ramírez, 2006), así como también el tamaño de las semillas influye en el número de semillas producidas por fruto, por lo cual esto afecta no sólo la supervivencia de las plantas sino también a la perpetuación de la especie (Wulff, 1986).

Número de lóculos por fruto

El número de lóculos entre procedencias mostró diferencias significativas (p=0.0001) (Cuadro 5), las procedencias de QM y CP tienen un mayor número de lóculos por fruto que la procedencia de SJC. Estos resultados se relacionan con la producción de semillas, debido a que frutos que tienen mayor número de lóculos (cavidades) es más frecuente encontrar una mayor cantidad de semillas; el potencial de semillas es el número de lóculos que contiene por fruto, así se encontró que la procedencia CP tiene mayor potencial de producir semillas al tener mayor número de lóculos en sus frutos en comparación con la procedencia de SJC. También existe relación positiva del número de lóculos con la longitud del fruto, longitud, ancho y grosor del

área seminífera y factores ambientales como altitud, precipitación, temperatura y contenido de potasio en el suelo (Anexo 5)**.**

Los mayores porcentajes de lóculos por fruto fueron dos lóculos con 50% en la procedencia de SJC, tres lóculos con 41% para la procedencia de QM y cuatro lóculos con 35% para la procedencia de CP; mientras que los menores porcentajes del número de lóculos fueron cuatro lóculos con 18.1% en la procedencia de SJC, cuatro lóculos 29.4% para la procedencia QM y dos lóculos 31.5% para la procedencia de CP (Figura 18).

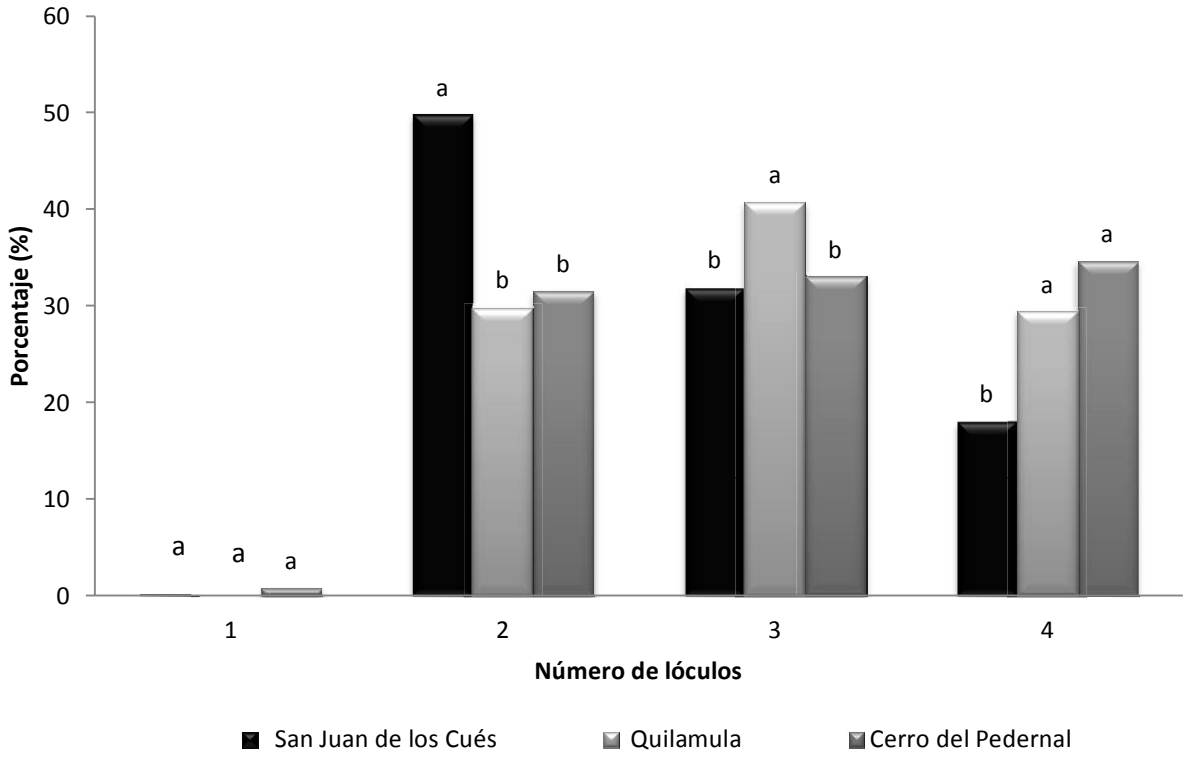


Figura 18. Número de lóculos por fruto de tres procedencias de *A. adstringens*.

En una población natural de cuachalalá en Xochipala, Gro., obtuvieron los siguientes resultados 38.5, 31 y 30.5% para 4, 3 y 2 lóculos (Cid, 2008), estos porcentajes son similares a

los porcentajes promedios encontrados en el presente estudio en donde se encontraron los siguientes resultados 27.4, 35.2 y 37.1% para 4, 3 y 2 lóculos.

Existe variación entre procedencias y entre árboles dentro de su procedencia en el número de lóculos o cavidad seminal, los frutos de *Pouteria sapota* tienen un potencial de producir cinco semillas ya que tiene cinco lóculos, sin embargo, por el aborto de óvulos produce de una a cuatro semillas (Gutiérrez *et al*., 1994). Niembro y Ramírez (2006) reportan que el número de lóculos se encuentra expresado genéticamente y determina el limite biológico de un fruto para producir una determinada cantidad de semillas, el potencial de producción de semillas varía entre y dentro de las especies, esta característica es importante ya que permite la selección de individuos y poblaciones que tienen la capacidad de producir mayor cantidad de semillas como es el caso de *Swietenia macrophylla*.

Posición de la semilla con la ubicación del lóculo dentro del fruto

Los resultados mostraron que en el lóculo dos es más frecuente encontrar semillas que en los lóculos uno, tres y cuatro (Figura 19).

Para las procedencias de SJC, QM y CP los porcentajes encontrados en la frecuencia de semillas del lóculo dos fue de 13.8, 21.4 y 49.6%; seguidos de 6.5, 14 y 32.7% para el lóculo tres.

Estos datos muestran que en los lóculos medios es donde se encuentran con mayor frecuencia semillas que en los lóculos de los extremos, además que en los lóculos medios se desarrollan mejor las semillas debido al tamaño de la cavidad del fruto.

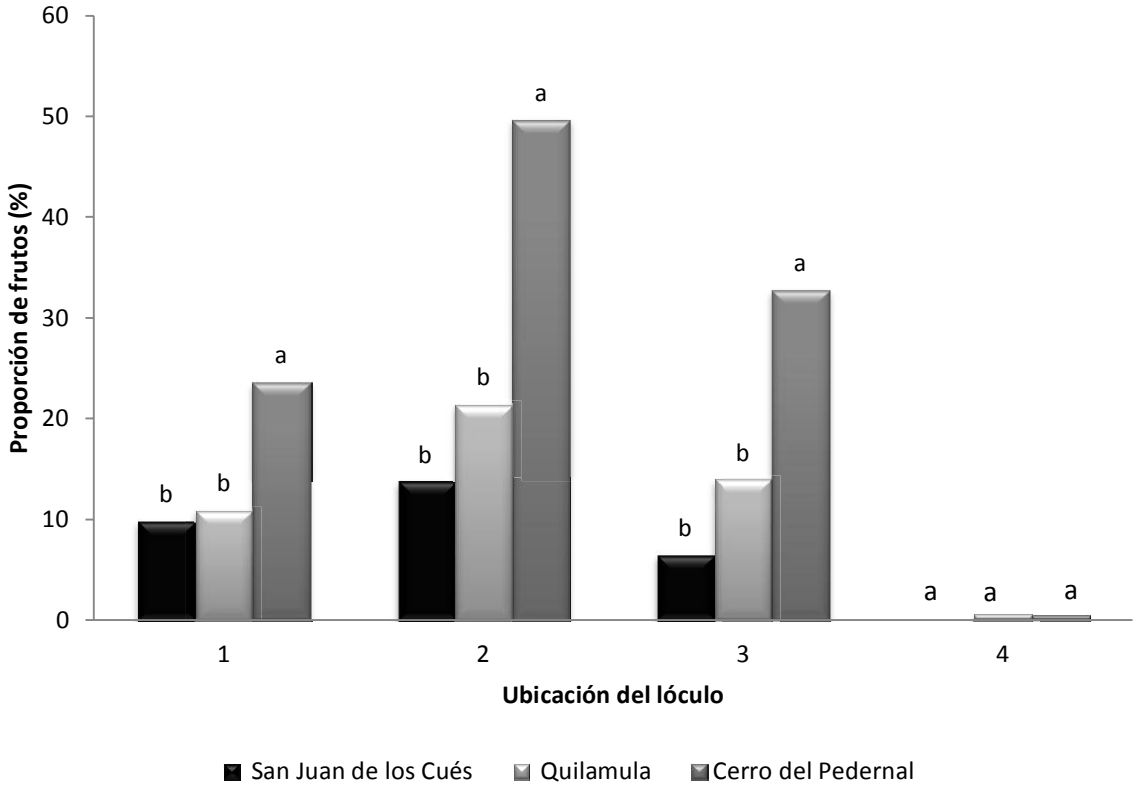


Figura 19. Posición de la semilla en relación con la ubicación del lóculo dentro del fruto en tres procedencias de *A. adstringens*.

La posición de las semillas comúnmente se da en la parte media de los frutos como en el caso de *Pinus patula* Schlecht et Cham (Mendizábal *et al*., 2006); por otro lado en *Desmodium paniculatum* L., y *Vismia glaziovii* Ruhl., la posición de las semillas dentro del fruto afecta la morfología, el tamaño de las semillas y la supervivencia de las plántulas al momento de emerger (Wulff, 1986; Arteaga, 2007).

En estudios realizados por Angulo *et al*. (2001) observaron que las semillas de los extremos son generalmente más pequeñas que las que se encuentran en el centro, debido posiblemente a

características intrínsecas del fruto ya que la estrechez usual en los extremos afecta físicamente su desarrollo; por lo tanto, la posición de la semilla influye sobre la germinación y viabilidad (Arteaga, 2007). La influencia de la posición de la semilla en el tamaño de éstas, también se debe a que los óvulos de los extremos son fertilizados después de las porciones centrales, por lo cual existe una competencia por los recursos y variación en el tamaño como lo encontrado en semillas de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Tenorio-Galindo *et al*., 2008).

Tomando en cuenta que los óvulos abortados se hallan principalmente en la posición proximal como lo que ocurre en semillas de *Tectona grandis* L., la causa de su aborto es probablemente a fallas en la fertilización, debido a que los óvulos están más alejados de la zona de contacto de los granos de polen (Palupi *et al*., 2010); así también en *Phaseolus vulgaris* L. los óvulos localizados cerca del estigma son los primeros en ser fertilizados, teniendo una mayor competitividad que los otros y por lo tanto se ven favorecidos en crecimiento (Madriz *et al*., 2008).

6.4. Emergencia en condición de laboratorio

En condiciones de laboratorio el análisis de varianza resultó sin diferencias significativas para los porcentajes de emergencia (p=0.1008) y en la emergencia media diaria (p=0.1413) (Anexo 9), en cambio, el valor pico (p=0.0062) y la velocidad de emergencia (p=0.0191) sí mostraron diferencias significativas entre las procedencias, siendo mejor QM y CP (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de emergencia (% EMER), valor pico (VP), emergencia media diaria (EMD) y velocidad de emergencia (VE) de semillas tres procedencias de *A. adstringens* en condiciones de laboratorio.

		Emergencia		
Procedencias	**% EMER**	**VP**	**EMD**	**VE**
San Juan de los Cués	55.4[a]	1.55[b]	1.46[a]	2.30[b]
Quilamula	64.8[a]	3.50[a]	1.71[a]	6.05[a]
Cerro del Pedernal	56.0[a]	3.50[a]	1.47[a]	5.31[ab]

Aunque los porcentaje de emergencia y emergencia media diaria no mostraron diferencias estadísticas entre procedencias, la procedencia que presentó el porcentaje promedio más alto fue QM, en la velocidad y valor pico de emergencia las procedencias que resultaron con los valores más altos fueron para QM y CP, lo que significa que las procedencias de QM y CP tuvieron mayor energía de emergencia y tienen potencial para formar plántulas con buenas condiciones en campo. En estudios realizados en *Ononis tridentata* L. la germinación media diaria alcanzó un valor de 1.3, la velocidad de germinación fue de 2.62 y el valor pico de germinación fue de 3 (Escribá y Laguna, 2006). Los indicadores de germinación en *Montana quadrangularis* Schultz fueron los siguientes, el valor pico de germinación varió de 1.36 a 2.85, la germinación media diaria de 1.36 a 2.78 y la velocidad de germinación de 1.87 a 7.98, evaluando diferente tipos de sustratos (Tamayo-Rincón *et al*., 2010). La emergencia en laboratorio inició al tercer día en la figura 20 se detallan las semillas consideradas como emergidas en el laboratorio.

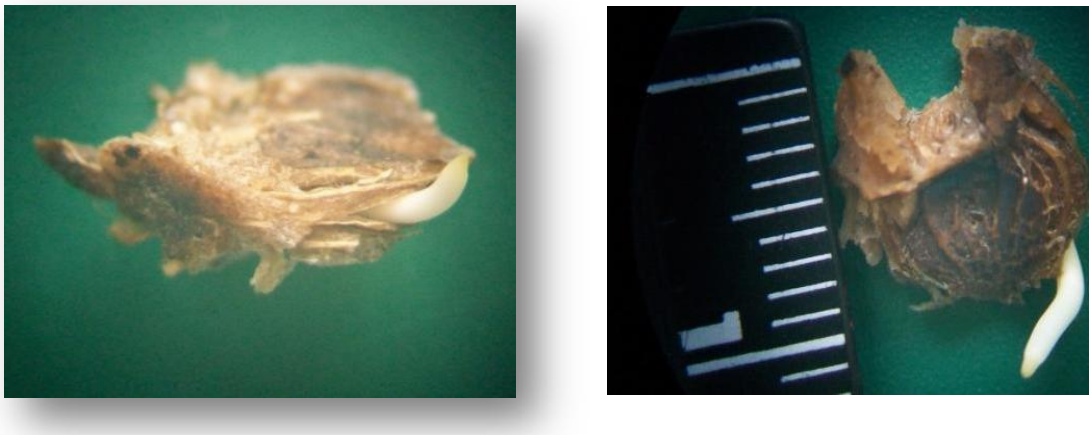


Figura 20. Semillas de *A. adstringens* emergidas en condiciones de laboratorio.

La emergencia acumulada en laboratorio se comportó de una manera similar en los primeros días del experimento para las tres procedencias, posteriormente la procedencia de QM mostró ser superior que las otras dos procedencias en el VP, EMD y VG (Figura 21).

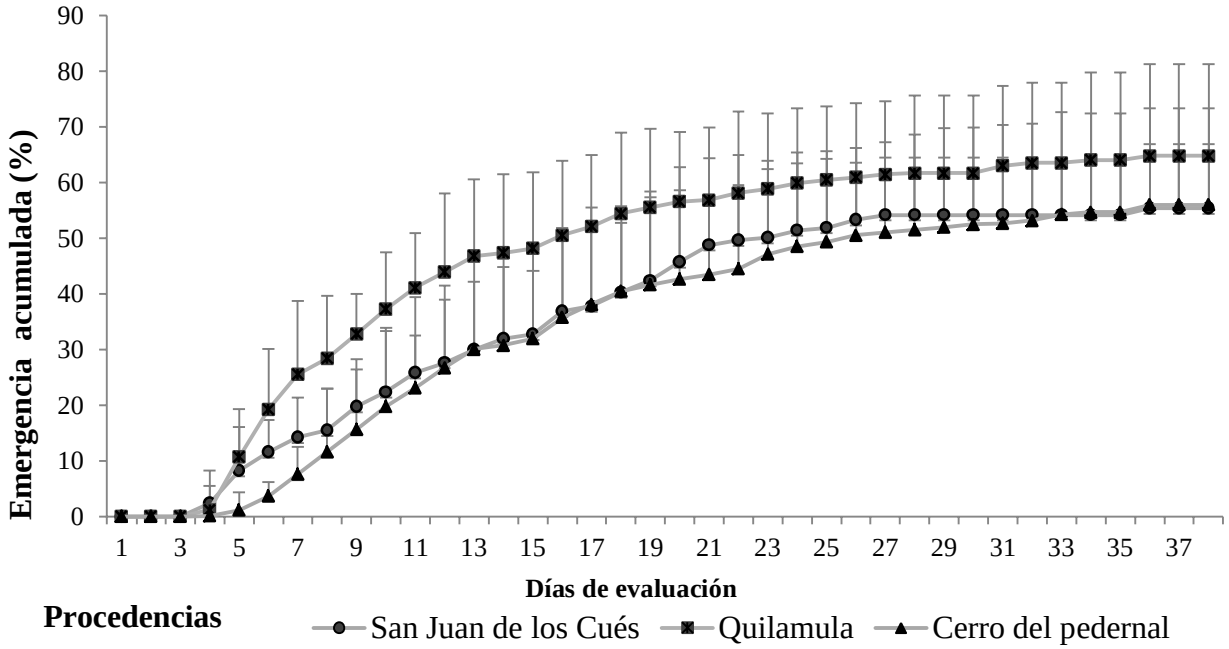


Figura 21. Porcentaje de emergencia acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias evaluadas en condiciones de laboratorio.

Longitud de la radícula

Para la longitud de la radícula el análisis de varianza resultó sin diferencias significativas (p=0.4683) para las tres procedencias en condiciones de laboratorio medidas al tercer día; las longitudes fueron 24.08±5.45, 21.66±2.18 y 24.44±2.96 mm para SJC, QM y PC respectivamente (Anexo 10); aunque cabe resaltar como se observa en la figura 22 que sí existe variación entre la longitud de la radícula de las semillas emergidas evaluadas por árbol en las procedencias y que en la procedencia de CP los valores se encuentran sobre la media general 23.39 mm en comparación con las otras dos procedencias.

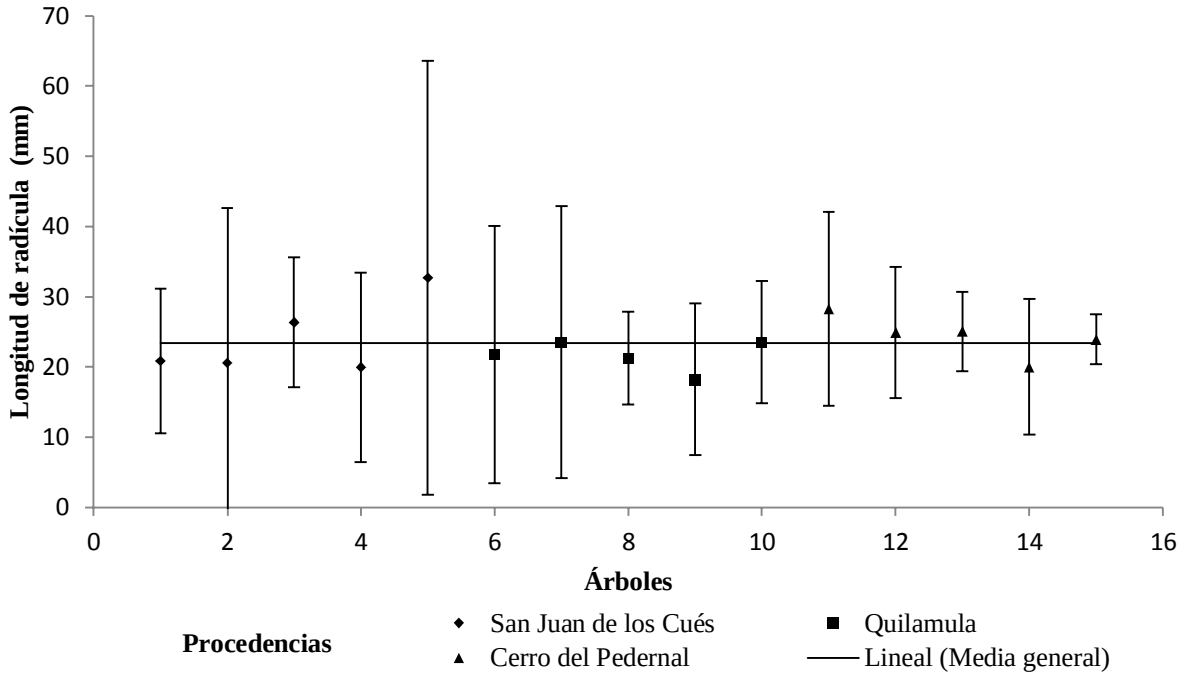


Figura 22. Longitud de la radícula de semillas de A. adstringens, de tres procedencias en los primeros tres días de emergidas.

La mayoría de las explicaciones de la asociación positiva entre la emergencia y la alta probabilidad de supervivencia es que las semillas que emergen más rápido tienen el tiempo de desarrollar la radícula profundamente y por lo tanto ser más tolerantes a la sequía lo cual les permite a las plántulas asegurar el anclaje en el suelo en donde se encuentra el agua y los minerales, para poder crecer y desarrollarse (Fowler, 1988; Hou y Romo, 1998).

Viabilidad

En los porcentajes de viabilidad de las semillas de cuachalalá existen diferencias significativas entre procedencias (p=0.0001) y entre árboles dentro de su procedencia (p=0.0001). Los resultados obtenidos fueron 18±8.8, 29± 3.6 y 50±12.2 para SJC, QM y CP respectivamente (Figura 23), la procedencia de CP resultó con los porcentajes más altos de viabilidad en comparación con SJC y QM debido a que estas dos procedencias presentan más semillas muertas y vanas, las semillas de CP tienen mayor capacidad de permanecer viables y germinar. Los porcentajes de viabilidad se encuentran relacionados positivamente con el peso seco de las semillas, tamaño de fruto, emergencia y germinación en invernadero, así como también por las condiciones de temperatura, precipitación y altitud (Anexo 5).

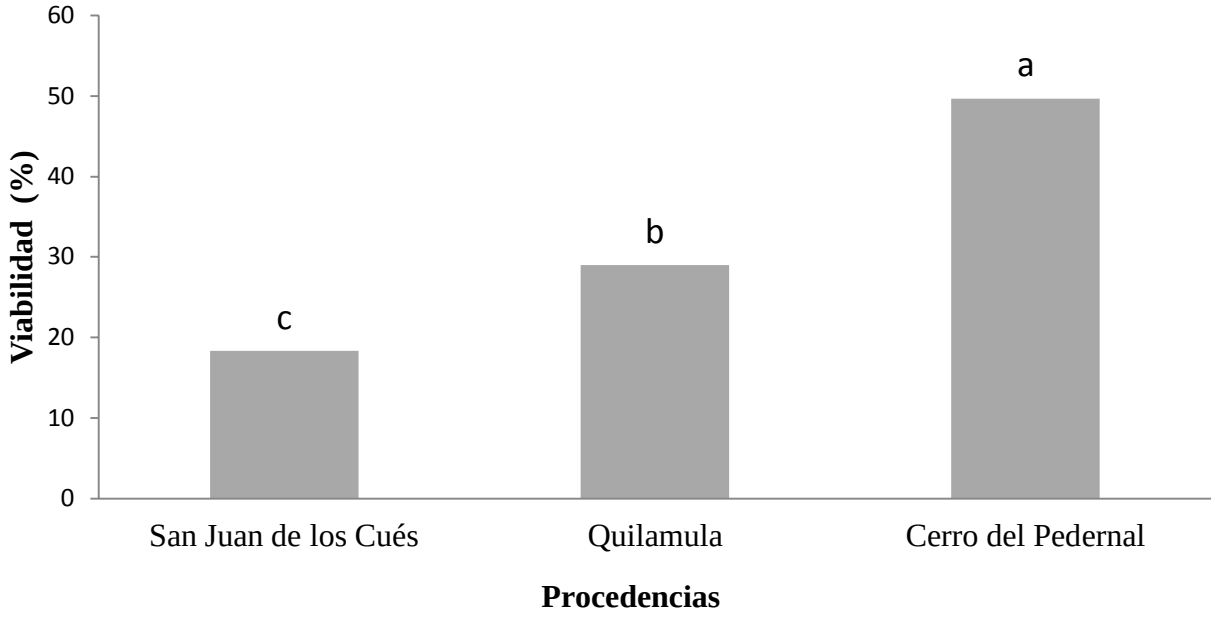


Figura 23. Viabilidad de las semillas de tres procedencias de *A. adstringens* determinadas mediante ensayos de germinación en condiciones de laboratorio.

En estudios realizados en semillas de cuachalalá Cid (2008) obtuvo resultados semejantes de viabilidad (31%) utilizando tricloruro de tetrazolio al 5%. En cambio, en evaluaciones de semillas de caoba el porcentaje promedio fue alto (88%) el cual lo determinó mediante análisis de germinación (Cabrera, 2006). La viabilidad de las semillas en las diferentes especies como en *Puya Raimondi* H. depende del medio ambiente en el cual se desarrollaron (Vadillo *et al*., 2004); asimismo, la pérdida de viabilidad se debe al agotamiento de las sustancias de reserva, la actividad respiratoria del embrión y daños producidos debido agentes externos, frecuentemente hongos e insectos y el alto CH (Serrada, 2000); por lo cual la manera más eficiente y fácil para prolongar el periodo de viabilidad es controlar el CH de las semillas (Jara, 1997).

El mecanismo de persistencia y adaptación de algunas especies es el carácter latente de sus semillas (Keeley, 1991); según la cual, las semillas retienen su viabilidad durante prolongados períodos de tiempo, incluso si las condiciones de temperatura y humedad son favorables de forma que no todas las semillas germinan al mismo tiempo, evitando el riesgo de sequía la cual acabe con todas las plántulas haciendo peligrar la permanencia de la especie como ocurre en *Conocarpus erectus* L., (Serrada, 2000; Tovilla y De la Lanza, 1999).

6.5. Emergencia y germinación en condición de invernadero

Emergencia

El análisis de varianza presentó diferencias significativas para los porcentajes de emergencia y germinación de las semillas de cuachalalá entre procedencias (p=0.0001), bloques (p=0.0001) y árboles dentro de su procedencia (p=0.0001) (Anexo 11). El valor pico de emergencia (p=0.7701) y velocidad de emergencia no mostraron diferencias significativas (p=0.5190), en cambio la emergencia media diaria mostró diferencias significativas (p=0.0436) siendo mejor la procedencia del CP y QM; para el valor pico de germinación (p=0.8034), velocidad de germinación (p=0.6326) y germinación media diaria (p=0.2277) no existen diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de emergencia (% EMER) y germinación (% GERM), valor pico de emergencia y germinación (VP), emergencia y germinación media diaria (EMD y GMD), velocidad de emergencia y germinación (VE y VG) de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero.

		Emergencia				**Germinación**		
Procedencias	% EMER	VP	EMD	VE	% GERM	VP	GMD	VG
San Juan de los Cués	8.8 [b]	1.800[a]	0.104[b]	0.194[a]	7.9 [b]	1.250[a]	0.092[a]	0.118
Quilamula	12.5 [b]	2.625[a]	0.148[ab]	0.471[a]	9.7[ab]	1.750[a]	0.112[a]	0.239
Cerro del Pedernal	17.3 [a]	2.250[a]	0.204[a]	0.518[a]	12.8 [a]	1.625[a]	0.147[a]	0.284

Nota: Valores indicados con distinta literal en la misma columna muestran diferencias significativas.

En el análisis de varianza del porcentaje de emergencia (p=0.0001) y temperatura (p=0.0001) se encontraron diferencias significativas influenciadas debido al gradiente de temperatura (Anexo 12). Se encontró que el bloque y la procedencia que tenían la temperatura más alta es la que presentó porcentajes y velocidades de emergencia más altos (Cuadro 8), ya que los cambios en la temperatura determinan la respuesta de emergencia de forma directa (Enríquez-Peña *et al*., 2004; Thomas *et al*., 2010).

Cuadro 8. Comparación de medias de la emergencia de semillas de tres procedencia de *A. adstringens*, en cuatro temperaturas bajo condiciones de invernadero.

Temperatura ^{0}C	**Emergencia (%)**	**Velocidad de emergencia**
42.2	8.7[a]	0.939[a]
39.2	6.2[b]	0.295[a]
39.2	5.8[b]	0.220[a]
37.6	4.8[b]	0.123[a]

Nota: Valores indicados con distinta literal en la misma columna muestran diferencias significativas.

En la figura 24 se muestran los promedios del porcentaje de emergencia y la variación que existe entre árboles dentro de su procedencia y entre procedencias, en donde los valores de la procedencia de CP se encuentra en su mayoría sobre la media general.

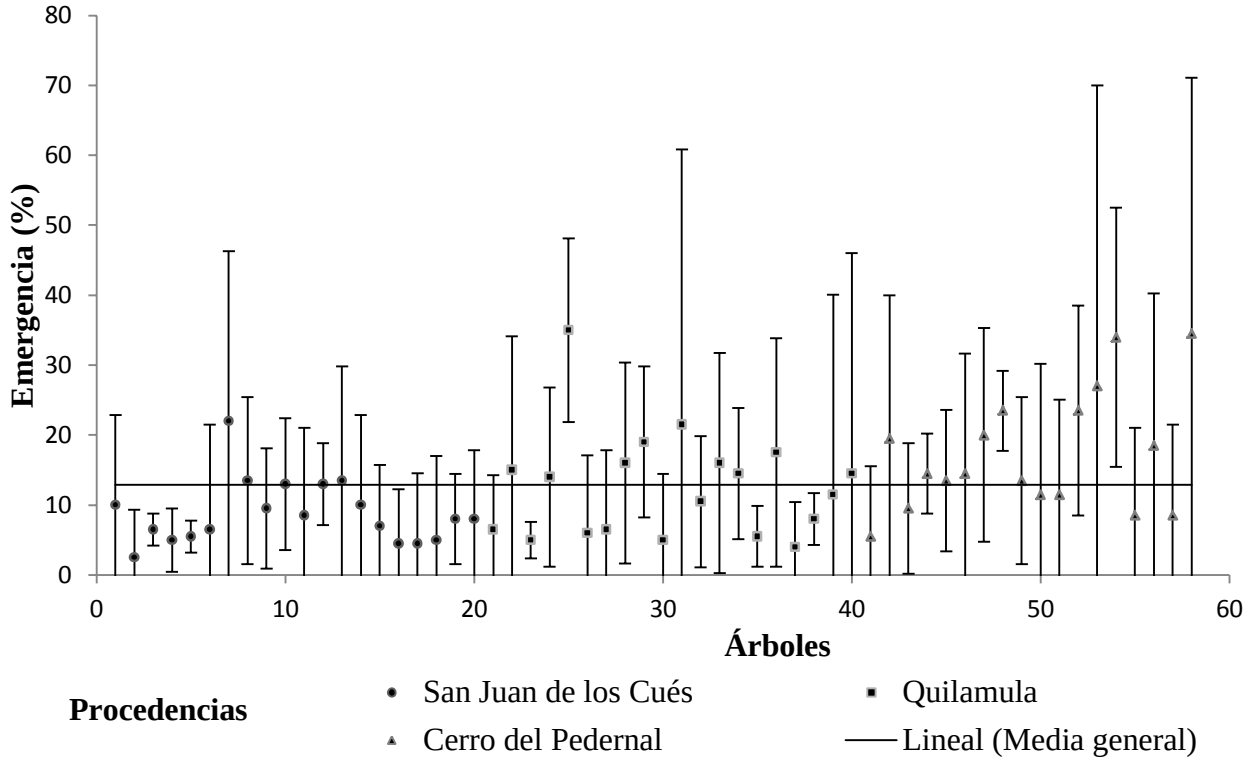


Figura 24. Porcentajes de emergencia de semillas de A. adstringens de 58 árboles de tres procedencias.

En la figura 25 se muestran los porcentajes de emergencia acumulada, en donde la procedencia CP registró los porcentajes más altos, la procedencia con el valor pico más alto fue para QM, seguido por CP y SJC. Para la emergencia media diaria y velocidad de emergencia la procedencia CP fue la que obtuvo los valores más altos en comparación con las otras dos procedencias; el coeficiente de variación fue 27.51%; se considera que estas variaciones se deben

a las diferentes condiciones ambientales y adaptaciones de los individuos a un lugar específico donde se desarrollaron (Stevens y Jorgensen, 1994).

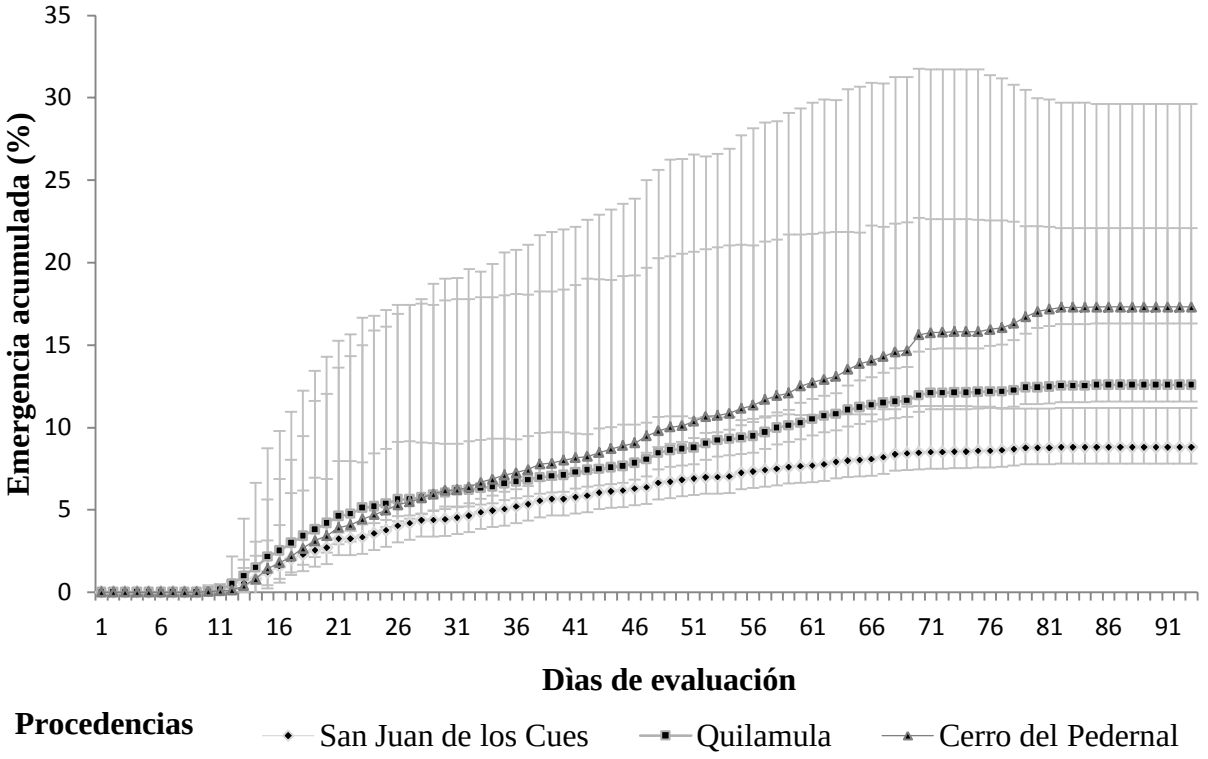


Figura 25. Emergencia acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero.

Germinación

Los porcentajes de germinación fueron 7.9, 9.7 y 12.8%, para SJC, QM y CP respectivamente (Cuadro 7) y mostraron diferencias significativas (p=0.0001) entre sí, estos porcentajes fueron diferentes a los registrados en la emergencia, debido a que plántulas emergidas sufrieron daños de diferente índole, lo cual no les permitió desarrollar su primer par de hojas verdaderas y considerarlas como germinadas.

En la germinación acumulada se observó que la procedencia que obtuvo el mejor porcentaje de germinación fue CP, seguida por la de QM y posteriormente la de SJC, aunque el valor pico más alto fue para QM seguido por CP y SJC; en cuanto a la germinación media diaria y velocidad de germinación los mejores valores fueron para CP, el coeficiente de variación en la germinación fue de 32. 21% (Cuadro 7) (Figura 26).

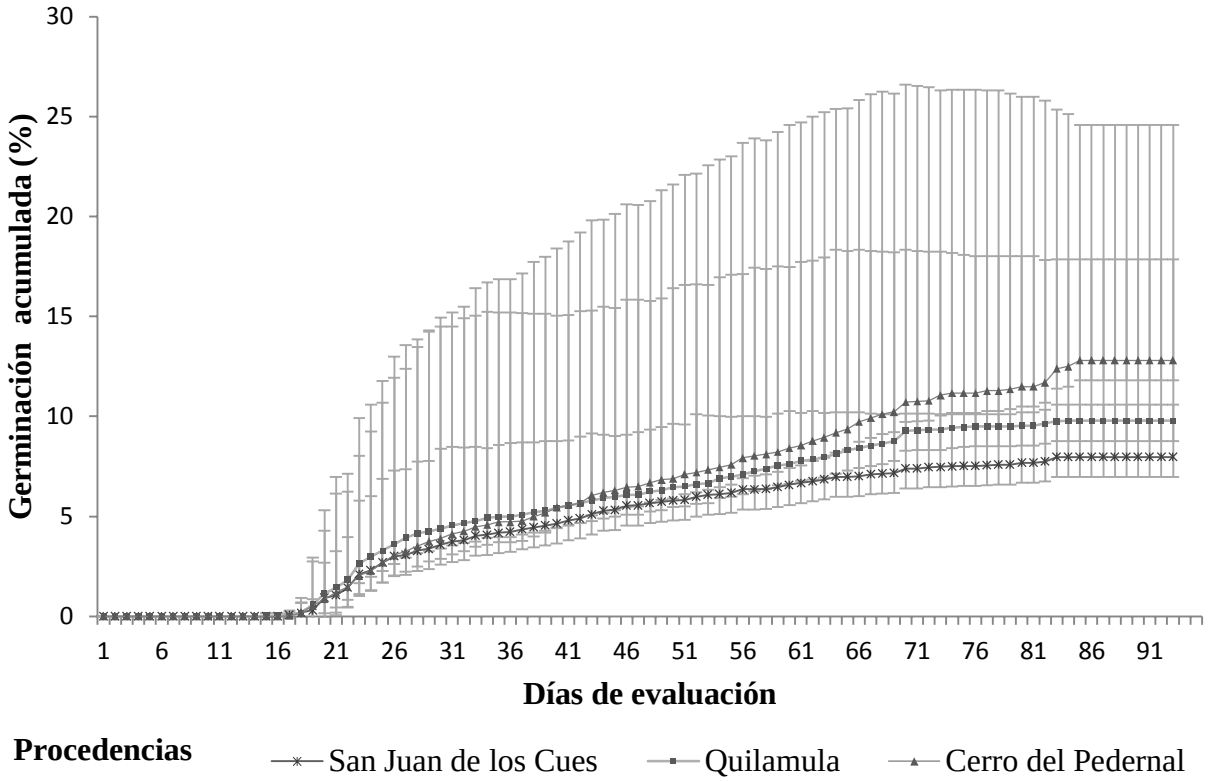


Figura 26. Germinación acumulada de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias en condiciones de invernadero.

La emergencia de las plántulas inicio a los ocho días después de la siembra, algunas plántulas emergieron con los restos de las estructuras del fruto (Figura 27). Se observó que estas presentan dificultad al momento de sacar sus cotiledones de la estructura del fruto, los cuales se

rompieron por el peso, quedando en pie sólo el hipocótilo, afectando al crecimiento y supervivencia de la plántula al no poder desarrollar sus hojas verdaderas y por lo cual los porcentajes de germinación fueron bajos.

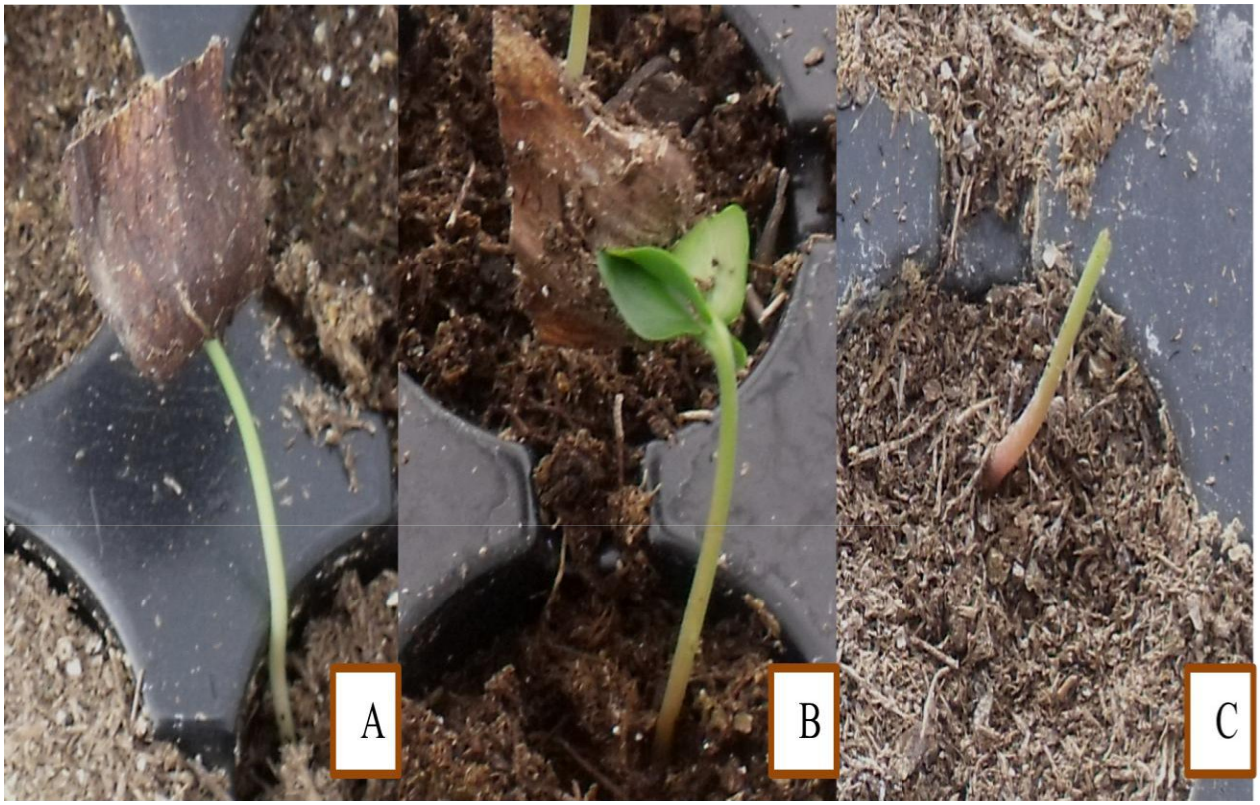


Figura 27. A) plántula de *A. adstringens* emergida con vestigios de la estructura del fruto, B) cotiledones con dificultades para extenderse por la resistencia de las estructuras del fruto o la debilidad de la plántula, C) hipocótilo sin cotiledones.

Se observó que emergieron de dos a tres plántulas por fruto (Figura 28), esto se confirma con los resultados obtenidos en el conteo de número de semillas por fruto, en donde algunos frutos contenían más de una semilla, encontrándose con mayor frecuencia en la procedencia de CP.

Figura 28. A) emergencia de tres plántulas de *A. adstringens* provenientes de un solo fruto, B) emergencia de dos plántulas de un fruto.

Se observó que la germinación de cuachalalá es epígea mostrando el hipócotilo y exponiendo los cotiledones sobre la superficie, al igual que *Chrysophyllum cainito* L. que presenta el mismo tipo de germinación (Álvarez *et al*., 2009). La germinación inició a los 14 días después de la siembra cuando se registró el primer par de hojas verdaderas (Figura 29).

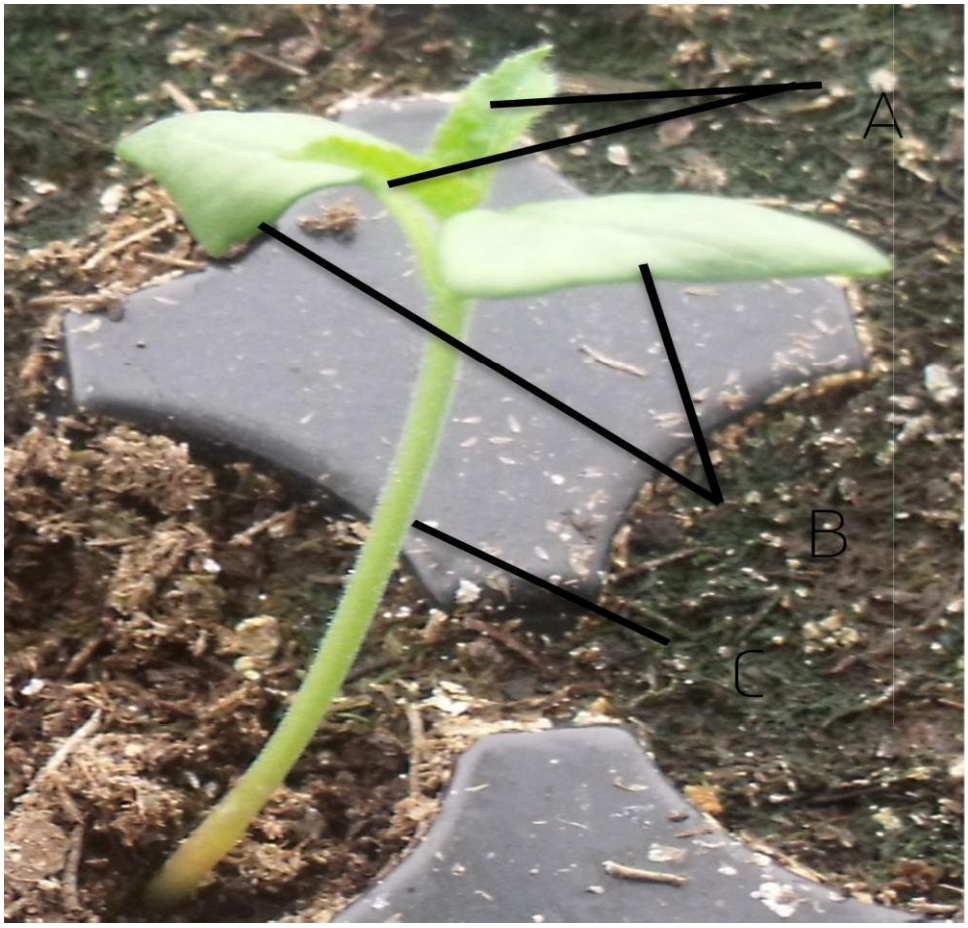


Figura 29. Plántula de *A. adstringens* germinada, A) hojas verdaderas, B) hojas cotiledonales, C) hipocótilo.

En la figura 30 se muestra el proceso de germinación en cuachalalá desde la aparición de la radícula hasta obtener una plántula.

Figura 30. Etapas en el proceso de germinación en semillas de *A. adstringens*.

Los porcentajes de germinación fueron bajos en los primeros días, después la germinación alcanzó el valor máximo y posteriormente fue menor, este mismo comportamiento se registró en *Bromus auleticus* Trin., en donde la máxima germinación fue entre los 27 y 30 días, alcanzando valores de 70% y posteriormente los porcentajes fueron menores (Ruiz, *et al*., 2003).

Los porcentajes de emergencia en invernadero son bajos en comparación a los porcentajes de emergencia de laboratorio debido a que en el laboratorio las condiciones son controladas y homogéneas contrariamente a lo que pasa en el invernadero en el cual el tipo de sustrato, la profundidad de siembra, la humedad y la temperatura influyen en la emergencia y germinación de

las semillas de cuachalalá. Además los bajos porcentajes de emergencia y germinación se deben a porcentajes altos de semillas vanas, en el presente trabajo se encontraron los siguientes valores 76.7% para SJC, 62.4% en QM y 40.5% en CP, los cuales son relacionados a factores genéticos como la endogamia, este mismo comportamiento lo reportan en especies de *Burcera fagaroides* (HBK) Engl., *B. grandifolia* (Schlecht.) Engl., y *B. bipinnata* (Sessé et Moc. ex DC.) Engl. (Bonfil-Sanders *et al*., 2008).

En estudios realizados se han encontrado diferencias en los porcentajes de emergencia entre especies, entre árboles y poblaciones de la misma especie (Enríquez-Peña *et al*., 2004). La variación que existe entre árboles es heredable y además útil para la adaptación de plantas a cambios en el ambiente como en *Eucalyptus urophylla* S.T. Blakede (Fuentes, 2009).

Los resultados obtenidos de los porcentajes de emergencia en laboratorio y emergencia y germinación en invernadero fueron diferentes por lo cual existen diferencias en establecer la siembra de semillas con o sin fruto, siendo más rápido el proceso de germinación sin la estructura del fruto; sin embargo, se tiene que hacer la siembra con la estructura del fruto para disminuir el tiempo y costo de mano de obra que implica el limpiar los frutos y extraer las semillas; Booth y Shuman (1983) en *Eurotia lanata* (Pursh) Moq. obtuvieron en laboratorio porcentajes del 97% a los cinco días y un 49% de germinación a los cinco días usando semillas dentro de los frutos.

Los porcentajes de emergencia y germinación en semillas de cuachalalá se encuentran relacionados positivamente con el peso seco, longitud del fruto, longitud, ancho y grosor del área seminífera y número de semillas por fruto, esta misma relación existe con la altitud, precipitación, temperatura y potasio existente en el suelo de las procedencias (Anexo 5). El establecimiento de las plántulas es superior con semillas largas, grandes y pesadas que con semillas pequeñas, como lo demostrado en el presente estudio, ya que la procedencia de CP

mostró mejor emergencia y germinación lo cual se relaciona con las características físicas que presentan sus frutos y semillas (Figura 15 y Cuadro 4).

Las plántulas provenientes de semillas más pequeñas como las de la procedencia de SJC, germinaron dos días después debido a que plántulas de semillas pequeñas tienden a ser más vulnerables a las condiciones ambientales adversas y requieren de mayor cantidad de micrositios para sobrevivir (Jankowska-Blaszczuk y Daws, 2007; Fenner y Thompson, 2005); y las semillas grandes tienen una mayor reserva metabólica que incrementa la probabilidad de establecimiento de las plántulas (Ayala *et al*., 2004). Tenorio-Galindo *et al*., (2008) encontraron que el porcentaje de germinación de las semillas grandes de *Cecropia obtusifolia* Bertol fue el doble que los valores de las semillas pequeñas.

La germinación está influenciada por factores genéticos, ambientales, la edad y condición de la semilla durante la maduración, así como por la presencia de patógenos e insectos (Hacker, 1984). El tiempo y época para que ocurra la germinación varía entre especies, para algunas semillas se considera que la germinación es favorable si la primera lluvia les es suficiente (Fowler, 1988); además, algunas especies tienden a germinar mejor en las condiciones de luz que en la obscuridad (Jankowska-Blaszczuk y Daws, 2007); así como *Dioon edule* L. que dependen de la disponibilidad de humedad, oxigenación en el embrión y exposición de las semillas al sol para su germinación (López y Treviño, 2008). La especie de *Leucaena leucocephala* (Lam.) muestra un incremento de la germinación por el almacenamiento influenciado por las condiciones de temperatura y humedad que permiten la permeabilidad de las cubiertas seminales (González y Mendoza, 2008).

La variación entre procedencias en el porcentaje de emergencia y germinación indica que existe una diferenciación geográfica de las procedencias relacionada con el ambiente en que se

desarrollan los árboles, o debido a un proceso de deriva génica, como resultado de la fragmentación y el consecuente aislamiento de las localidades, así como también la influencia de la altitud y precipitación (Juárez-Agis *et al.*, 2006). Además de la influencia que existe entre el polen de árboles relacionados genéticamente, debido a que esto disminuye la velocidad de germinación de un 80-90%; aunque el retraso de la germinación en algunas especies es probablemente una adaptación influenciada por el ambiente impredecible. La reducción en la velocidad de la germinación se debe a la fijación de genes recesivos deletéreos, así como también a la existencia de una proporción de árboles machos estériles o bajo número de árboles machos, probablemente porque se convierten en plantas homocigóticas recesivas (Andersson *et al*., 2008).

Además la variación de temperaturas en los bloques de establecimiento del experimento repercutió directamente sobre la emergencia de las plántulas; en tanto que a mayor temperatura los porcentajes y velocidad de emergencia fueron más altos (Figura 31). Esta posible respuesta a este comportamiento se relaciona con la velocidad de imbibición del agua (Booth y Bai, 1999), las temperaturas altas aumentan la rapidez con que el agua penetra en las semillas y favorecen la disolución temprana de solutos, lo que acelera diversos procesos enzimáticos que provocan una emergencia más pronta de la radícula (Herrera y Alizaga, 1995; Soto *et al*., 2010).

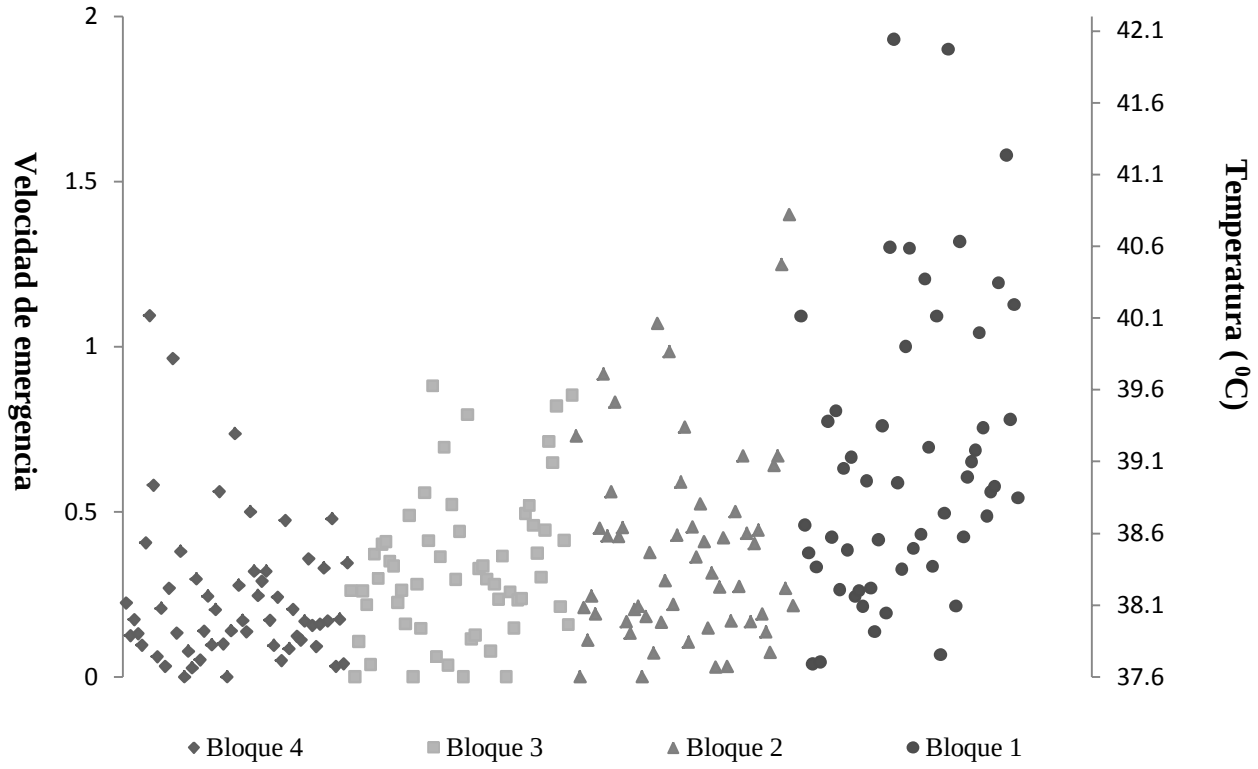


Figura 31. Velocidad de emergencia de las plántulas de *A. adstringens* de tres procedencias, influenciada por la temperatura (Cada punto representa un árbol).

La fluctuación de la temperatura es una factor importante de adaptación para las plantas que le permiten la supervivencia, el incremento de temperatura aumenta en muchas semillas la velocidad de germinación (Fulbright *et al*., 1983); aunque la velocidad de germinación aumenta hasta una temperatura determinada a partir de la cual se estabiliza antes de empezar a descender (Herrera y Alizaga, 1995); cabe resaltar que árboles evaluados en el presente estudio tuvieron un comportamiento positivo y variable entre las procedencias al aumento de la temperatura, teniendo mejor respuesta la procedencia CP, como lo encontrado en semillas de *Albizia hassleri* (Chodat)

Burr.; esto debido a que provienen de diferentes árboles padres y a la adaptación del microambiente en el cual han crecido y desarrollado los individuos (Soto *et al*., 2010); las semillas que no emergieron homogéneamente en los bloques con temperaturas bajas en el presente estudio se debe a que estas se encuentran adaptadas a temperaturas altas (Torres *et al*., 2006); esta misma variación en la germinación mostraron las semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense* Cambess) expuestas a tres temperaturas distintas, la mayor germinación se alcanzó a 28 °C (73,9%), los resultados menores se obtuvieron con la temperatura de 32 °C, mientras que resultados intermedios se obtuvieron a 24 °C (Lines *et al*., 2006; Soto *et al*., 2010).

Las bajas temperaturas para algunas semillas disminuyen las tasas metabólicas hasta el punto en que los procesos esenciales para la germinación dejan de ocurrir, como en la temperatura de 20 °C para *Albizia hassleri* donde el porcentaje de germinación fue el más bajo, así también las bajas temperaturas reducen el metabolismo de las semillas lo que ocasiona que el periodo de germinación se prolongue por más tiempo (Soto *et al*., 2010).

En *Bulnesia retama* (Gill. ex. Hook.) Griseb., y *Teobroma cacao* L., las altas temperaturas favorecieron el inicio de la germinación, aunque estas mismas afectaron al proceso de final de germinación debido al estrés hídrico (Rodríguez *et al*., 2007; Daymond y Hadley, 2008).

Con el presente estudio se demostró que la acción de la luz y de la temperatura dentro del invernadero son un factor determinante a ser considerados en la ecofisiología de las plántulas de *A. adstringens* debido a que todas presentaron una inclinación hacia la luz, como lo reportan en *Nolina parviflora* Hemsl., y *Sideroxylon capiri* (A.DC.) (Di y García, 2000; Reyes y Rodríguez, 2005; Huerta, 2010). Por lo tanto para obtener buenos porcentajes de emergencia es necesario mantener óptimas las condiciones de temperatura, luz y una fuente de semillas de buena calidad (Escribá *et al*., 2007).

7. CONCLUSIONES

A. adstringens presenta diferencias en las características físicas de sus frutos y semillas entre procedencias y entre árboles dentro de su procedencia, estas diferencias se encuentran influenciadas a las características ambientales, al inicio de la producción de frutos y madurez de éstos, así como también por la posición del fruto en el árbol y de la posición de la semilla dentro del fruto.

El número de semillas y de loculos en los frutos de *A. adstringens* presentaron diferencias entre procedencias y entre árboles dentro de su procedencia, la variación que se encontró se debe al aborto de óvulos, o debido a que no existe suficiente polen, bajo número de polinizadores, a las características ambientales donde se desarrollan los árboles y características genéticas como la endogamia, así también existe una relación positiva del número de semillas producidas con el tamaño del fruto y el número de lóculos.

Los porcentajes de emergencia, emergencia media diaria y longitud de radícula en condiciones de laboratorio no presentaron diferencias entre procedencias, sin embargo existen diferencias en el valor pico de emergencia, velocidad de emergencia y viabilidad aunque el número de semillas emergidas no fue diferente entre procedencias, si existen diferencias en las procedencias con respecto a que sus semillas emergen más rápido, lo cual se debe a las características genéticas y condiciones ambientales de donde provienen las semillas.

Los porcentajes de emergencia y germinación, así como la emergencia media diaria en condiciones de invernadero presentaron diferencias entre procedencias, aunque la germinación media diaria, el valor pico de emergencia y germinación, velocidad de emergencia y germinación resultaron sin diferencias entre procedencias, las diferencias que se encontraron se deben a la

variación del tamaño de los frutos y semillas, adaptación de los individuos en la procedencia de recolecta, a las condiciones ambientales y genéticas.

Cabe mencionar que los porcentajes de emergencia y germinación en general fueron bajos debido a que los frutos de *A. adstringens* presentaron altos porcentajes de semillas vanas y a la dificultad de la plántula para salir de la estructura del fruto. El aumento de temperatura dentro del invernadero influye positivamente los porcentajes y velocidad de emergencia en las procedencias.

8. RECOMENDACIONES

Recolectar frutos *A. adstringens* de árboles con características fenotípicas deseables sin plagas y enfermedades.

Separar los frutos de *A. adstringens* por tamaño, utilizando frutos grandes para asegurar altos porcentajes de germinación y supervivencia.

Las semillas de *A. adstringens* no necesitan la aplicación de tratamientos pregerminativos, pero se recomienda un periodo de imbibición de las semillas.

Los experimentos de emergencia y germinación deben establecerse en áreas poco sombreadas donde tengan suficiente luz y temperaturas altas, ya que estas condiciones aumentan la velocidad de emergencia.

Repetir el experimento de emergencia y germinación en condición de invernadero con semillas limpias.

Hacer evaluaciones de las semillas germinadas en edades posteriores para definir con precisión la calidad de la plántula y calidad de origen de la semilla recolectada.

Realizar evaluaciones en la época de floración y fructificación de los árboles en las procedencias de *A. adstringens* para determinar con exactitud cuál es el factor que está influyendo en los altos porcentajes de frutos sin semillas.

9. LITERATURA CITADA

Agren, J., J. Ehrlén, and C. Solbreck. 2008. Spatio-temporal variation in fruit production and seed predation in a perennial herb influenced by habitat quality and population size. Journal of Ecology 96: 334-345.

Alcocer, G. V. 1907. Las Julianiaceas, nuevo orden natural en la flora mexicana. Anales del Museo Nacional**.** Imprenta del Museo Nacional, México: 316–326.

Alizaga R., y M. Mora. 1982. Medición de contenido de humedad en granos básicos con el determinador motomco 919. Agronomía Costarricense 6: 35-41.

Álvarez, R., I. Quintero, J. Manzano M., y D. González. 2009. Emergencia y características de plántulas de *Chrysophyllum cainito* L. (Sapotacea) bajo diferentes tratamientos pregerminativos y posición de siembra de la semilla. Revista UDO Agrícola 9: 333-342.

Andersson, S., E. Mansby, and H. C. Prentice. 2008. Paternal effects on seed germination: a barrier to the genetic assimilation of an endemic plant taxon? Journal of Evolutionary Biology 21: 1408-1417.

Angulo, J., L. Graziani de F., L. Ortiz de B., y P. Parra. 2001. Caracterización física de la semilla de cacao criollo, forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, estado Aragua. Agronomía Tropical 51: 203-219.

Aponte, Y., y D. Jáuregui. 2004. Capacidad reproductiva: formación de frutos y semillas en *Pasiflora edulis*, *Flavicarpa degener* y *Pasiflora cincinnata* Mast. Revista de la Facultad de Agronomía 21: 353-361.

Argerich, C., y J. C. Gaviola. 1995. Producción de fruto. *In*: Argerich, C., y J. C. Gaviola. (Eds.) Manual de producción de semillas hortícolas, tomate. INTA-EEA La consulta. Argentina. pp: 35-49.

Argueta, A., L. M. Cono, y M. E. Rodarte.1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 943 p.

Arista, M., S. Talavera, y J. Herrera. 1992. Viabilidad y germinación de las semillas de *Abies pinsapo* Boiss. Acta Botánica Malacitana 17: 223-228.

Arteaga, L. L. 2007. El tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl. (Guttiferae) y su relación con la velocidad de germinación y tamaño de la plántula. Revista Peruana de Biología 14: 17-20.

Avilán R., L., M. Rodríguez, y J. Ruiz. 1995. Germinación de algunas variedades de mango con bajo y mediano porte para ser usadas como patrones. Agronomía Tropical 45: 445-456.

Ayala C., G., T. Terrazas, L. López M., y C. Trejo. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckei*. Interciencia 29: 692-697.

Barros, O. 1977. Semillas de cacao para la siembra Cacaotero. Colombiano 2: 12-16.

Besnier R., F. 1989. Semillas, biología y tecnología. Ediciones Mundi Prensa. España Madrid. 637 p.

Bonfil-Sanders, C., I. Cajero-Lázaro, y R. Y. Evans. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. Agrociencia 42: 827-834.

Bonilla R., C., R. Aguilar S., R. García, R. Martínez y L. Cruz. 2008. Monitoreo de la población de la guacamaya verde en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca. México D.F. 105 p.

Bonner, F. T., J. D. Burton, and H. C. Grigsby. 1974. Gleditsia L. honeylocust. *In*: Schopmeyer C. S. (Tech. coord.) Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook N. 450. Washington: USDA Forest Service. pp 720-727.

Bonner, F. T., and R. P. Karrfalt. 2008. The woody plant seed manual. United States Department of Agriculture. Forest service. Agriculture Handbook 727. USA. 1228 p.

Booth, D. T., and G. E. Schuman. 1983. Seedbed ecology of winterfat: fruits versus threshed seeds. Journal of Range Management 36: 387-390.

Booth, D. T., and Y. Bai. 1999. Imbibition temperatura affects on seedling vigor: in crops and shrubs. Journal of Range Management 52: 534-538.

Boyás D., J. C., F. Solares A., J. M. Javelly, M. M. Linares, y M. A. Cervantes. 1988. Diagnóstico forestal del estado de Morelos. Informe Técnico. INIFAP-SARH. Zacatepec, Morelos. 333 p.

Boyás D., J. C., M. A. Cervantes S., J. M., Javelly G., M. M. Linares A., F. Solares A., R. M. Soto E., I. Naufal T., y L. Sandoval C. 2001. Diagnóstico forestal del Estado de Morelos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Centro de Investigación Regional del Centro-Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 181 p.

Cabrera E., I. E. 2006**.** Estudio de la composición arbórea, fuente semillera y calidad de la semilla de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y Santa María (*Calophyllum brasiliense* var. Rekoi Standl.) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía. Guatemala. 66 p.

Callaham, R. Z. 1964. Provenance research: Investigation of genetic diversity associated with geography. Unasylva 18: 73-74.

Camacho M., F. 1994a. Fisiología de la dormición. *In*: Martínez B., A. E. (ed.) Semillas forestales. Publicaciones especiales No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. Coyoacán, México. pp: 32-40.

Camacho M., F. 1994b. Fisiología de la germinación. *In*: Martínez B., A. E. (ed.) Semillas forestales. Publicaciones especiales No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. Coyoacán, México. pp: 12-31.

Castro, S. 2009. Biología reproductiva y conservación del endemismo *Polygala vayredae*. Ecosistemas 18: 78-84.

Chacón, P., and R. O. Bustamante. 2001. The effects of seed size and pericarp on seedling recruitment and biomass in *Cryptocarya alba* (Lauraceae) under two contrasting moisture regimes. Plant Ecology 152: 137-144.

Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. 108 p.

Cid de la T., K. S. 2008. Propagación sexual de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), especie de uso medicinal. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 75 p.

Colín, H., y R. Monroy. 1997. Prontuario de árboles de selva baja caducifolia. Ed. UAEM SEMARNAP-PNUD, ADE, A.C. México. 45 p.

Copeland, L. O., y M. B. McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. Norvell, Massachussets. 488 p.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. U. S.A. 1262 p.

Cuevas F., X. M. 2005. A revision of the genus *Amphipterygium (*Julianiaceae*)*. Ibugana 13: 27-47.

Daniel P. W., U. E. Helms, y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGRAW-HILL. México. 492 p.

Daymond, A. J., and P. Hadley. 2008. Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao *(Teobroma cacao).* Annals of Applied Biology 153: 175-185.

Di S., J. F., y E. García. 2000. Germinación y desarrollo radicular de tempisque (*Sideroxylon Capiri*) a diferentes temperaturas. Agronomía Costarricense 24: 93-97.

Dirzo R., R. y I. Trejo. 2000. La diversidad florística de las selvas bajas caducifolias de México. *In*: Monroy, R., H. Colín y J. Delgado B. (eds.) Los sistemas agroforestales de Latinoamérica y la selva baja caducifolia en México. Instituto de Investigaciones para la Cooperación Agrícola (IICA), Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-PRODUCE), y Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Cuernavaca, Morelos, México. pp: 163-165.

Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina, variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria. Chile. 484 p.

Dorcey, E. 2007. Regulación hormonal del desarrollo temprano del fruto de *Arabidopsis thaliana*. Tesis de Doctorado. Universitat de Valéncia. Valéncia, España. 92 p.

Enríquez, G. y J. Soria. 1979. Selección temprana por vigor de plántulas de cacao híbrido. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 13 p.

Enríquez-Peña, E. G., H. Suzán-Azpiri, y G. Malda-Barrera. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Queretaro, México. Agrociencia 38: 375-381.

Escribá B., M. C., J. M. Arregui, y E. Laguna. 2007. Germinación de *Cistus heterophyllus* Desf. subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo & Mateo, taxón gravemente amenazado en la Comunidad Valenciana**.** Lazaroa 28: 101-107.

Escribá B., M. C., y E. Laguna L. 2006. Estudio de la germinación de *Ononis tridentata* L. acta botánica Malacitana 31: 89-95.

Espinosa-Calderón, A., M. Tadeo-Robledo, L. E. Tinoco-González, R. Martínez M., C. Tellez, I. González-Rojo, R. Valdivia B., F. Caballero-Hernández, M. Sierra-Macías, N. Gómez M., A. Palafox C., y B. Zamudio G. 2009. Épocas de cosecha, productividad y tamaño de semilla con relación al vigor de dos híbridos de maíz**.** Agricultura Técnica en México 35: 169-177.

Fenner, M., y K. Thompson. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press. Cambridge, USA. 250 p.

Figueiredo S., F. L. 1986. Conservación de la viabilidad de semillas de cacao. Tipificación y descripción del fruto y germinación de la semilla. Theobroma 2: 75-88.

Flores, E. M. Seed biology. 2002. Tropical tree. *In*: Vozzo, J. A. (ed.) Seed manual. United states department of agriculture. Forest service. Academia nacional de ciencias. Costa rica. pp: 13-118.

Fowler, N. L. 1988. What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date, and patch effects. Ecology 69: 947-961.

Fuentes A., S. L. 2009. Calidad germinativa de semilla de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake de árboles selectos en plantaciones comerciales. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 48 p.

Fulbright, T. E., E. F. Redente, and A. M. Wilson. 1983. Germination requerimients of green needlegrass *(Stipa viridulatrin*). Journal of Range Management 36: 390-394.

Gallo, L., P. Marchelli, P. Crego, L. Oudkerk, F. Izquierdo, A. Breitembucher, M. González P., L. Chauchard, L. Maresca, y U. Mele. 2000. Variación genética en poblaciones y progenies de Raulí en Argentina. *In*: Gutiérrez, I. (ed.) Domesticación y mejora genética en Raulí y Roble. Universidad Autónoma Chapingo. México. 468 p.

Gaona-García, A., M. T. Colinas-Leon, y O. Villegas-Torres. 2008. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el suroeste del estado de Morelos. Revista Chapingo Serie Horticultura 14: 41-47.

García G., K. Y. 2006. Principales usos y posibles acciones farmacológicas del cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schltedl). Infarmate 7: 14-20.

García-Fayos, P., J. Gulias, J. Martínez, A. Marzo, J. P. Melero, A. Traveset, P. Veintimilla, M. Verdú, V. Cerdán, M. Gasque, y H. Medrano. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la comunidad valenciana. Banc de Llavors Forestals (Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana). Valencia. 82 p.

García R., A., K. I. Mendoza R., y L. Galicia S. 2005. Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía 56: 77-100.

Gaviola, J. C. 2011. Horticultura hoy. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. Producción de semilla de pimiento. Boletín Técnico 3. Argentina. 27 p.

Gispert C., M., y A. Gómez. 2000. Los saberes tradicionales, ejes centrales de la preservación cultural y el manejo de los recursos vegetales de la selva baja caducifolia. *In*: Monroy, R., H. Colín y J. Delgado B. (eds.). Los sistemas agroforestales de Latinoamérica y la selva baja caducifolia en México. Instituto de Investigaciones para la Cooperación Agrícola (IICA), Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-PRODUCE) y Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Cuernavaca, Morelos, México. pp: 191-200.

Gold, K., P. León-Lobos, y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Boletín INIA 110. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. 62 p.

Gómez J., D. M. 2009. Características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* en un huerto semillero sexual. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 32 p.

González, Y., y F. Mendoza. 2008. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Pastos y Forrajes 31: 47-52.

Guarino, L., V. R. Rao, and R. Reid. 1995. Collecting plant genetic diversity, technical guidelines. CAB International, Cambridge, U.K. 748 p.

Guo, H., S. J. Mazer, and G. Du. 2010. Geographic variation in seed mass within and among nine species of pedicularis (Orobanchaceae): effects of elevation plant size and seed number per fruit. Journal of Ecology 98: 1232-1242.

Gutiérrez, E., E. J. Monteverde-Penso, y P. Quijada. 1994. Herencia del color de la semilla y número de lóculos por cápsula en tres cultivares de ajonjoli *Sesamum indicum* L. Agronomía Tropical 44: 513-527.

Hacker, J. B. 1984. Genetic variation in seed dormancy in *Digitaria milanjiana* in relation to rainfall at the collection site. Journal of Applied Ecology 21: 947-959.

Hamrick, J. L., and M. J. W. Godt. 1989. Allozymer diversity in plants. *In:* Brown, A. D., M. T. Clegg, A. L. Kahler, and B. S. Weir (eds.) Plant population genetics, breeding, and genetic resources. Sinauer Associates, Sunderland, Massachussetts, USA. pp: 43-63.

Hamrick, J. L., and M. J. W. Godt. 1996. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. Philosophical Transactions: Biological Sciences 351: 1291-1298.

Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, New York, N. Y. 892 p.

Hemsley, W. B. 1906. On the Julianiaceae, a new natural order of plants. Proceedings of the Royal Society 78: 231–236.

Hernández C., O., E. O. Ramírez G., y L. Mendizábal H. 2003. Variación en semillas de cinco procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Foresta Veracruzana 5: 23-28.

Hernández R., C. 2009. Fenología, productividad y calidad del fruto con y sin semilla en *Opuntia ficus-indica*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo., de México. 70 p.

Herrera, J., y R. Alizaga. 1995. Efecto de la temperatura sobre la germinación de la semilla de china (*Impatiens balsamina*). Agronomía Costarricense 19: 79-84.

Hou, J., and J. T. Romo. 1998. Seed weight and germination time affect growht of 2 shrubs. Journal of Range Management 51: 699-703.

Houle, A., C. A. Chapman and W. L. Vickery. 2007. Intratree variation in fruit production and implications for primate foraging. International Journal of Primatology 28: 1197-1217.

Huerta P., R. 2010. Efecto de la temperatura y tamaño de la semilla en la germinación de *Quercus rugosa* Née. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 25 p.

Huerta V., J. L. 2000. Estudio de conos y semillas de *Pinus ayacahuite* variedad *veitchii* Shaw en dos localidades de la Sierra Nevada de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 51 p.

Iglesias A., L. G., I. Mora, y J. L. Casas M. 2006. Morfometría, viabilidad y variabilidad de las semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote Veracruz, México. Cuadernos de Biodiversidad 19: 14-18.

INEGI. 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en la web: http://www.inegi.org.mx/default.aspx. (Consultado 08/08/11).

Jankowska-Blaszczuk, M., and M.I. Daws. 2007. Impact of red: far red ratios on germination of temperature forest herbs in relation to shade tolerance, seed mass and persistence in the soil. Ecology 21: 1055-1062.

Jara N., L. F. 1996. Biología de semillas forestales. Danida Forest Seed Centre. Costa Rica. 32 p.

Jara N., L. F. 1997. Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. Turrialba, Danida Forest Seed Centre. Costa Rica. 135 p.

Jara, P. A., G. Arancio, R. Moreno, y M. R. Carmona. 2006. Factores abióticos que influencian la germinación de seis especies herbáceas de la zona árida de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 79: 309-319.

Jorgensen, K. R., and G. R. Wilson. 2004. Seed germination. *In*: Monsen S. B., R. Stevens, N. L. Shaw (eds.) Restoring western ranges and wildlands. Fort Collings: USDA Forest Service General Technical Report 136. pp: 723-732.

Juárez-Agis, A., J. López-Upton, J. J. Vargas-Hernández, y C. Sáenz-Romero. 2006. Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziesii* de México. Agrociencia 40: 783-792.

Keeley, J. E. 1991. Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. The Botanical Review 57: 81-116.

Khan, A. A. 1982. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. 2a edición. Elsevier Biomedical Press. USA. 547 p.

Krugman, S. L., W. I Stein, and D. M. Schmitt. 1974. Seed biology. In: Schopmeyer Cs(Technical coordinator) Seeds of woody plants in the United States. USDA Forest Service, Agriculture handbook 450 Washington, DC, USA. pp: 5-40.

Lallana, V. H., y M. del C. Lallana. 2003. Germinación y latencia. *In*: Lallana, V. H., y M. del C. Lallana. (eds.). Manual de prácticas de fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER. pp: 59-69.

Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, and M. Westoby. 2000. The evolutionary ecology of seed size. *In*: Fenner, M. (ed.). The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CABI Pub. London. pp: 31-57.

Lines, G. K., J. Herrera, y W. Vásquez. 2006. Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). Tecnología en Marcha 19: 61-72.

López R., G. F. 1993. Ecología de la dispersión. Universidad Autónoma Chapingo. México Texcoco. 83 p.

López, M., y N. Ramírez. 1998. Síndrome de dispersión de diásporas de una comunidad arbustiva de la Guayana Venezolana. Ecotropicos 11: 15-32**.**

López., A., y E. J. Treviño. 2008. Reproducción por semilla del chamal (*Dioon edule lindley*). Ra Ximhai 4: 45-55.

Madriz I., P. M., D. Jáuregui, y R. Warnock. 2008. Aborción de óvulos y semillas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y caracterización de anormalidades morfoanatómicas, en dos cultivares en dos localidades de Venezuela. Interciencia 33: 910-915.

Márquez R., J., L. C. Mendizábal H., y C. I. Flores R. 2005. Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. Et. Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. Foresta Veracruzana 7:31-36.

Martínez, M. 1944. Plantas medicinales de México. Tercera edición. Ediciones Botas. México. 377 p.

Mataruga, M., D. L. Haase, and V. Isajev. 2010. Dynamics of seed imbibition and germination of austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) from extreme habitat conditions within five balkan provenances. New Forests 40: 229-242.

May, J. T. 1985. Seedling growth and development. *In*: May, J. T., E.W. Belcher, T. H. Filer, D. South, and C.W. Lantz. Southern Pine Nursery Handbook. Forest Service Southern Region. USDA. pp: 7-16.

Medina L., R. 2000. Julianiaceae Hemsl. Instituto de Biología, UNAM. Flora del Valle de Tehuacán - Cuicatlán 30: 1-5.

Méndez S., A. 1954. Estudio químico de la corteza de *Juliana adstringens* Schiede L. (Cuachalalate). Tesis profesional. Fac. de Química, ENCB-IPN. México, D.F. 32 p.

Mendizábal H., L. del C., J. Alba L., y M. I. Cabrera C. 2006. Variación de semillas de *Pinus patula* Schl. Et Cham. con respecto a su posición en el fruto. Foresta Veracruzana 8: 13-16.

Meyer, S. E., and R. L. Pendleton. 2000. Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentate* (Rosaceae). Annals of Botany 85: 521-529.

Miranda, F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179.

Mohamed-Yassen, Y., S. A. Barringer, W. E. Splittstoesser, and S. Costanza. 1994. The role of seed coats in seed viability. The Botanical Review 60: 426-439.

Monroy O., C. 2010. Conocimiento ecológico tradicional para la gestión sostenible de especies forestales no maderables. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 119 p.

Mora A., R., R. Fernández V., y L. E. Mendoza O. 2000. Cambios en biomasa, viabilidad y germinación de semillas en desarrollo de trigo. Agrociencia 34: 181-191.

Morales, M. O. 1994. Construcción y aprovechamiento de los semilleros de cacao. Agricultura Tropical 8: 17-18.

Moreno, F., A. Plaza G., y V. Magnitskiy S. 2006. Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). Agronomía Colombiana 24: 290-295.

Mostacedo, B., M. Pereira, y T. S. Frederiksen. 2001. Dispersión de semillas anemócoras y autócoras durante la época seca en áreas con aprovechamiento forestal en un bosque seco tropical. Ecología en Bolivia 36: 3-16.

Nepamuceno M., F. 1994. Ontogenia y morfología. *In*: Martínez B., A. E. (ed.) Semillas forestales. Publicaciones especiales No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. Coyoacán, México. pp: 5-11.

Niembro R., A. 1989. Semillas de plantas leñosas. Morfología comparada. Noriega Editores. Editorial Limusa. México. 224 p.

Niembro R., A., y E. O. Ramírez G. 2006. Evaluación de la cantidad y calidad biológica de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King-meliaceae) procedentes de una plantación en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana 8: 23-30.

Orozco-Segovia A., A. Batis, M. Rojas-Aréchiga, and A. Mendoza. 2003. Seed biology of palms. Palms 47: 79-94.

Palupi, E. R., J. N. Owens, S. S. Sudarsono, and D. D. Solihin. 2010. The importance of fruit set, fruit abortion, and pollination sucess in fruit production of teak (*Tectona grandis*). Canadian Journal of Forest Research 40: 2204-2214.

Pennington D., T., y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. Tercera edición. Fondo de Cultura Económica. 523 p.

Pérez H., P., y J. A. Acosta G. 2002. Permeabilidad de la testa y la porción micrópilo-hilio en semilla de frijol silvestre y cultivado. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 57-63.

Piedrahita C., E. 1997. Germinación de semillas de *Jacaranda copaia* bajo condiciones contrastantes de luz. Crónica Forestal y del Medio Ambiente 12: 1-4.

Pineda-García, F., L. Arredondo-Arrezcua, y G. Ibarra-Manríquez. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 129-139.

Piriz C., V., H. E. Fassola, A. R. Chaves, y A. Mugridge. 2004. Almacenamiento refrigerado de semillas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze: conservación del poder germinativo. Revista de Investigaciones Agropecuarias 33: 67-84.

Plancarte, B. A. 1990. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de procedencias. Boletín técnico. No. 4. Centro de Genética Forestal. Chapingo, México. 36 p.

Prance, G. T. 1997. The conservation of botanical diversity. *In:* Maxted, N., B. V. Ford-Lloyd, and J. G. Hawkes (eds.) Plant conservation biology: the *in situ* approach. Chapman and Hall, Reading, U.K. pp: 3-14.

Ramírez, N., y P. Berry. 1993. Producción y costo de frutos y semillas relacionadas a los tipos morfológicos de frutos, unidad de dispersión y síndrome de dispersión. Ecotropicos 6: 43-61.

Ramírez, N., y Y. Brito. 1988. Síndromes de dispersión de una comunidad de pantanos de palmeras (morichal) en los altos llanos centrales venezolanos. Revista Chilena de Historia Natural 61: 53-60.

Rangel-Lucio, J. A., J. G. García R., F. Chablé M., E. García-Moya, G. Alcántar G., y M. Mendoza E. 2008. Posición de la umbela, vernalización, ácido giberélico y fecha de plantación en la germinación de zanahoria. Agricultura Técnica en México 34: 303-311.

Reyes B., Z., y D. A. Rodríguez T. 2005. Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora* (H.B.K) Hemsl. Revista chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11: 99-104.

Robbins, A. M. 1980. Biología de las semillas forestales. *In*: Curso sobre organización y técnicas de programas semilleros. COHDEFOR, ESCANACIFOR. Honduras. pp. 42-47.

Rodríguez R., M. F., L. R. Sosa, E. A. Fernández, M. I. Raele, y V. Villareal. 2007. Efecto del estrés hídrico a distintas temperaturas sobre la germinación de semillas de *Bulnesia retama* (Gill. Ex. Hook) Griseb. Zigofiláceas en San Luis Argentina. ΦYTON 76: 5-17.

Rodríguez-Gómez, A. 2004. Variación de nueve caracteres morfológicos de acículas, conos y semillas de *Pinus engelmannii* carr en el estado de Durango. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.78 p.

Romero, J. L. 1997. Viveros forestales. Curso sobre mejoramiento genético forestal y plantaciones comerciales. Camcore. 5 p.

Rosas, M., M. Espinosa, E. Acuña, y K. Sáez. 2004. Variación interanual en producción de semillas de algunas especies arbóreas en cordillera pelada, Centro-Sur de Chile. Gayana botánica 61: 32-41.

Ruíz, B. C., C. A. Laguna, A. L. Iglesias, A. Damon, H.T. Marín, R.H. Azpíroz, y M. J. L. Moreno. 2008. Germinación in vitro de semilla de *Encyclia adenocaula* (la Llave & Lex.) Schltr (Orchidaceae). ΦYTON 77: 203-215.

Ruiz, M. De los A., M. A. Pérez, J. A. Argüello, y F. J. Babinec. 2003. Madurez fisiológica de la semilla de *Bromus auleticus* Trin. (Cebadilla chaqueña). Revista de Investigaciones Agropecuarias 32: 3-20.

Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

Salisbury B., F. 1994. Fisiología vegetal. Iberoamericana. México. 759 p.

Serrada, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid. 26 p.

Sheley, R. L., L. L. Larson, and D. E. Johnson. 1993. Germination and root dynamics of range weeds and forage species. Weed Technology 7: 234-237.

Soberanes C., N. E., y J. C. Boyás D. 1991. Distribución, abundancia, condiciones ecológicas y etnobotánicas del cuachalalate Amphiptergium adstringens Schiede ex Schlecht, en el Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas. UAEM, Cuernavaca, Mor. 72 p.

Solares A., F. 2000. Estudio químico-biológico para una producción sostenida de corteza de cuachalalate. *In*: Alternativas de manejo y conservación de especies forestales del trópico seco: estudio sobre usos potenciales. Avances de investigación. Informe técnico. INIFAP-CEZACA. Zacatepec, Morelos. México. 23 p.

Solares A., F. 2002. Especies no maderables de clima tropical seco. Técnicas de descortezamiento para hacer un uso sustentable de la corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) para su uso medicinal. SAGARPA. INIFAP. Mor., México. 2 p.

Solares A., F., J. J. Mata J., J. J. Vargas H., M. R. Soto H., y C. Rodríguez F. 2006. Capacidad de regeneración en grosor y lateral en corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* schiede ex schlect.) en el estado de Morelos. Ra Ximhai 2: 481-495.

Solares A., F., y Ma. C. Gálvez C. 2002. Manual para una producción sustentable de corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). SAGARPA. INIFAP. Zacatepc Mor., México. 13 p.

Soto G., J. L., S. Valiengo V., y R. César de Paula. 2010. Germinación de semillas de *Albizia hassleri* a diferentes temperaturas, en condiciones de laboratorio. Bosque 31: 39-44.

Standley, P. C. 1923. Trees and shrubs of Mexico. Contributions of the U.S. National Herbarium 23: 672–673.

Stevens, R., and K. R. Jorgensen. 1994. Rangeland species germination through 25 and up to 40 years of warenhouse storage. *In*: Monsen, S. B., y S. G. Kitchen. (Eds.) Proceedings-ecology and management of annual rangelands. USDA Forest Service. Department of Agriculture. United States. pp: 257-265.

Tamari, C., and D. V. Jacalne. 1984. Fruit dispersal of Dipterocarps. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute. No. 325, Ibaraki, Japón: 127–140.

Tamayo-Rincón, M., L. Rodríguez-Pérez, y W. Escobar-Torres. 2006. Estudio de la propagación sexual del arboloco *Montanoa quadrangularis* Schultz Bipontianus Asteraceae. Universitas Scientiarum 15: 89-95.

Tenorio-Galindo, G., D. A. Rodríguez-Trejo, y G. López-Ríos. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). Agrociencia 42: 585-593.

Thomas, P. B., E. C. Morris, T. D. Auld, and A. M. Haigh. 2010. The interaction of temperatura, water availability and fire cues regulates seed germination in a fire-prone landscape. Oecología 162: 293-302.

Torres, O., L. Calvo and L. Valbuena. 2006. Influence of high temperatures on seed germination of a special *Pinus pinaster* stand adapted to frequent fires. Plant Ecology 186: 129-136.

Tovilla H., C., y G. de la Lanza E. 1999. Ecología, producción y aprovechamiento del mangle *Conocarpus erectus* L., en Barra de Tecoanapa Guerrero, México. Biotropica 31: 121-134.

Trejo V., I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones geográficas. Boletin 39: 40-52.

Tsougkrianis, N., C. B. Peña-Valdivia, C. Trejo L., y J. D. Molina G. 2009. El potencial de agua del sustrato en la germinación de maíces con tolerancia y sensibilidad a la sequía. Agricultura Técnica de México 35: 363-369.

Turnbull, J. W. 1975. Forest tree seed testing. Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling. pp: 504-540.

Vadillo, G., M. Suni, y A. Cano. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). Revista Peruana de Biología 11: 71-78.

Van-Mölken, T., L. D. Jorritsma-Wienk, P. H. W. Van H., and H. de Kroon. 2005. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). American Journal of Botany 92: 432-437.

Vargas, E. M., E. Castro, G. Macaya, y O. J. Rocha. 2003. Variación del tamaño de frutos y semillas en 38 poblaciones silvestres de *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) del Valle central de Costa Rica. Revista de Biología Tropical 51: 707-724.

Vargas-Simón, G., R. F. Molina M., y E. J. Moguel O. 2003. Caracterización del fruto, semilla y estudios de germinación del guapaque (*Dialium guianense* (AUBL.) Sandwith.)(Parte B). Universidad y Ciencia 19: 77-83.

Vázquez Y., C., A. Orozco, M. Rojas, M. E. Sánchez, y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. Mexico, D.F. 170 p.

Vazquez-Yanes C., and A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. Annual Review of Ecology and Systematics 24:69-87.

Viveros C., C. 2001. Variación de frutos y semillas de una población ruderal de *Guazuma ulmifolia* Lambert (Sterculiaceae). Decima cuarta reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria, Veracruz. 8 p.

White, P. J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. Journal of Experimental 53: 1995-2000.

Willan, R. L. 1990. Seed pretreatment. Danida Forest Seed Centre. Costa Rica. 19 p.

Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Centro de semillas forestales de DANIDA. Estudio FAO montes. Roma. 20/2. 126 p.

Wulff, R. D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*; factors affecting seed size. Journal of Ecology 74: 87-97.

Yesid B., H. 1995. Botánica de fanerógamas; guía de campo y laboratorio: el cormo reproductor: la flor de las angiospermae. Facultad de Ciencias. Colombia, Bogotá. 44 p.

Zamora, R. 2002. Importancia de la heterogeneidad ambiental en la ecología de plantas carnívoras mediterráneas: implicaciones para la conservación. Revista Chilena de Historia Natural *75*: 17-26.

Zavala C., F. 2004. Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encino mexicanos. Ciencia Ergo Sum 11: 177-185.

Zobel, B. J y J. T. Talbert. 1988. La variación y su uso: técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. pp. 57-93.

Zumer-Linder, M. 1979. Environmental Word-list. Swedish University of Agriculture. Sciences Uppsala 4: 1-22.

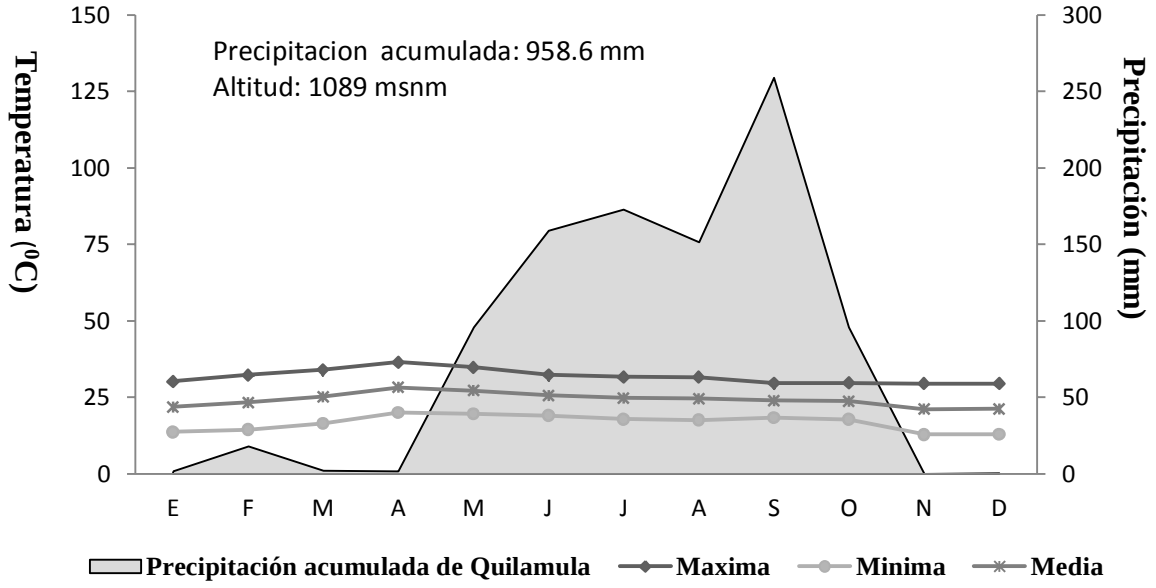
10. ANEXOS

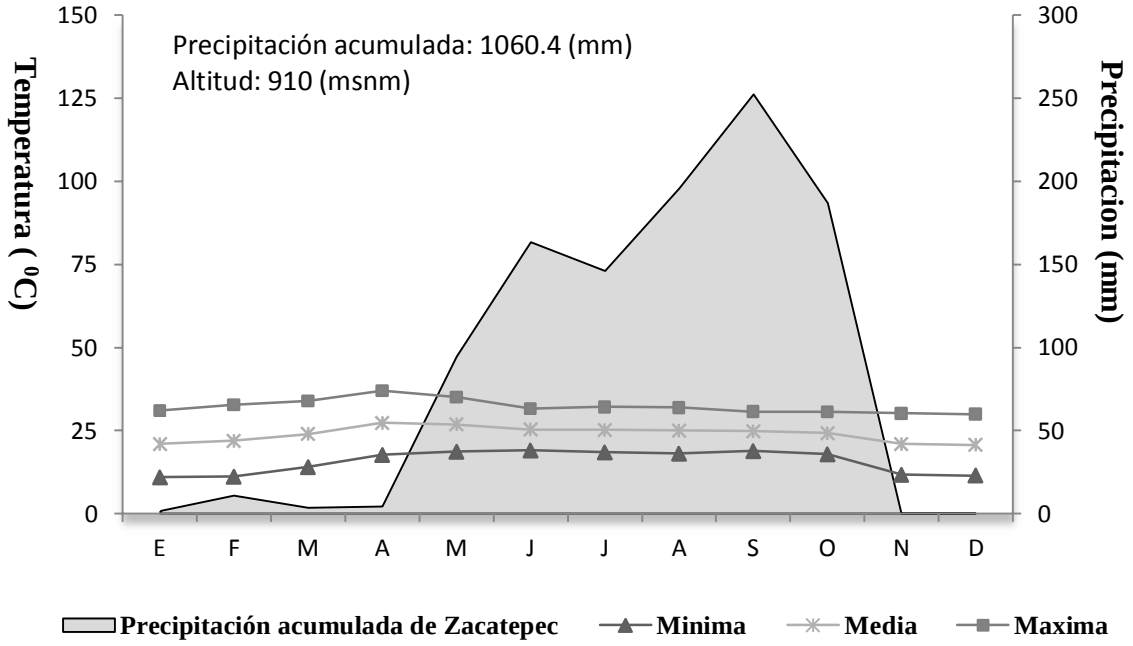
Anexo 1. Análisis de suelo de dos procedencias de *A. adstringens*, San Juan de los Cués y Quilamula; y la fuente de la procedencia Cerro del Pedernal.

Variables		*Zacatepec	Quilamula	San Juan de los Cués
pH		7.24	5.81	7.79
Densidad (g/cm^3)		1.01	0.93	1.13
Conductividad (Ds/metro)		0.26	0.06	0.16
Textura	Arena (%)	37.16	67.16	73.16
	Arcilla (%)	43.56	29.56	19.56
	Limo (%)	19.28	3.28	7.28
Tipo de textura		Limo - arcilloso	Franco – arcillo - arenoso	Franco - arenoso
M.O. (%)		2.43	2.67	2.71
N (ppm)		6.34	20.4	19.7
P (ppm)		11.7	3.99	10.4
K (ppm)		242	116	91

*Fuente=Zacatepec, de la procedencia Cerro del Pedernal

Anexo 2. Gráficas de temperatura y precipitación de Quilamula Mor., y Zacatepec Mor.





Anexo 3. Ubicación geográfica y características de los árboles de de tres procedencias *A. adstringens* de las cuales se recolectaron las muestras de fruto.

P1 (San Juan de los Cués)	Latitud	Longitud	Altitud msnm	D.N. (cm)	Altura (m)	D.C. (m)	Especies asociadas Nombre científico
A1	18º02' 89.3''	97º05' 09.6''	887	20	4.5	3.5	*Bursera linanoe* Rzedowski, C., y M.
A2	18º02' 58.4''	97º05' 11.2''	879	30	5	7	*Cyrtocarpa procera* HBK
A3	18º02' 58.1''	97º05' 11.4''	870	15	4.5	4	*Escontria chiotilla* (Weber) Rose
A4	18º02' 58.1''	97º05' 11.6''	876	10	4	4	*Agave lechuguilla* Torr.
A5	18º02' 58.0''	97º05' 13.1''	873	60	8.5	10	*Mimosa albida* Humb. B. Ex Willd.
A6	18º02' 57.0''	97º05 ' 13.3''	880	30	8	5	*Lamareocerus dumertieri*
A7	18º02' 58.5''	97º05' 13.5''	885	20	5	4.5	*Bursera microphylla* A. Gray
A8	18º02' 58.4''	97º05' 13.7''	890	15	5.5	6	*Bursera fagaroides*(HBK) Engl.
A9	18º02' 58.5''	97º05' 14.1''	894	20	6	7	*Bursera copallifera* S. & M. ex DC.
A10	18º02' 58.7''	97º05' 14.1''	890	30	7	6	*Solanum rostratum* D.
A11	18º02 ' 59.0''	97º05' 13.7''	890	30	6	7	*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.
A12	18º02' 59.2''	97º05' 13.9''	900	35	6	5	
A13	18º02' 59.2''	97º05 ' 14.0''	900	15	6	5	
A14	18º02' 59.7''	97º05' 15.1''	897	15	5	4	
A15	18º03' 04.6''	97º05' 09.7''	893	25	6.5	7	
A16	18º03' 04.0''	97º05' 09.6''	896	30	6	7	
A17	18º03' 03.4''	97º05' 10.7''	891	20	7.5	5	
A18	18º03 ' 03.0''	97º05 ' 24.4''	864	20	5	6	
A19	18º03' 04.0''	97º05' 24.4''	866	25	6	7	
A20	18º03' 04.0''	97º05' 24.5''	865	35	7	8	

P2 (Quilamula)	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	D.N. (cm)	Altura (m)	D.C. (m)	Especies asociadas Nombre científico
A1	18º31' 31.3''	99º03' 09. 1''	1103	16.5	5	4.5	*Plumeria rubra* L.
A2	18º31' 30.7''	99º03' 09.2''	1100	22.5	6	5.5	*Bursera copallifera* S. & M. ex DC.
A3	18º31' 29.2''	99º03' 10.5''	1101	17.2	6.5	6	*Crescentia alata* Kunth
A4	18º31' 31.0''	99º03' 10.8''	1080	25.2	7	6.5	*Ipomoea murucoides* R. & S.
A5	18º31' 34.0''	99º03' 00.2''	1076	15.3	3.5	4	*Solanum rostratum* D.
A6	18º31' 33.7''	99º03' 01.4''	1070	28.5	8	6.5	*Burcera linanoe* R, C yM.
A7	18º31' 32.2''	99º03' 06.8''	1090	26.3	6.5	6	*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.
A8	18º31' 31.8''	99º03' 06.8''	1089	11.7	4	3.5	
A9	18º31' 30.4''	99º03' 07.8''	1092	19.5	6	4.5	
A10	18º31' 33.5''	99º03' 00. 2''	1069	20	6	5	
A11	18º31' 32.4''	99º03' 02.3''	1070	25	6	5.5	
A12	18º31' 33.2''	99º03' 03.2''	1074	35	8	7	
A13	18º31' 33.9''	99º03' 01.5''	1075	20	6	5	
A14	18º31' 31.2''	99º03' 08.5''	1094	30	10	8	
A15	18º31' 29.5''	99º03' 09.5''	1096	25	7	6	
A16	18º31' 30.2''	99º03' 08.9''	1100	25	7	8.5	
A17	18º31' 28.2''	99º03' 10.7''	1101	30	10	7	
A18	18º31' 30.3''	99º03' 09.5''	1100	30	10	6	
A19	18º31' 30.5''	99º03' 10.1''	1102	30	10	7	
A20	18º31' 32.2''	99º03 '08.5''	1105	40	8	7	

P3 (Zacatepec)	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	D.N. (cm)	Altura (m)	D.C. (m)
A1	18º41’ 30.0’’	99º14’ 05.3’’	910	40	8	5
A2				20	6	3.5
A3				30	7.5	5
A4				20	7	5
A5				20	7	4.5
A6				20	6	5.5
A7				20	6	4.5
A8				20	6	4
A9				15	5	3.5
A10				15	6	4
A11				20	6	5
A12				15	6	3.5
A13				25	7	6
A14				20	6	4
A15				15	6	4
A16				20	5	4.5
A17				20	7	5
A18				25	7	5.5

Nota: en la fuente de la plantación del Campo Experimental Zacatepec se tiene como ubicación un punto geográfico

Anexo 4. Diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar en el invernadero.

Bloque I			Bloque II			Bloque III			Bloque IV		
P3	P2	P1	P1	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P2	P3
9	11	9	14	16	2	1	16	15	7	17	17
5	4	1	11	18	7	7	7	20	19	10	15
18	15	5	1	1	13	10	20	6	16	6	1
8	8	3	19	14	17	5	1	16	13	5	6
2	18	7	16	12	1	18	6	4	10	18	8
7	2	2	2	4	16	17	4	2	3	20	14
16	13	18	9	11	20	12	8	14	17	19	4
3	20	16	12	17	6	6	17	9	20	1	13
1	1	4	15	10	8	14	5	1	9	14	7
14	12	12	8	3	3	13	14	3	15	9	18
10	5	8	6	6	11	3	19	5	11	8	16
13	10	15	13	7	9	2	12	8	8	16	9
15	3	14	3	2	5	15	10	10	4	15	10
11	17	10	20	5	14	9	2	18	6	3	11
17	6	11	18	8	12	11	11	17	12	4	2
4	19	20	7	15	4	8	18	7	5	13	3
6	14	13	4	13	10	16	3	13	14	7	5
12	7	19	17	9	15	4	15	12	1	12	12
	9	6	5		18		13	19	2	2	
	16	17	10		19		9	11	18	11	

P1 (SJC), P2 (QM) y P3 (CP)

Los números interiores corresponden al número de árboles.

Anexo 5. Correlación de la emergencia, germinación, características físicas de los frutos y semillas de *A. adstringens*.

	PS	LF	LA	LAS	AAS	GAS	NL	PEMERL	PEMERI	PGERI
IMB								0.807		
PS				0.995*		1*			0.989	0.975
LF	0.977		1*	0.951		0.975	0.787		0.998*	1*
LAS			0.927				0.939		0.969	0.947
AAS	0.936	0.840	0.800	0.967		0.939	0.996*		0.874	0.834
GAS				0.996*			0.904		0.988	0.973
NS		0.990*	0.998	0.898*	0.756	0.935	0.693		0.979	0.992
PSP		1*	0.996							
PSVIA	0.968	1							0.994	1
PSMUER	0.978									
PEMERI										0.997*

IMB=imbibición, PS=peso seco, LF=longitud del fruto, LAS=longitud área seminífera, AAS=ancho del área seminífera, GAS=grosor del área seminífera, NS=número de semillas, PSP=porcentaje de semilla pura, PSVIA= porcentaje de semilla viable, PSMUER=porcentaje de semilla muerta, PEMERI=porcentaje de emergencia en invernadero, LA=longitud del ala, NL=número de lóculos, PEMERL=porcentaje de emergencia en laboratorio, PGERI=porcentaje de germinación en invernadero

*=Diferencia estadísticamente significativa (α=0.05)

	CH	PS	LF	LA	LAS	AAS	GAS	NL	NS	PEMERI	PGERI	PSP	PSVIA
K		0.904	0.974	0.988	0.856	0.696	0.900	0.628	0.996*	0.957	0.977		
ALT	-0.98	0.900	0.787	0.742	0.939	0.996*	0.904	1*	0.693	0.826	0.780		0.761
PPA	-0.765	0.999*	0.986	0.973	0.989	0.918	0.998	0.878	0.954	0.995*	0.985	0.990	0.979
TMAX	-0.95	0.945	0.855	0.817	0.973	1.000	0.948	0.993		0.705	0.648		0.833

K=potasio, ALT=altitud, PPA=precipitación acumulada, TMAX=temperatura máxima, CH=contenido de humedad, PS=peso seco, LF= longitud del fruto, LA=longitud del ala, LAS=longitud del área seminífera, AAS=ancho del área seminífera, GAS=grosor del área seminífera, NL=número de lóculos, NS=número de semillas, PEMERI=porcentaje de emergencia en invernadero, PGERI=porcentaje de germinación en invernadero, PSP=porcentaje de semilla pura y PSVIA=porcentaje de viabilidad

Anexo 6: Análisis de varianza para cinco características físicas de los frutos de *A. adstringens* de tres procedencias.

a) Longitud del fruto

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	98189.1899	49094.5949	4988.17	<.0001
Árbol(Proc)	55	54468.8314	990.34239	100.62	<.0001
Error	3422	33680.0527	9.8422		
Total	3479	186338.074			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

b) Longitud del ala

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	68395.9273	34197.9636	4020.74	<.0001
Árbol(Proc)	55	40750.2132	740.91297	87.11	<.0001
Error	3422	29105.4595	8.5054		
Total	3479	138251.6			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

c) Longitud del área seminífera

Fv	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	3073.62487	1536.81244	958.6	<.0001
Árbol(Proc)	55	3711.97914	67.49053	42.1	<.0001
Error	3422	5486.11267	1.60319		
Total	3479	12271.7167			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

d) Ancho del área seminífera

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	706.88432	353.44216	86.43	<.0001
Árbol(Proc)	55	11267.7292	204.8678	50.1	<.0001
Error	3422	13993.1263	4.08917		
Total	3479	25967.7398			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

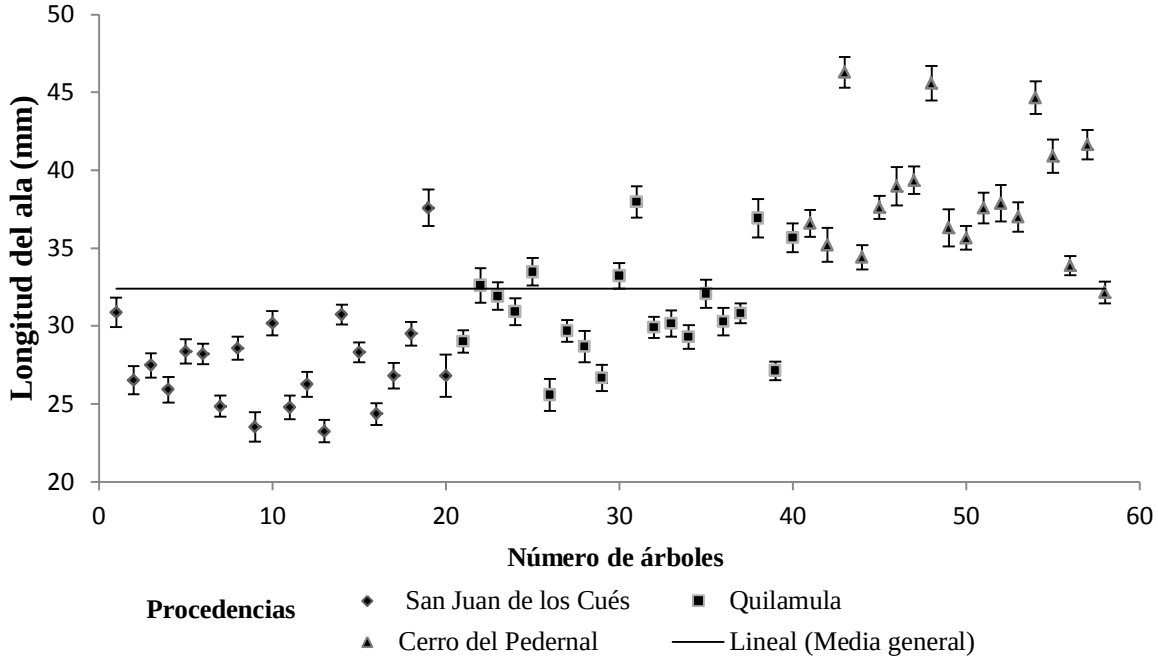
e) Grosor del área seminífera

Fuente	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	940.767204	470.383602	734.41	<.0001
Árbol(Proc)	55	1789.4078	32.534687	50.8	<.0001
Error	3422	2191.77217	0.640494		
Total	3479	4921.94717			

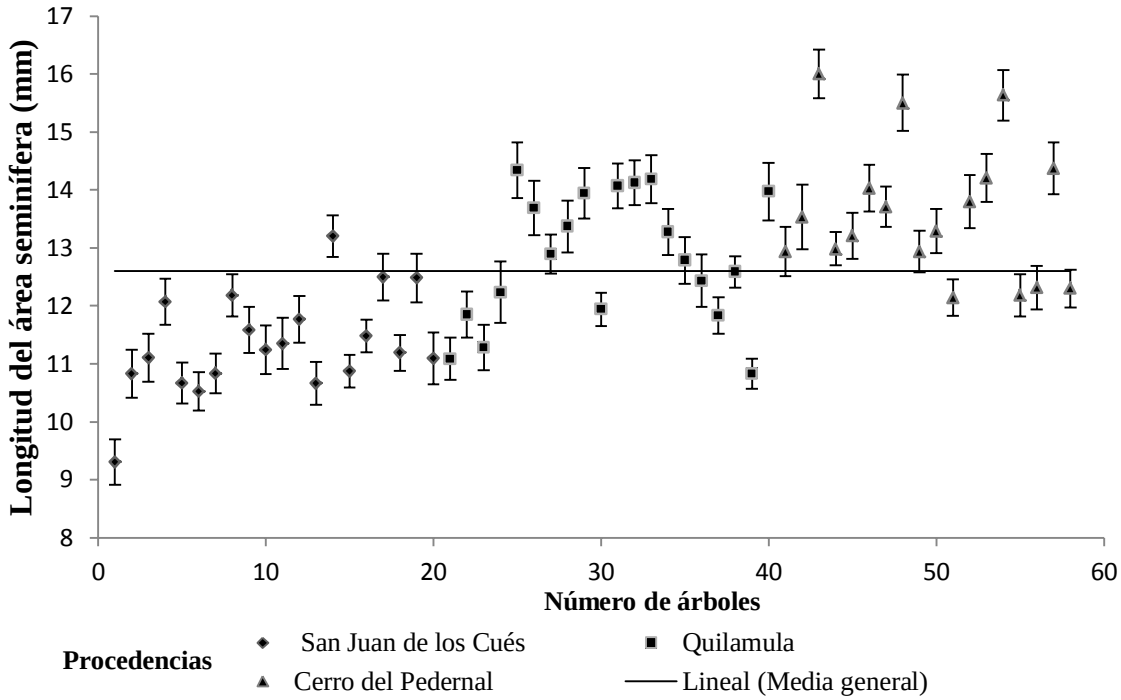
Nota: árboles anidados dentro de las procedencias.

Anexo 7: Gráficas de las características físicas los frutos de *A. adstringens* de tres procedencias a) longitud del ala, b) longitud del área seminífera, c) ancho del fruto y d) grosor del fruto.

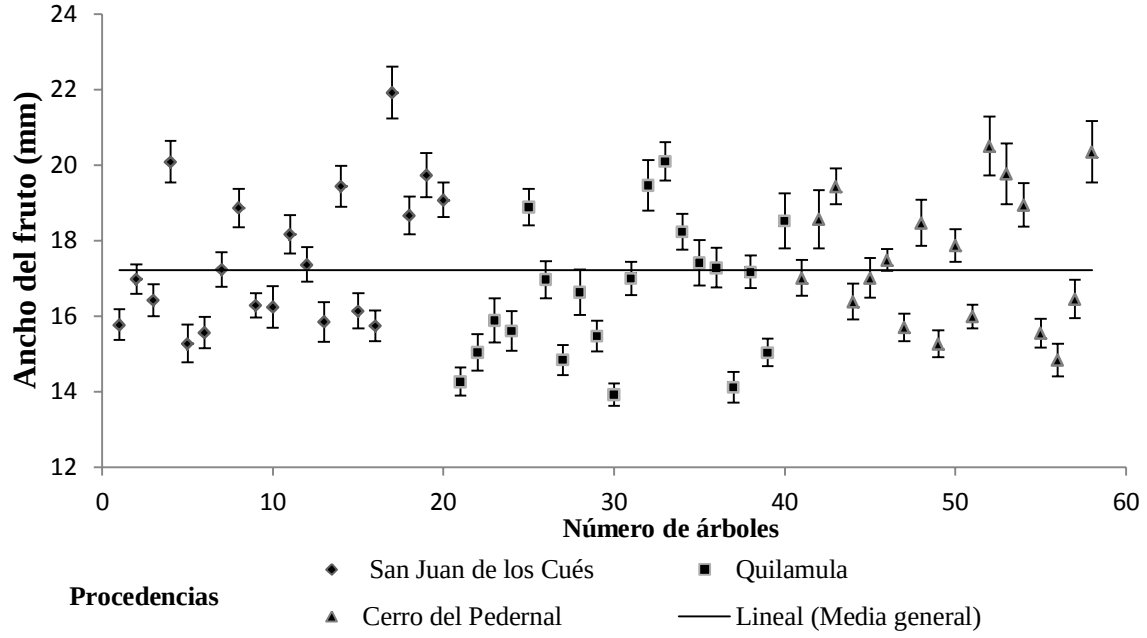
a)



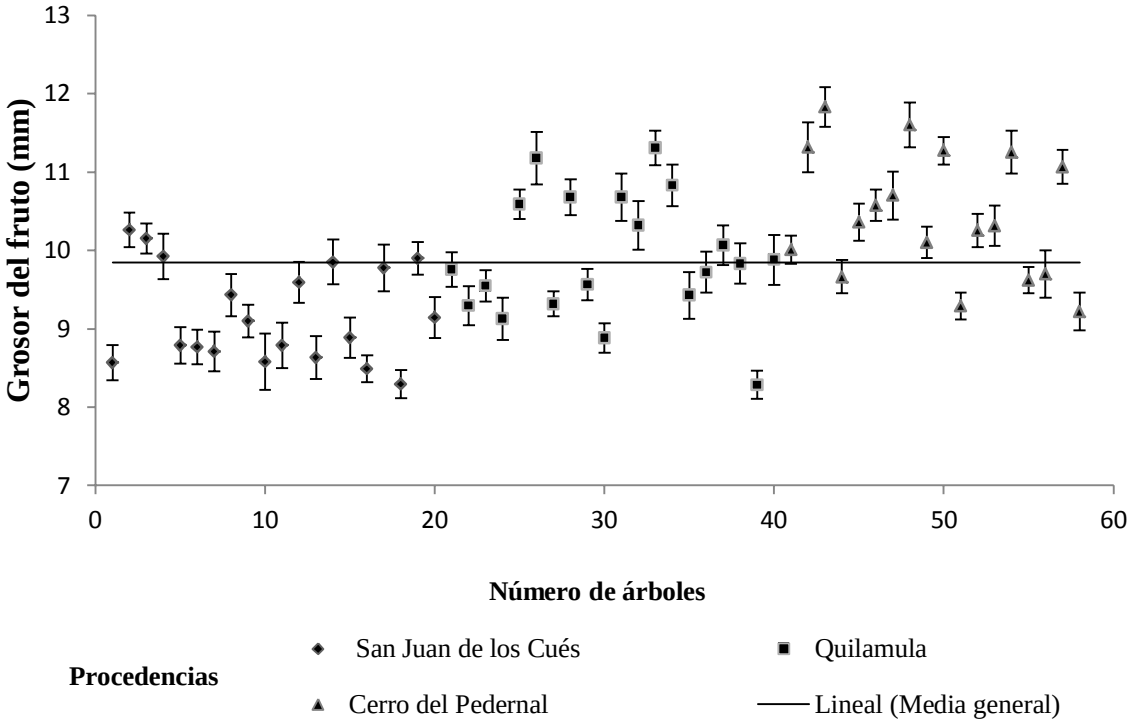
b)



c)


Ancho del fruto (mm)
24
22
20
18
16
14
12
0
10
20
30
40
50
60
Número de árboles
Procedencias
San Juan de los Cués
Quilamula
Cerro del Pedernal
Lineal (Media general)

d)


Grosor del fruto (mm)
13
12
11
10
9
8
7
0
10
20
30
40
50
60
Número de árboles
Procedencias
San Juan de los Cués
Quilamula
Cerro del Pedernal
Lineal (Media general)

Anexo 8: Análisis de varianza para el número de semillas y de lóculos de frutos de *A.adstringens* de tres procedencias.

a) Número de semillas por fruto.

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	722.8065932	361.4032966	968.95	<.0001
Árbol(Proc)	55	325.9606481	5.9265572	15.89	<.0001
Error	6902	2574.35	0.372986		
Total	6959	3623.117241			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

b) Número de lóculos por fruto.

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	175.929828	87.964914	204.91	<.0001
Árbol(Proc)	55	1299.8525	23.633682	55.05	<.0001
Error	6902	2962.941667	0.429287		
Total	6959	4438.723994			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

Anexo 9: Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias.

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	0.1313367	0.0656683	2.42	< 0.1008
Árbol(Proc)	12	0.9206143	0.0767179	2.82	< 0.0058
Error	45	1.2230944	0.0271799		
Total	59	2.2750454			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias.

Anexo 10. Análisis de varianza para la longitud de raíz en condiciones de laboratorio de semillas de *A.adstringens* de tres procedencias

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	115.0657947	57.5328973	0.77	0.4683
Árbol(Proc)	12	864.827	72.0689167	0.96	0.4937
Error	60	4492.4734	74.874557		
Total	74	5472.366195			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias.

Anexo 11. Análisis de varianza para porcentajes de emergencia y germinación en condiciones de invernadero de semillas de *A. adstringens* de tres procedencias.

a) Porcentajes de emergencia

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Bloques	3	0.440667	0.14688899	16.76	<.0001
Procedencia	2	0.639736	0.31986801	36.5	<.0001
Proc*Bloque	6	0.116735	0.01945583	2.22	0.0436
Árbol(Proc)	55	2.4206596	0.04401199	5.02	<.0001
Error	165	1.4459428	0.00876329		
Total	231	5.06374033			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias

b) Porcentajes de germinación.

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Bloques	3	0.426724	0.14224133	15.62	<.0001
Procedencias	2	0.24901041	0.1245052	13.67	<.0001
Proc*Bloque	6	0.12980716	0.02163453	2.38	0.0316
Árbol(Proc)	55	2.27388852	0.04134343	4.54	<.0001
Error	165	1.50301537	0.00910918		
Total	231	4.58244546			

Nota: árboles anidados dentro de las procedencias.

Anexo 12. Análisis de varianza para porcentajes de emergencia influenciados por la temperatura.

FV	GL	SC	CM	F.cal	P
Procedencia	2	0.63973602	0.31986801	18.2	<.0001
Temperatura	3	0.44066696	0.14688899	8.36	<.0001
Proc*Temp	6	0.11673497	0.01945583	1.11	0.3591
Error	220	3.86660238	0.01757547		
Total	231	5.06374033			