



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

**POSTGRADO EN
PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**“IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES PRODUCTORAS DE GERMOPLASMA
FORESTAL EN LA UMAF 2702ST SIERRA DE TENOSIQUE TABASCO”**

HÉCTOR JAVIER MEGIA VERA

**T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

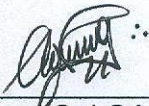
H. CÁRDENAS, TABASCO


2012

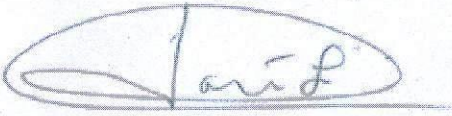
La presente tesis titulada: **Identificación de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco**, realizada por el alumno: Héctor Javier Megia Vera, bajo la dirección de Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
POSTGRADO PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
_____ Dr. Ángel Sol Sánchez

ASESOR: 
_____ Dr. Julián Pérez Flores

ASESOR: 
_____ Dr. Javier López Upton

H. Cárdenas, Tabasco a 23 Agosto de 2012

RESUMEN

IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES PRODUCTORAS DE GERMOPLASMA FORESTAL EN LA UMAFOR 2702ST SIERRA DE TENOSIQUE TABASCO.

Héctor Javier Megia Vera, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

El presente estudio se realizó con el objetivo de Identificar y seleccionar una Unidad Productora de Germoplasma Forestal de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la UMAF-2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, donde se seleccionaron árboles de caoba con características fenotípicas deseables. A cada árbol se le midió: altura (At, m), diámetro (DAP, cm), longitud de la copa (Lc, m), rectitud del fuste (R) y sanidad (S), se realizó un análisis estadístico descriptivo, uno de componentes principales (ACP) y una correlación entre At y DAP con la R. La obtención de las dimensiones de la semilla (largo y ancho) se realizó a través de las herramientas del software del equipo de Rayos-X Faxitron (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrado a 120 s y 26 kv de potencia (Kvp)

La predominancia de árboles de caoba en los pastizales denota la selección disgénica originada por actividades antropogénicas. Del análisis de los 25 árboles de caoba, 15 de ellos se ubicaron en pastizales, y 10 en selva mediana perennifolia fragmentada. Los datos de cada variable se examinaron mediante la prueba de contraste shapiro wilk modificado a fin de determinar su distribución normal y homogeneidad de varianzas requeridas para el análisis de varianza (ANOVA).

Palabras clave: germoplasma, variación, selección, fenotípica, germinación.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF GERMLASM UNITS PRODUCERS FOREST IN THE SIERRA DE TENOSIQUE UMAF-2702ST TABASCO.

Héctor Javier Megia Vera, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

This study was conducted in order to identify and select trees producers of forest seeds of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the location of UMAF-2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, where mahogany trees were selected by desirable phenotypic characteristics. There were measured height (At, m), diameter (DBH, cm), length of the cup (Luke, m), stem straightness (R) and phytosanitarian state (S) seed dimensions (length and width) were carried out by the computer software tools Faxitron X-ray (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrated to 120 s 26 kv power (kVp) data for each variable were examined with contrast Shapiro wilk.

There were found 25 trees in all the studied locations in the UMAF 2702ST.,It was performed a descriptive statistical analysis, an analyse of principal component (PCA) and a correlation between At and DAP with R. from all the *Swietenia* trees, 15 of them were located in grassland and 10 in fragmented forest. The predominance of mahogany trees in pastures denotes the dysgenic selection due to anthropogenic activities. The normal distribution and homogeneity of variances required for analysis of variance (ANOVA) were analyzed by the contrast chapiro test.

Keywords: germplasm variation, selection, phenotypic germination.

AGRADECIMIENTOS

Esta es la culminación de dos años de trabajo en los que he tenido la oportunidad de experimentar alegrías y tristezas que da la ciencia del conocimiento. Terminar este proceso me hubiera sido imposible sin las instituciones y las personas que me apoyaron incondicionalmente. Todos y cada una de ellos han aportado su granito de arena, el cual muestro mis agradecimientos.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco por haberme permitido realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en producción Agroalimentaria en el Trópico.

A mi consejero de tesis el Dr. Ángel Sol Sánchez, por amistad, confianza, dedicación y sobre todo paciencia. Por su apoyo y orientación decidida para culminar satisfactoriamente este trabajo de tesis.

A mi asesor y sobre todo amigo el Dr. Julián Pérez Flores, por su amistad, apoyo, incondicional, quien sinceramente agradezco por sus sabios consejos que me han permitido ser honesto, dedicado y con muchas energías de superación.

Al Dr. Javier López Upton, por la contribución al buen desarrollo de esta investigación, por la oportunidad de contar con su ayuda y experiencias en mi consejo particular.

Al Dr. José Jesús Obrador Olán, Por su amistad, apoyo, comentarios sugerencias y confianza durante la realización de mi investigación.

Al M.C. Vinicio Calderón Bolaina por su amistad y apoyo incondicional durante el desarrollo de mi tesis.

A todos los doctores del Campus Tabasco quienes contribuyeron de manera acertada en mi formación académica a través de los cursos correspondientes de la maestría en producción Agroalimentaria en el trópico.

A Lorena Vázquez Hernández, quién gracias a su apoyo, amistad incondicional en mi caminar durante la maestría y compartir los buenos y malos momentos juntos, se logró esta meta. Dios te bendiga Lore.

A mis amigos y compañeros de la generación, por todos los momentos y conocimientos compartidos, por las locuras que hicimos.

A un amigo Polo, quien me apoyo incondicionalmente e influyo positivamente en la terminación de esta aventura.

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi, por todos lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

DEDICATORIA

A Jesus de Nazaret, Y por sobre todo, a ti, Jesús. Por que puedo estar aquí, Por haberme dado sabiduría, fortaleza, salud, coraje, y no dejarme solo en los momentos difíciles, siempre estare en deuda contigo.

A mi mamá, la Sra. Elvia Maria Vera Leon, la columna principal de todos mis sueños gracias por cuidarme, Te amo.

A mi esposa chave: ¿Qué más puedo decir? Eres brillo de estrella y yo soy Galileo. Tu resplandor aún me deslumbra. ¡Gracias! por darme razones para vivir.

Con orgullo tan profundo y pontente como la corriente del golfo, es mi amor por ti, dedico este trabajo, al ser la fuente principal de mi inspiración en la vida te amo hij@ mi@ . A lograr tus metas.

A Jesus Díaz Andrade y Minerva Larios Caballero, viejo casi y no te cumplo pero gracias a Dios aquí estoy, gracias por todo y confiar en mi. Te amo.

A mis hermanos Jesus y Amiel, mil gracias a cada unos de ustedes por su amor que me dan día a día, por hacerme sentir bien, por su apoyo moral en todo momento, por su paciencia.

“No que lo haya alcanzado ya, ni que ya sea perfecto; sino que prosigo, por ver si logro asir aquello para lo cual fui también asido por Cristo Jesús”.

Pablo de Tarso.

CONTENIDO

	Pág.
GENERALIDADES	14
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	15
1.2. OBJETIVO GENERAL	19
1.2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO	19
1.3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
1.4. LITERATURA CITADA.....	33
CAPÍTULO II. SELECCIÓN Y VARIACIÓN FENOTÍPICA DE CAOBA (SWIETENIA MACROPHYLLA), EN TENOSIQUE, TABASCO MÉXICO	38
2.1. INTRODUCCIÓN	41
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	43
2.3. RESULTADOS	46
2.4. DISCUSIÓN	52
2.5. CONCLUSIONES.....	54
2.6. AGRADECIMIENTOS	55
2.7. LITERATURA CITADA.....	56
CAPÍTULO III. RELACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE SEMILLA LA CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King.) CON SU GERMINACIÓN.....	60
3.1. INTRODUCCIÓN	61
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	63
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
3.4. CONCLUSIONES.....	72
3.5. LITERATURA CITADA.....	73
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	77

4.1. CONCLUSIONES GENERALES	78
CAPITULO V. ANEXO	79

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Distribución natural de Caoba (<i>Swietenia macrophylla King</i>) (Lamb, 1966).....	21
Figura 2.1 Localización geográfica del área de estudio. (a) localidades que componen la UMAF 2702ST.....	43
Figura 2.2. Categorías y diagrama de rectitud de fuste (Swedforest 1986 y Salazar y Boshier 1989).....	45
Figura 2.3. Distribución de árboles de caoba en las condiciones fisiográficas de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, Tabasco, México.	46
Figura 2. 4. Número de árboles registrados por localidad en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México.	47
Figura 2.5. Histogramas de clases de las variables diámetro a la altura del pecho (1.30, m), fuste limpio, longitud de copa y altura total de los 25 árboles seleccionados.	48
Figura 2.6. Diagrama de Box Plot, Variable DAP: Diámetro a la altura del pecho, FI: Fuste limpio, Lc: Longitud de Copa, At: Altura total.	50
Figura 2.7. Análisis de componentes principales de DAP (Diámetro a la altura del pecho) FI (Fuste limpio), Lc (Longitud de Copa), At (Altura total), Rectud (R) y Sanidad (S).	52
Figura 3.1. Localización geográfica del área de estudio. (a) localidades que componen la UMAF 2702ST.....	66
Figura 3.3. Histograma de frecuencias de las dimensiones de la Semilla.de Caoba	69

CONTENIDO DE CUADRO

Cuadro 2.1. Estadísticos descriptivos de las variables paramétricas medidas en árboles de <i>Swietenia macrophylla</i> en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique,	48
Cuadro 2.1. Estadísticos descriptivos de las variables paramétricas medidas en árboles de <i>Swietenia macrophylla</i> en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, Tabasco.....	48
Cuadro 2.2. Datos estandarizados de componentes principales para las variables DAP, S, FI, At y R, evaluadas en 25 árboles de 11 comunidades de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, México.	49
Cuadro 3.1. Estadístico descriptivo para las dimensiones de la semilla de caoba, colectada en las comunidades de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, Mexico.	71
Cuadro 3.10. Correlación para las variables longitud y ancho de semillas con la germinación.	75
Cuadro 3.2. Análisis de varianza para la variable Longitud de semillas.....	72
Cuadro 3.3. Test. Tukey con un alfa de 0.05 DMS= 0.95	72
Cuadro 3.4. Análisis de varianza para la variable Longitud de semillas.....	72
Cuadro 3.5. Test. Tukey con un alfa de 0.05 DMS= 0.444	72
Cuadro 3.6. Estadístico descriptivo para la germinación de la semilla de caoba, porcedente de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, Mexico.	73
Cuadro 3.7. Análisis de varianza para la germinación de la semilla de caoba en la primera fase.....	74
Cuadro 3.8. Análisis de varianza para la germinación de la semilla de caoba en la primera fase.....	74
Cuadro 3.9. Análisis de varianza para la germinación de la semilla de caoba en la primera fase.....	75

ABREVIATURAS

UPGF	Unidad Productora de Germoplasma Forestal
UMAF	Unidad de Manejo Forestal
2702ST	
Cm	Centímetros
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
D	Diámetro
DAP _{1.3m}	Diámetro a la altura del pecho
M	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ² ha ⁻¹	Metros cuadrados por hectárea
m ³	Metros cúbicos
m ³ ha ⁻¹	Metros cúbicos por hectárea
Mm	Milímetros
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
Sp	Especies

GENERALIDADES

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Importancia de los programas de plantaciones forestales

México ocupa el doceavo lugar en superficie forestal a nivel mundial y el trigésimo lugar en producción forestal; la cuál se basa en el aprovechamiento de bosques, localizados principalmente en Durango (31%), Chihuahua (21%), Michoacán (17%), Oaxaca (7%) y Jalisco (6%), que representan 82% de la producción forestal nacional. México es considerado como un país megabiodiverso y el cuarto respecto al número total de especies de flora y fauna. Mientras que Tabasco ocupa el 9º lugar en producción nacional maderable. (SEMARNAT, 2008).

Sin embargo, México está considerado como uno de los países de mayor deforestación; alrededor del 4% de la deforestación mundial ocurre en el territorio nacional, esto significa que cada año 600 mil hectáreas quedan desprovistas de vegetación. Se infiere que se han perdido más de 44 millones de hectáreas arboladas (SEMARNAT, 2008). La mayor parte de esta deforestación ha ocurrido en las últimas cinco décadas, la cuál ha sido propiciada en gran medida por la expansión de la frontera agropecuaria. Para contrarrestar sus efectos adversos, el gobierno federal creó en 1995 el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE); con el que anualmente se han reforestado, en promedio, 200,000 ha (FAO, 2002; CONAFOR, 2004), esfuerzo que aún es insuficiente.

Para disminuir la presión sobre los bosques nativos y dar opciones de ingresos y empleos, se plantea el fomento de las plantaciones comerciales como una de las políticas más importantes del sector forestal en México, contempladas en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal y en el plan 2025 del sector forestal (Segura, 2000). Se estima que existen cerca de 12 millones de hectáreas con potencial para plantaciones comerciales.

En México, las necesidades globales de reforestación con propósitos de protección y restauración forestal, ascienden a 3.5 millones de hectáreas, calculándose en 175 mil hectáreas las necesidades anuales de reforestación, considerando un período de 20 años para recuperar la superficie total. Lo anterior, alude la necesidad de más de 200 millones de plantas por año.

Así mismo, el Programa Nacional de Reforestación de la SEMARNAT-CONAFOR integra acciones de producción de planta y reforestación, las cuales se realizan a nivel nacional a través de diversas instancias del gobierno, productores forestales, organizaciones sociales, privadas y ciudadanía. Al respecto, Prieto y López (2006), señalan que las semillas forestales son importantes por las siguientes razones;

- a).- Son la principal forma de reproducción de las especies vegetales (reproducción sexual), que permite que haya continuidad vegetal en la naturaleza;
- b).- Favorecen que exista la diversidad genética, al existir recombinación de genes durante el proceso de reproducción sexual (meiosis). Esta diversidad favorece la preservación y evolución natural de las especies; así mismo, permite el desarrollo de programas de mejoramiento genético;
- c).- Son la principal forma de propagación de las especies utilizadas en los programas de producción de planta, destinadas al establecimiento de plantaciones forestales con fines de protección y comerciales;
- d).- Permiten mover genotipos a grandes distancias, lo que ayuda a la realización de ensayos de especies, de procedencias y de progenies, y facilita la selección de los mejores genotipos;
- e).- Favorecen la conservación de especies en peligro de extinción, endémicas, en estatus de conservación o de alta importancia genética y/o económica, a través del almacenamiento de semillas en condiciones adecuadas de humedad y temperatura o mediante el establecimiento de plantaciones forestales fuera de su lugar de origen (conservación *ex situ*) o dentro de él (conservación *in situ*);
- f).- Sirven de alimento a la fauna (roedores y aves principal mente), lo que favorece la existencia de las cadena alimenticias. Además, en algunos casos también son fuente de alimento al ser humano (especies de pinos piñoneros).

1.2. Unidades Productoras de Germoplasma Forestal

Existen diferentes fuentes para colecta de semillas, Prieto y López (2006), las enlistan de la siguiente forma:

- 1.- *Rodales naturales*: son cualquier sitio del bosque donde exista la especie de interés. La selección de los árboles únicamente considera la calidad fenotípica de los mismos (características externas observables);
- 2.- *Rodales semilleros*: son rodales naturales que sobresalen fenotípicamente en relación al resto de los rodales de una región y que se destinan a la producción temporal de semilla;
- 3.- *Áreas semilleras*: son rodales superiores que poseen árboles de alta calidad fenotípica, donde los árboles fenotípicamente inferiores son eliminados, de manera que se garantice que los árboles que permanezcan en pie, produzcan semilla de mejor calidad genética en relación a las masas boscosas del área de influencia;
- 4.- *Huertos semilleros*: son plantaciones forestales establecidas por medio de semillas o clones, provenientes de árboles selectos (plus élite), lo que permite tener una ganancia genética de 30 a 50% al plantar la progenie;
- 5.- *Árboles superiores*: son árboles con características fenotípicas superiores a la de árboles de rodales aledaños y que se caracterizan por tener altura dominante, fuste recto, buena poda natural, copa pequeña, inserción de ramas en ángulo cercano a 90° y están libres de plagas y/o enfermedades.

Para poder cubrir las necesidades de germoplasma en todas las áreas forestales de climas templado y frío de México, Martínez (2002), recomienda regionalizar al país de la siguiente forma:

- a) *región norte*; esta región comprendería los bosques que abarcan la sierra madre occidental y que abarca las zonas montañosas de los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Nayarita y Zacatecas. Por razones logísticas, también se incluye en esta región el estado de Baja California;
- b) *región centro*, comprendería las áreas arboladas de la cordillera neovolcánica y de la sierra madre oriental, abarcando los estados de: Jalisco, Colima, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, México, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Guanajuato, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí, Veracruz y el Distrito Federal;
- c) *región sur*, estaría conformada por los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas que abarcan las sierras: madre del sur, madre de Oaxaca y madre de Chiapas respectivamente.

Una de las principales actividades económicas realizadas por los pobladores de las zonas semidesérticas de México es el aprovechamiento de los recursos naturales no maderables, los cuales juegan un papel crucial como fuentes de empleo, autoconsumo y comercialización de la materia prima (Aguirre, 1983; castillo y Sáenz, 2005). Ahora bien, los productores que habitan las zonas áridas han desarrollado la capacidad de obtener productos de plantas con las que están en contacto en los alrededores de sus comunidades (Cano *et al.*, 2005).

Mientras que en las regiones trópicas de México, los ejidos forestales han destinado áreas para la recolección de semillas, pero todas ellas distan mucho de ser áreas semilleras, puesto que son áreas exentas de manejo con excepción de la delimitación de la misma y de las brechas; así mismo, no cumplen con las condiciones y características establecidas para la producción de semillas.

"Para satisfacer la creciente demanda de germoplasma en México que permita cubrir la producción de más de 200 millones de planta por año, para reforestar cerca de 200,000 hectáreas anuales con fines de restauración o comerciales, se requiere tener un sistema de abastecimiento eficiente en cantidad, calidad física, fisiológica y genética. En años pasados se han realizado programas enfocados a solucionar este problema, sobre todo en las regiones templadas y trópicas. Desafortunadamente se carece de unidades productoras de germoplasma que permitan el abasto suficiente y eficiente de semillas.

Además, hace falta información técnica suficiente que oriente completamente el proceso de establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal en los ambientes ecológicos del trópico, en las cuales se combinan diversas metodologías para el aprovechamiento del germoplasma forestal en rodales semilleros, áreas semilleras, árboles semilleros, huertos semilleros y bancos clonales, que permitan satisfacer su abasto para el desarrollo de las actividades de producción de planta, para los programas de reforestación y conservación.

"El contar con metodologías estandarizadas para establecer y manejar unidades productoras de germoplasma, favorecerá el incremento en la calidad genética y fisiológica, lo que permitirá plantas de mejor calidad. Incluso, esta estrategia puede contribuir a conservar *in situ*, especies bajo los criterios de la Norma Oficial Mexicana

NOM-059-ECOL-2001 de la SEMARNAT (en estatus o en protección) y favorece que a futuro se definan estrategias para mantener la biodiversidad.

Partiendo de la importancia de la identificación de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF), el presente trabajo tuvo como finalidad la selección y variación fenotípica de árboles de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la Unidad de Manejo Forestal (UMAF 2702ST) Sierra de Tenosique y el análisis de las dimensiones de la semilla de Caoba con su germinación.

2. OBJETIVO GENERAL

Identificar y seleccionar Unidades Productoras de Germoplasma Forestal de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la UMAF-2702ST Sierra de Tenosique Tabasco.

2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

a).- Seleccionar árboles de caoba y analizar su variación fenotípica (*Swietenia macrophylla* King) en la Unidad de Manejo Forestal de la Sierra de Tenosique Tabasco, México.

b).- Evaluar las dimensiones de la semilla y la germinación de caoba (*Swietenia macrophylla* King), procedentes de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Descripción botánica de la caoba (*Swietenia macrophylla* King)

Árbol que alcanza hasta los 50 m de altura, hojas caducas, tronco recto libre de ramas, diámetro promedio de 75 a 150 cm, con raíces tubulares en la base. Su corteza es áspera con escamas planas separadas por grietas profundas de color castaño (Gueilfus, 1994, Stanley, 1946). Las hojas son alternas, elípticas u oblongas de color verde oscuro, ligeramente lustrosas en el haz y más pálidas en el envés, tienen un raquis de color verde amarillento, delgado y redondo que termina en un punto muerto estrecho, con hojuelas en tallos cortos de menos de un cuarto de pulgada de largo

(Lamb, 1966). Los racimos florales en panículas de 10-15 cm o más de largo, nacen de la base de las hojas nuevas y tienen muchas flores pequeñas fragantes, de tallo corto y de color amarillo verdoso. Los frutos son cápsulas de forma ovoide a piriformes, de 12 a 20 cm de largo cerca de 5 cm de diámetro y 300 g de peso, que se abren en cinco válvulas de color café, cada fruto produce entre 40 y 60 semillas viables y en un kilogramo se pueden contar entre 1300 y 2000 semillas (Gómez y Jasso 1995, Navarro 1999).

3.2. Distribución de la Caoba

La caoba (*Swietenia macrophylla King*), se distribuye en zonas húmedas y sub-húmedas, desde el sur de México (Oaxaca, Veracruz, Tabasco y al sur de la Península de Yucatán), hasta Bolivia se localiza en las vertientes del Atlántico de América Central, desde Belice hasta Panamá, Venezuela, Colombia y en la Región Alta del Amazonas, en Perú, Bolivia y Brasil (figura 1), (Mayhew y Newton 1998, Grogan *et al.*, 2002). También se encuentra en el sur de la Florida, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, la India y otros países tropicales donde esta especie ha sido establecida con éxito (Little *et al.*, 1977).



Figura 1.1. Distribución natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King) (Lamb, 1966).

La actividad agropecuaria, la exploración del petróleo, los asentamientos humanos, los disturbios provocados por la quema e incendios y la explotación clandestina son algunos factores que han afectado severamente a la caoba (Sarukhán *et al.*, 2009). Hace 50 años, las exportaciones mexicanas de caoba significaban el 50% de la madera importada por Estados Unidos de América; para el año 2000, la contribución a ese mercado había bajado al 1% (Robbins 2002).

Esta situación ha obligado a promover el establecimiento comercial otras especies de interés para la región trópic, tales como *Dendropanax arboreus*, *Gmelina arbóre*, y *Cedrela odorata* (Vera y Dorantes 2003). En las áreas tropicales de México, se han establecido alrededor de 6,000 ha de plantaciones forestales de Caoba, de las cuales el 50% se localizan en la península de Yucatán (Patiño 2002). Esto con el objetivo de recuperar el nivel de producción que la industria forestal tuvo en décadas pasadas y disminuir la presión sobre las áreas naturales, dada la escasa materia prima de esta

especie; por tal motivo, se requiere plantas de calidad no sólo en tamaño y vigor, sino también en cuanto a origen genético.

Usualmente se colectan semillas de caoba de unos pocos árboles cercanos a los viveros. Tales árboles no son seleccionados por sus características fenotípicas ya que se carece de fuentes de semillas mejoradas, *Gmelina*, a diferencia de *Eucalyptus* o *Pinus*, así mismo, las prácticas de colecta se realizan sin herramientas adecuadas, lo que ocasiona daños físicos por desrame de las copas de los árboles y en consecuencia, una gran reducción en la producción de semillas en los siguientes periodos (Cámara y Snook 2001).

El mejoramiento de la calidad genética del germoplasma forestal para programas de reforestación consiste en la conservación de árboles y áreas forestales para asegurar una base genética amplia y el establecimiento de ensayos genéticos que permitan seleccionar los mejores genotipos para la producción de semillas (Wightman *et al.*, 2001).

A pesar del gran potencial de las áreas tropicales para el establecimiento de plantaciones forestales de caoba, uno de los factores principales que limitan su desarrollo es el barrenador *Hypsipyla grandella* Z., el cual ataca la yema terminal y/o los brotes jóvenes, lo que ocasiona la bifurcación y deformación de los tallos (Wightman *et al.*, 2001). El mal manejo de los rebrotes, provoca en muchos casos que el fuste no alcance una altura comercial. Debido al problema que *Hypsipyla* significa, no existen grandes plantaciones en plena producción en México ni en otras áreas de distribución natural de estas dos especies (Wightman *et al.*, 2001). No obstante, este mismo autor indica que hay consenso en que el problema puede ser manejado mediante el mejoramiento genético, enfocado en una cierta resistencia o una resiliencia de la planta para recuperarse sin demasiada ramificación (Wightman *et al.*, 2001).

Los programas de establecimiento de plantaciones son una alternativa para satisfacer la demanda del mercado y reducir la tasa de deforestación. Muchas especies nativas presentan un gran potencial en estos programas por la calidad y diversidad de sus productos. Sin embargo, la poca o ninguna disponibilidad de semilla de buena calidad,

ha hecho que las áreas reforestadas se hayan establecido con especies exóticas o con fuentes inadecuadas de germoplasma en el caso de especies nativas.

3.4. Importancia de fuentes semilleras

La pérdida anual de los recursos forestales en México fue de 348,000 ha.año⁻¹ en la década 1990-2000 la cual correspondió en un 0.5% de la superficie forestal nacional, y durante el periodo 2000-2005, 260,000 ha.año⁻¹ (0.4%) de la superficie forestal; cabe destacar que durante el periodo 1990-2005, se perdieron 9000 ha.año⁻¹ de la superficie forestal dedicada a la conservación (FAO, 2007); la preocupación se hace mayor cuando se observa que tanto a escala mundial como nacional se estiman aumentos en el consumo de productos forestales entre 1.4 y 3.3% a nivel mundial. En México la importación de productos industrializados llega a ser del 98.8% (paneles de madera) (FAO, 2009).

Por lo anterior, los bosques naturales, así como la demanda de bienes y servicios derivados de su transformación y beneficios ambientales, requieren de un buen manejo de los recursos genéticos (Zobel y Talbert, 1988; Daniel *et al.*, 1982). En este manejo la conservación y la utilización urgente de productos forestales para el bienestar humano no se deben contraponer sino que deben ser coadyuvantes.

En muchas partes de México, como en el estado de Tabasco, para el establecimiento de plantaciones forestales y con fines de reforestación se utilizan semillas de colecta masiva de bosques naturales sin cuidar su origen y calidad (Jaquish, 1997). Es decir, no se tiene presente que la semilla es básica en el éxito de los programas de reforestación y plantaciones forestales y por lo tanto debe ser de alta calidad y de procedencias adecuadas (Owens, 1995).

La identificación y establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal (UPGF), es un proceso básico para todo programa de reforestación y plantaciones forestales. Este proceso consiste, en la recolección, transporte, manejo y conservación de semillas forestales. Las fuentes de semilla se seleccionan, mejoran y descartan dependiendo del grado de avance y mejoramiento genético de poblaciones en cada una de las diferentes especies (Jara 1994).

Aunque hayan identificado suficientes UPGF en bosques naturales o en plantaciones, cubrir la demanda inmediata de semilla, se debe continuar la exploración, la identificación y el establecimiento para que las buenas fuentes puedan ser sustituidas por otras superiores y de mejor calidad (Jara, 1994). Por lo tanto, una fuente semillera se puede establecer en un rodal puro o en un rodal mixto (generalmente natural). Sin embargo, es importante reconocer e identificar la condición fisiológica de cada fuente de semilla para trabajos futuros de mejoramiento y establecer plantaciones de fuentes adicionales de semilla (Jara 1994).

3.5. Árboles semilleros

Las UPGF son áreas que presentan conjuntos de árboles seleccionados con base en las características óptimas deseables para la producción de semillas. Son los llamados “árboles semilleros”, a partir de los cuales se asegura el abastecimiento de germoplasma de calidad certificada para los programas de forestación, reforestación y restauración ecológica; incluye, además, plantaciones comerciales forestales, sistemas agroforestales y proyectos de rescate y conservación. La selección de árboles semilleros de características deseables depende de los objetivos del proyecto o del programa en el que se van a usar (García *et al.*, 2011).

Los árboles madre o semilleros pueden ser seleccionados en rodales naturales, plantaciones, jardines botánicos o huertos de semillas forestales. Éstos se establecen para controlar el origen y asegurar una fructificación regular, cuando la cantidad de semilla requerida por año es muy grande, ya que la cosecha en rodales naturales o plantaciones es caro o difícil (FAO, 1980).

De acuerdo con Maynard (1996), un árbol candidato a semillero, es un árbol que ha sido tentativamente seleccionado para ser incluido en un programa de mejoramiento. Mergen (1959) señala que los árboles semilleros se seleccionan atendiendo a caracteres como resistencia a una enfermedad, crecimiento rápido, forma del fuste, poda natural y alta densidad de la madera. Los árboles son elegidos con base al

aspecto externo (fenotipo), producción de semillas y polen para ensayos de progenie y de esquejes para la propagación vegetativa, lo cual permite la preservación de plasma germinativo de calidad para futuras generaciones.

Las técnicas utilizadas en el mejoramiento genético forestal para encontrar y seleccionar árboles superiores (plus), dependen de los tipos de rodales y de las especies en los cuales van a hacerse las selecciones (Langner, 1960).

3.5. Selección de árboles plus

Árbol plus (superior): es el árbol que ha sido seleccionado para formar parte de la población de mejoramiento y/o de producción, debido a la superioridad fenotípica crecimiento, forma, calidad de la madera u otras características deseables. Su valor genético no se ha probado, aunque las probabilidades de que posea un buen genotipo son altas para características con un alto grado de heredabilidad (Zobel y Talbert, 1988).

La ganancia genética a partir de la selección fenotípica, es el incremento en la media de la descendencia sobre la media de la población parental anterior a la selección. Frecuentemente sigue la propagación vegetativa de los árboles plus y formación de huertos semilleros para proporción de semillas (Kedharnat y Mattheus, 1979).

La FAO (1964), cita que en Suecia la selección de árboles plus se basa en la apreciación de caracteres fenotípicos, concretamente en el grado de crecimiento, porte, tipo de ramificación y calidad de la madera. Un árbol plus es aquel superior a determinados árboles de las proximidades y a la media del rodal. Los árboles empleados para la comparación con el árbol plus son los cuatro mayores de la misma especie dominante, situada entre 25 a 50 m del árbol plus.

El árbol plus y los árboles que se comparan deben ser de la misma edad, la diferencia no ha de exceder los 10 años. Las condiciones de estación, como fertilidad y humedad del suelo, pendiente y espesura del rodal deben ser los mismos para todos los árboles (condiciones Genotipo-Ambiente iguales). Para clasificar los árboles plus se emplea un sistema de puntuación en el que se considera el volumen y la calidad (Mulawarman *et al.*, 2003).

En la práctica actual la selección se realiza por el uso de diferentes sistemas. Por ejemplo, una serie de grados numéricos o valores asignados a variables tales como altura, volumen, tamaño de ramas y forma de fuste (Rudolf, 1956; Brown y Goddard, 1961; Wright, 1964).

Pitcher y Dorn (1966), mencionan que en rodales mixtos, en los cuales existen relativamente pocos individuos de una determinada especie, no es aplicable un sistema de selección mediante comparación, debido a que los individuos dispersos de una especie crecen bajo diferentes ambientes (Pitcher y Dorn 1966, Mulawarman *et al.*, 2003).

3.6. Factores a considerar en la selección individual de árboles

El éxito de la selección a partir del fenotipo, expresado como avance o ganancia genética, depende de varios factores, entre los cuales destacan el tipo y número de caracteres en la selección, la intensidad de selección y el método de propagación (Quijada, 1980).

3.6.1. El tipo y número de caracteres: es determinante en el avance que se pueda lograr. La heredabilidad no es un valor fijo o constante, sino que varía con la población. Caracteres con alta heredabilidad son más fácilmente manipulables y predecibles en sus respuestas; entre éstos se incluyen rectitud del fuste, bifurcación y resistencia a enfermedades. Los caracteres con baja heredabilidad son menos susceptibles a mejoramiento, ya que, son más afectados por el ambiente (Ledig 1974, Quijada 1980).

El número de caracteres afecta la respuesta a obtener. Entre mayor sea el número de caracteres, más difícil resulta obtener avances de algunos de ellos individualmente. Esto se debe a dos factores: primero, diferentes caracteres tienen distintos patrones hereditarios lo que requeriría diferentes intensidades de selección, con lo cual, al incrementar el número de individuos para satisfacer los requerimientos de un carácter dado, se podría afectar otro por introducir fenotipos no deseables del mismo. Segundo,

diferentes caracteres pueden estar inversamente correlacionados, con lo cual el ser muy estricto en un carácter resultaría negativo (Quijada 1980).

Keiding (1974), Robbins (1976) y Quijada (1980) consideran que es necesario concentrarse en pocos caracteres a la vez, escogiéndose en primer término, aquellos de más fácil manipulación, pero, a la vez importantes, tales como rectitud del fuste, bifurcación o vigor. Antes de considerar las propiedades de la madera como factor de selección, sugieren de uno a tres caracteres en cada ciclo de selección.

Como requisito de selección, los árboles escogidos deben tener la menor afinidad familiar posible, para evitar problemas relativos a la consanguinidad y que se pueda obtener un número mínimo de individuos de acuerdo al propósito de la selección.

La intensidad de selección se mide en cuantas desviaciones estándar excede a la media de la población base de los individuos seleccionados (Zobel y Talbert 1988) y se determina en diferentes formas. Una de ella es por medio del diferencial de selección, definido como el valor fenotípico promedio de los individuos seleccionados, expresado como una desviación de la media de la población seleccionada y el promedio de la población seleccionada y el promedio de la población original.

El número de selección influye sobre la amplitud o base genética, un número reducido de selecciones creará una base muy estrecha, que podría conducir rápidamente a problemas, entre otros de consanguinidad. La decisión final dependerá en todo caso de la variabilidad de la especie y de las necesidades inmediatas de semilla tanto en cantidad como en calidad (Ledig 1974; Quijada 1980).

El método de propagación para incluir los árboles seleccionados en huertos semilleros, puede ser asexual (vegetativa) o sexual. La propagación sexual, es la producción de plántulas a partir de la semilla. La propagación vegetativa se refiere al enraizamiento de estacas, enjertación, cultivo de tejido u otro metodo de propagación que no use semilla (Quijada, 1980).

Mertens (1983) indica que las mejores características para seleccionar en plantación especies como el *Pinus radiata* son: altura, número de verticilos, espesor relativo de las ramas y número de ramas por verticilos. Mertens *et al.*, (1987) reportan como criterios de selección para *Eucaliptus globulus*, rectitud de fuste, fuste limpio, presencia de bifurcaciones en el tronco y la posición social de los árboles con respecto a sus vecinos. Salazar y Boshier, (1989) reportan como criterios de selección para *Gmelina arborea*, *Cupressus lusitanica* y *Gliricidia sepium*, fuste limpio sin bifurcaciones, sin torcedura basal, libre de estrías, sin corteza espiral, ramas delgadas, con el objetivo de producción de madera aserrada y de uso múltiple

En la selección masal se mezcla la semilla sin consideración de las relaciones familiares ni del valor genotípico de estos individuos. Implica la selección de los individuos únicamente con base en sus fenotipos, permitiendo luego el libre cruzamiento entre ellos (Quijada 1980). La selección de los individuos únicamente con base en sus fenotipos, permite el libre cruce entre ellos. La selección masal funciona mejor en el caso de características altamente heredables, donde el fenotipo es un buen reflejo del genotipo, tales como para características morfológicas de rectitud de fuste y hábito de ramificación, entre otras. Por otra parte se ha probado que la selección masal no es el método más efectivo para aumentar la productividad de variedades o de especies bien adaptadas de plantas cultivadas (Patiño y Villareal 1976; Zobel y Talbert 1988).

La selección por familias, permite mantener un control de las relaciones parentales en la progenie resultante, lo que facilita una evaluación continua del valor genético de los árboles selectos. Este tipo de selección se aplica para características de poca heredabilidad; las relaciones familiares más comunes son las de fratrias (hermanos) y semifratrias (medio-hermanos).

Diferentes procedimientos y ciclos de evaluación, agrupados bajo el término genérico de selección recurrente son el método más común utilizado en la generación de nuevos árboles con características genéticas superiores. La selección recurrente permite la

eliminación de árboles originalmente selectos, así como incorporar nuevas selecciones (Quijada 1980). La selección recurrente es un proceso sistemático de selección de individuos dentro de una población genéticamente heterogénea, seguido de la recombinación de los individuos seleccionados para formar una nueva población (Geraldini 1997). La selección recurrente comprende las etapas de selección, evaluación y recombinación de un grupo de individuos.

En el caso de rodales semilleros, la selección se hace sobre un espacio definido, el cual normalmente es un rodal plantado de origen conocido, o a veces un rodal natural, que presente características buenas de desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo y que cubre un área suficiente para garantizar una producción mínima de semillas.

En el caso de huertos semilleros, se toma como referencia el área total dentro de una región climática natural o de plantación. A fin de tener una buena base inicial de trabajo, la selección puede comenzar en los mejores rodales de las mejores procedencias (Quijada 1980).

3.7. Criterios de evaluación y selección de árboles

El éxito de cualquier sistema de selección depende de la capacidad de explorar las limitaciones que se tengan de la eficiencia del origen genético y de origen ambiental. Existen varias consideraciones para iniciar un proceso de selección tal como la selección del área o sitio. El sitio juega un papel primordial en la expresión fenotípica del árbol. No solo modifica el potencial de crecimiento, sino que influye considerablemente en la forma del fuste y características de la copa. Es lógico suponer que no hay razón para pensar que en sitios pobres no hubiera buenos genotipos (Correa 1991). Por esta razón la búsqueda de buenos fenotipos no debe limitarse a los mejores lugares (Kedarnat y Mattheus 1979; Mesen 1983).

3.8. Selección de árboles testigos o por comparación

Método más usado en la selección de árboles superiores en rodales incoetáneos, pero también se puede utilizar en rodales coetáneos. De hecho, genera los mejores

resultados cuando se cuenta con buenos rodales coetáneos de una edad conveniente; esto permite comparar los árboles seleccionados y los testigos circundantes de la misma especie. En la comparación se evalúa: diámetro a 1.30 m, altura total, altura del fuste limpio, tamaño de copa, edad, ajuste por edad, volumen, diámetro de ramas, ángulo de ramas, forma de copa y rectitud del fuste (Zobel y Talbert 1998).

3.9. Selección por regresión

El sistema de regresión es uno de los métodos más adecuados para evaluar árboles en rodales mixtos multietáneos ó de distinta edad (Nienstaedt 1986; citado por Plancarte 1990). Este sistema requiere elaborar tablas donde se relacionen las características de interés con la edad del árbol. El método de regresión es de particular importancia respecto a las características de crecimiento, ya que las características cualitativas con frecuencia sólo pueden determinarse con base en el fenotipo del árbol candidato, sin la necesidad de utilizar árboles para comparación (Zobel y Talbert 1998).

3.10. Sistemas del árbol madre

Método que consiste en localizar árboles de buenas características fenotípicas, siendo estos de los más sobresalientes dentro del rodal para obtención de semillas. Luego de ensayos genéticos para posteriormente la obtención de los mejores progenitores de huertos vegetativos. La principal desventaja del sistema de selección del árbol madre radica en el tiempo requerido para obtener semillas comerciales, las principales bondades del método radica en obtener buenos resultados ante problemas de enfermedades (Zobel y Talbert 1998).

3.11. Sistema de puntaje subjetivo

Para aplicar la valorización subjetiva, el seleccionador debe conocer muy bien el ámbito de variabilidad de la especie para identificar un buen árbol, y se usa cuando la población está formada por árboles aislados (Correa, 1991). La tendencia, al utilizar este sistema, es dedicar el menor tiempo posible a la búsqueda de los árboles candidatos, seleccionando así árboles menos sobresalientes con diferenciales de selección más pequeño (Zobel y Talbert, 1988). El objetivo de usar árboles

comparadores, es el de ajustar o corregir el valor fenotípico del candidato por efectos ambientales comunes al sitio, pero distinguibles de otros ambientes comunes al sitio (Leidig, 1974; Kedharnat y Matteheus, 1979).

Los árboles deben ser escogidos con el mayor cuidado posible, ya que constituyen la fuente de semilla. La resistencia al viento es una consideración primordial, tan importante que el método no puede ser adoptado si los árboles pueden ser fácilmente arrancados por el viento.

El criterio más seguro de la valoración subjetiva lo proporciona el estado de madurez fisiológica del árbol dado por la edad para los rodales coetáneos. Los árboles de la clase dominante muestran mejor desarrollo de la copa y suelen producir más semilla que aquellos de las clases de copas inferiores por ello se debe escoger entre las copas dominantes (Hawley, 1992).

El sistema de selección subjetivo ha sido utilizado con éxito en especies latifoliadas. Cabe destacar que el procedimiento de selección puede fallar cuando el personal no cuenta con la experiencia necesaria (Zobel y Talbert 1988). El sistema de puntaje de selección fenotípica ha sido incorporado con éxito por Maldonado y Escobar (1999) en la especie *Schizolobium parahybum* especie nativa desde México hasta Brasil.

3.12. Edad y desarrollo de los árboles padre

La edad de los árboles constituye la base para calcular el incremento de madera por año de los bosques. Un método seguro para determinar la edad de los árboles para el uso de plantaciones establecidas, es mediante los registros; ellos contienen las fechas en los que se realizaron las plantaciones (Mesén 1995).

Los árboles de menor edad no son convenientes pues demora la producción de semilla se retrasaría y en los primeros años de producción sería de calidad inferior. Asimismo, las plantaciones maduras no intervenidas son inmaduras, puesto que no responden en forma rápida a los raleos y las copas ya no darán un desarrollo suficiente como para

garantizar buenas cosechas. También los árboles muy grandes dificultan la recolección de semillas. Finalmente, no es recomendable elegir árboles con rebrotes, pues los árboles ya no representan sus formas originales y, por eso no es posible seleccionar los mejores fenotipos en tales plantaciones (Van 1989).

Según Jara (1994), la selección de las características a evaluar depende de la especie, la edad de los rodales y el objetivo de la producción. Algunas características aplican a sólo a ciertas especies, por ejemplo la producción de resinas. En algunas especies ciertos defectos o plagas son tan importantes que requieren de una evaluación por separado, tal es el caso del barrenador de las meliáceas (*Hypsiphylia grandela*) y de la “cola de zorro” en pinos; por lo tanto, es imposible dar una lista de características, que se evalúen en todas las circunstancias. Sin embargo, las características comunes en cualquier metodología de evaluación para la selección de árboles semilleros son altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), forma del fuste, con énfasis en rectitud, y sanidad.

4. LITERATURA CITADA

- Balcorta, M. H. y Vargas Hernández J. J. 2004. Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de melina (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) de tres años de edad. Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente. 10(1):13-19 p.
- Cámara, Cabrales L. y Snook L. 2001. Producción de fruto y semilla de caoba en ejidos de la Zona Maya, Quintana Roo. CIFOR. Folleto. 95 p.
- Cano, P. A. Berlanga R. C. A. Castillo Q. D. Martínez B. O. U. y Zárate L. A. 2005. Análisis dimensional y tablas de producción de sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) para el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 18. Coahuila, México. 24 p.
- Castillo, Q. D. y J. T. Sáenz, R. 2005. Tarifa de rendimiento de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para el sureste de Coahuila. Campo Experimental Saltillo, INIFAP-CIRNE. Folleto Técnico Núm. 19. Saltillo, Coah., México. 23 p.
- CONAFOR. 2004. Programa Nacional para el Manejo de los Recursos Genéticos Forestales. 1ª ed. Comisión Nacional Forestal, México. 34 p.
- Correa, E. Cornelius J. P, Mesén J. F, Corea E. A. 1991. Selección de árboles plus. En (eds.). Manual sobre MGF con referencia especial a América Central. Turrialba, C. R., CATIE.
- Daniel, P. W., V. E. Helmes y F. S. Baker, 1982. Principios de silvicultura, 28 ed. McGraw-Hill, México, 492 p.
- FAO, 1980. Mejora Genética de Arboles Forestales. Estudio FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, Montes, 20 p.
- FAO. 2007. Situación de los bosques del Mundo 2007, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 143 p. [<http://www.fao.org>].

- Gómez, T. J. y Jasso, M. J. 1955. Variación morfológica de frutos de *Swietenia macrophylla* King (caoba). *In: Il Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 11 p.*
- Grogan, J; Barreto, P; Veríssimo, A. 2002. Mahogany in the Brazilian Amazon: ecology and perspectives on management. Brasi, Belem, Imazon: 58 p.
- Gueilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor, Manual de agroforestería para el desarrollo rural Turrialba, Costa Rica, CATIE 414-415 p.
- Jara, L. F. 1994. Identificación y selección de rodales semilleros. *In: curso nacional sobre selección y manejo de rodales semilleros (1994, San Salvador. Sal) Memorias, Turrialba, C.R., CATIE.*
- Kedharnat, S. Mattheus, J. D. 1979. Improvement of teak by selection and breeding. *India forester. Indian Academy of Sciences, 88. 277p.*
- Lamb, B. F. 1966. Mahogany of tropical America. Its ecology and management. EEUU, The University of Michigan Press. 220 p.
- Little, E. L. Wadsworth, F.; Marrero, J. 1977. Árboles comunes de Puerto Rico y Las Islas Vírgenes. Edit. Universidad de Puerto Rico. 2da edición. Ed. San Juan, P.R. 731 p.
- Martinez, B. H. 2002 “La región y las regionalizaciones en Jalisco” en geografía y gestión territorial. Año 1 Vol. 1 Guadalajara, Jal. México Departamento de Geografía y Ordenación Territorial U de G Septiembre–Diciembre de 2002
- Mayhew, J. E. Newton, A. C. 1998. The silviculture of mahogany. Edinburgh, UK, University of Edinburgh, A C Newton, Institute of Ecology and Resource of Management, University of Edinburgh , CABI Publishing. 226 p.
- Mertens, P. 1983. Criterios de selección de *Pinus radiata* D. Don para árboles y rodales semilleros. Cajamarca, Perú. CICAFOR, INFF y CTB. 27 p.

- Mesén, F. 1995. Selección de especies y procedencias forestales. Manual sobre mejoramiento genético forestal, con referencia especial en América central Centro Agronómico Trópico de Investigación y Enseñanza Turrialba, Costa Rica. 179 p.
- Mulawarman, J. M. Roshetko, S. M. Sasongko and D. Irianto. 2003. Tree Seed Management–Seed Sources, Seed Collection and Seed Handling: A Field Manual for Field Workers and Farmers. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) and Winrock International. Bogor, Indonesia. 54 p.
- Navarro, C. 1999. Diagnóstico de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Silvicultura-Genética. San José, Costa Rica, 25 p.
- Owens, J. N. 1995. Constraints to seed production: temperate and tropical forest trees. *Tree Physiology* 15: 477-484 p.
- Patiño, F. 2002. Estudio de la diversidad genética en poblaciones de caoba y cedro para fines de conservación y mejoramiento genético, en la Península de Yucatán. Proyecto de Investigación. INIFAP-CIRSE. Mocochoá, Yucatán, México. 156-201 p.
- Patiño, V. M.; Villareal, C. R. 1976. Algunos conceptos del establecimiento de áreas semilleras. *Ciencia forestal*, Vol I, No. 2 México. 46-50 p.
- Plancarte, B. A. 1990. Selección de árboles superiores. Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Memoria. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo. México. 51-58 p.
- Prieto, R. J. A. y López, U. J. 2006. Colecta de semilla forestal en el género *Pinus*. Folleto técnico No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. SAGARPA-INIFAP. Durango, Dgo. 41 p.
- Quijada, M. 1980. Selección de árboles forestales. En mejora genética de árboles forestales: informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora

- genética de árboles forestales, Mérida, Venezuela. Estudio FAO: Montes No. 20 169-176.p.
- Robbins, A. M. J. 1980. Fuentes semilleras forestales, curso sobre organización y técnicas de programas semilleros, Siguatepeque, Honduras.
- Robbins, C. 2002. Mahogany matters: the US market for big-leafed mahogany and its implications for the conservation of the species. Washington, D.C. TRAFFIC North America.
- Rudolf, Paul. O. 1956. Guide for selecting superior forest trees and stands in the lake states. Lake States Forest Expt. Sta. Paper 40-32 p. Selection phenotypic.
- Salazar, R. Boshier, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE-ROCAP. Serie técnica No. 148.77 p.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberon, R. Dirzo, J. Llorente Bousquets, G Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 104 p.
- Swedforest, C. 1986. Evaluación de rodales semilleros; instrucciones para la toma de datos de campo. Managua, Nicaragua. IRENA/CORFOP/INTECFOR/DANIDA.
- Vera, C. G. y Dorantes, L. J. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Sur y Sureste de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/61S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. Pp. 48.
- Wightman, K. E. Shear, T. Goldfarb, B. and Haggar, J. 2001. Nursery and field establishment techniques to improve seedling growth of three Costa Rica hardwoods. *New Forest* 22: 75-96.

Wright, J. W. 1964. Mejoramiento genético de los arboles forestales. Roma Italia FAO.
Estudios de silvicultura y productos forestales N° 16. Roma. pp. 436.

Zobel, B. J.; Talbert, J. P. 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles
Forestales. Ed. Limusa. México D. F. 545 p.

CAPÍTULO II. SELECCIÓN Y VARIACIÓN FENOTÍPICA DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* KING), EN TENOSIQUE, TABASCO MÉXICO

SELECTION AND PHENOTYPIC VARIATION IN CAOBA (*Swietenia macrophylla* KING), IN TENOSIQUE, TABASCO MEXICO.

Héctor Javier Megía Vera ^a, Ángel Sol Sánchez ^{a*}, Julián Pérez Flores ^a, Javier López Upton ^b

* Author for correspondence: a Graduate College Campus Tabasco, LPI-2, H. Cardenas, Mexico, tel. 52 (937) 372275 ext. 5036, email sol@colpos.mx
b Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Mexico.

SUMMARY

The rapid degradation and loss of forest genetic resources demands implementation of programs of protection, conservation and restoration. The problems of supply of seed and plant production for the establishment of plantations need to develop programs to locate trees with outstanding phenotypic characteristics. The aim of this study was to identify and characterize phenotypically progenitor trees of mahogany (*Swietenia machophylla* King) in the Forest Management Region (UMAF 2702ST Sierra Tenosique, Tabasco, México). The trees were georeferenced and in each one were measured: total height (At, m), diameter (DBH, cm), length of the cup (Lk, m), stem straightness (R) and health (S). It was performed a descriptive statistical analysis, a principal component analysis (PCA) and a correlation analysis between At and DAP with R. It was identified and characterized 25 mahogany trees, 15 were located in grassland, and 10 were located in fragmented forest. The predominance of mahogany trees in pastures denotes a dysgenic selection due to anthropic activities leading to loss of the best trees. The average diameter was 46.2 ± 4 m and At 21.8 ± 8.3 m. The PCA separated righteousness (R) and health (S) from the rest of the evaluated variables to be separated more than 90°. This study identified, located and described mahogany trees potentially useful as a local seed source.

Key words: mahogany, germplasma, variation, selection, phenotypic,

SELECCIÓN Y VARIACIÓN FENOTÍPICA DE CAOBA (*SWITENIA MACROPHYLLA*), EN TENOSIQUE, TABASCO MÉXICO.

Héctor Javier Megía Vera ^a, Ángel Sol Sánchez ^a, Julián Pérez Flores ^{*a}, Javier
López Upton ^b

***Autor de correspondencia:** ^a Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, LPI-2,
H. Cárdenas, México, tel. 52(937)372275 ext. 5036, correo julianflores@colpos.mx

^b Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Texcoco, México.

RESUMEN

La acelerada degradación y pérdida de los recursos genéticos forestales demanda la ejecución de programas de protección, conservación y restauración. Los problemas de abastecimiento de semilla y producción de plantas para el establecimiento de plantaciones requieren desarrollar programas para la localización de árboles con características fenotípicas sobresalientes. El objetivo del estudio fue identificar y caracterizar fenotípicamente árboles progenitores de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la Unidad de Manejo Forestal (UMAF 2702ST) Sierra de Tenosique, Tabasco, México. Los árboles fueron georeferenciados y en cada uno se midió: altura (At, m), diámetro (DAP, cm), longitud de la copa (Lc, m), rectitud del fuste (R) y sanidad (S). Se realizó un análisis estadístico descriptivo, uno de componentes principales (ACP) y una correlación entre At y DAP con la R. Se identificaron y caracterizaron 25 árboles de Caoba, 15 de ellos fueron ubicados en pastizales y 10 en selva fragmentada. La predominancia de árboles de caoba en los pastizales denota una selección disgénica originada por actividades antrópicas que provoca una pérdida de los mejores árboles. El DAP promedio fue de 46.2 ± 4 m y la At 21.8 ± 8.3 m. El ACP permitió separar la rectitud (R) y sanidad (S) del resto de las variables evaluadas al estar separadas a más de 90°. El presente estudio identificó, ubicó geográficamente y caracterizó árboles de caoba potencialmente útiles como fuente local de semilla.

Palabras clave: caoba, germoplasma, variación, selección, fenotípica.

2. INTRODUCCIÓN

El equilibrio entre el uso y la conservación de los recursos genéticos forestales (RGF) es crucial para el desarrollo forestal (Ouédraogo, 1997). Ambas actividades son mutuamente incluyentes, por lo que pueden llegar a ser compatibles a través de un programa de mejoramiento genético forestal (Gutiérrez, 2003). Sin embargo el hombre cada vez ejerce mayor presión sobre los recursos naturales y sobre los ecosistemas forestales, principalmente en las regiones tropicales. Para revertir los daños de esta pérdida se establecen programas de reforestación y conservación de RGF.

El valor económico actual, las posibilidades de comercialización y el uso inmediato de algunas especies forestales determinan su conservación. Sin embargo, debido a la sobrepoblación, y a la necesidad de cambio de uso de suelo, aún las especies de mayor valor económico (como la caoba, *Swietenia macrophylla* King) enfrentan problemas de conservación. Estos problemas se reflejan en la deficiente recolecta y producción de semillas forestales, que es primordial para el éxito de todo programa de reforestación (CONAFOR, 2010).

El empleo adecuado de unidades productoras de germoplasma forestal (UPGF), es un medio para la conservación y mejoramiento genético forestal, de esta manera se obtienen plantas con mejor calidad que pueden plantarse en lugares ecológicamente aptos para su mejor desarrollo, y ayuda a tener un mejor control del movimiento de germoplasma forestal (Mulawarman *et al.*, 2003).

México es uno de los países que cuenta con mayor biodiversidad en el mundo (Challenger 1998, Castillo y Toledo 2000, CONAFOR 2003), pero también es uno de los que registra mayor tasa de pérdida de superficie boscosa (Masera *et al.*, 1997). Según el Inventario Nacional Forestal del año 2000 se reporta una tasa de deforestación de 370 mil a 1,500 millones de ha por año, esto es 0.8 y 2% anual de la superficie del país (Velázquez *et al.*, 2001). Se estima que la superficie forestal (bosque templado) original del país ha disminuido o se ha deteriorado en al menos 50% (Velázquez *et al.*, 2001) y otro tanto ha ocurrido con el 90% de la superficie original en selvas altas (Masera 1998). En las regiones tropicales, y en México en general el ritmo

con que se procura conservar y reforestar es mucho menor que la tala y pérdida anual de las principales comunidades con vegetación primaria (FAO 2005).

En el caso de la Unidad de Manejo Forestal (UMAF 2702ST) Sierra de Tenosique persiste un acelerado proceso de degradación de los recursos naturales, con una pérdida importante de los recursos forestales maderables y no maderables. Las principales causas de esta pérdida son la extracción clandestina de especies maderables y no maderables, el crecimiento de superficies agrícolas y ganaderas y el aumento del área urbana (Sarukhán *et al.*, 2009, CONAPO 2009), así como los continuos incendios forestales.

Se requiere de una acción colectiva de los productores, con el apoyo de políticas de gobierno en coordinación con instituciones de investigación, para propiciar medidas de conservación de las especies vegetales vulnerables o en peligro de extinción (Méndez *et al.*, 2007, Rosa y Haridasa 2007), actualmente el gobierno federal a través del programa nacional de desarrollo forestal, crea una normativa para la gestión de unidades productoras de germoplasma forestal, UPGF (CONAFOR 2001).

Por todo ello el objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar fenotípicamente árboles progenitores de caoba en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México, que sirvan como progenitores.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La presente investigación se realizó en la Unidad de Manejo Forestal (UMAF 2702ST) Sierra de Tenosique Tabasco. Esta se ubica en la Región de los Ríos al Sur del Estado de Tabasco entre los 17° 13' 22" y 17° 28' 34" LN, y 90° 57' 08" y 91° 39' 02" LO. Colinda al Norte con el municipio de Balancán, al Sur con el estado de Chiapas y la República de Guatemala, al Este con Guatemala, al Oeste con los municipios de Emiliano Zapata, Tabasco y Chilón, Chiapas (Figura 1). Se conforma de 41 comunidades, de las que Arena de Hidalgo, Redención del Campesino, Ignacio Allende, Álvaro Obregón, Rancho Grande y Lic. Adolfo López Mateos son las comunidades que concentran el mayor número de población, sin embargo esta no supera los 2500 habitantes (CONAPO 2000).

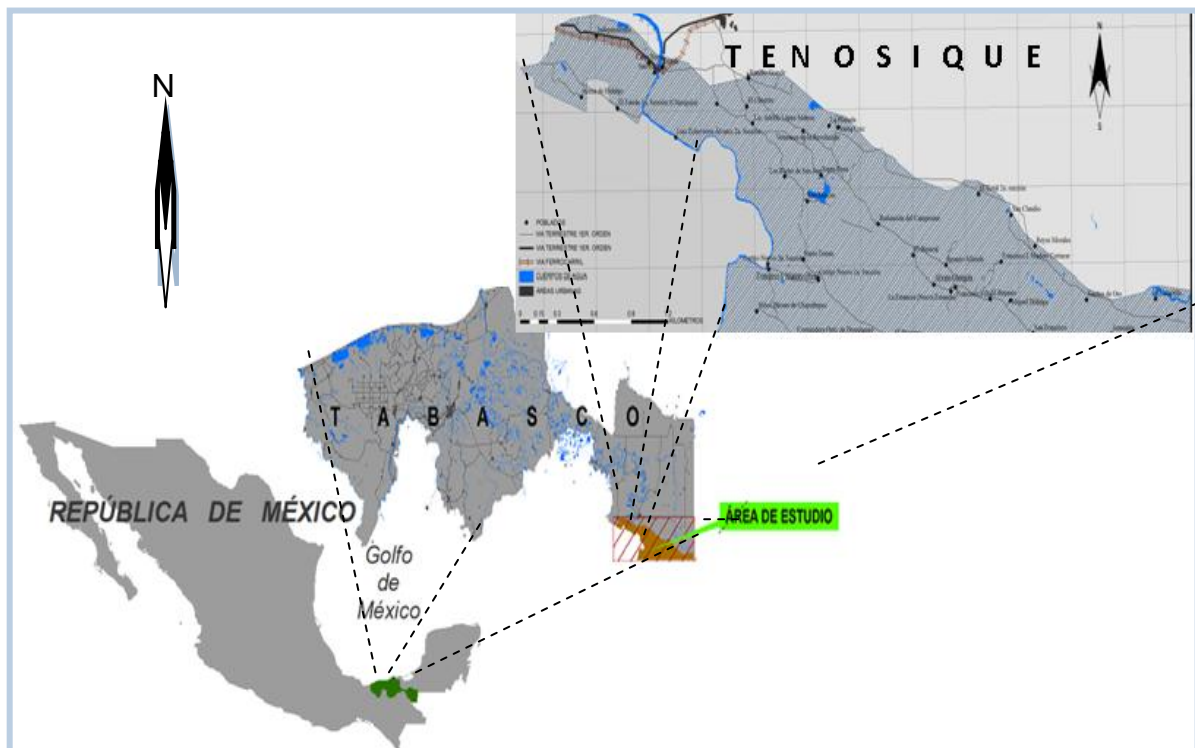


Figura 2.1 Localización geográfica del área de estudio.

El Clima. De acuerdo al sistema de clasificación de Köeppen, modificado por García (1964), la UMAF 2702ST Sierra presenta clima cálido húmedo, con lluvias todo

el año identificado como Af(m)w"(i)g, con una precipitación media anual superior a los 2000 mm, presentando en los meses de Julio-Agosto una sequía intraestival.

Suelos y fisiografía. Los suelos predominantes en la UMAF 2702ST son los Fluvisoles, Cambisoles, Leptosoles, Luvisoles, Arenosoles, Vertisoles y Gléysoles; ahora bien, la altitud varía de 200 a 1000 msnm (ECODET, 2011). Esta variación en la altitud origina tres zonas fisiográficas:

a) La zona sierra caracterizada por un paisaje de cerros dómicos y cónicos y geoformas semionduladas con altitud de 60 a 1000 msnm. La altitud aumenta conforme se avanza hacia al sur desde los ejidos de los Rieles de San José hasta el ejido de Corregidora Ortiz de Domínguez.

b) La zona de lomeríos se caracteriza por presentar lomeríos suaves a una elevación de 20 a 60 m, tiene pendientes que han favorecido problemas de erosión superficial. Esta área de lomeríos inicia del ejido Redención del Campesino, Francisco Villa, Ignacio Allende, hasta el ejido San Francisco que es frontera con la República de Guatemala.

c) La zona del valle caracterizada por presentar un relieve cóncavo, esta zona se ubica en las partes más bajas de la UMAF 2702ST Sierra y corresponde a los ejidos de San Carlos, Sueños de Oro, hasta el ejido Carlos Pellicer Cámara.

Caracterización de la variación fenotípica del arbolado. La caracterización de los árboles de caoba se inició con recorridos de campo en las tres zonas fisiográficas de la UMAF 2702ST. Para el recorrido de campo en las áreas de mayor grado de conservación se contó con la ayuda de un guía. En cada ambiente se realizó un análisis visual para identificar árboles de caoba con características fenotípicas sobresalientes. En los sitios donde se identificaron árboles sobresalientes se registró la altitud (msnm), la pendiente y la posición geográfica.

Los árboles identificados se marcaron con pintura permanente asignándoles una clave con el nombre común del árbol, ejido y número ascendente. De cada árbol se registró el diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.30 m), altura total (At, m), fuste limpio (Fl, m), rectitud del fuste (R), longitud de copa (Lc, m), y sanidad (S). La altura total de cada árbol se obtuvo con pistola Haga; el DAP, se obtuvo con una cinta diamétrica. Para las variables R y S se empleó el sistema propuesto por Swedforest (1986) y

Salazar y Boshier (1989). La R tuvo seis categorías: (1) deforme, (2) muy torcido, (3) torcido, (4) regular, (5) aceptable y (6) completamente recto. El criterio para definir estas categorías fue número de torceduras en el fuste, así la categoría 1 tenía más de 5 torceduras y la categoría 6 ninguna (Figura 2). La sanidad se registró con 0 y 1 para árboles enfermos y sanos, respectivamente.

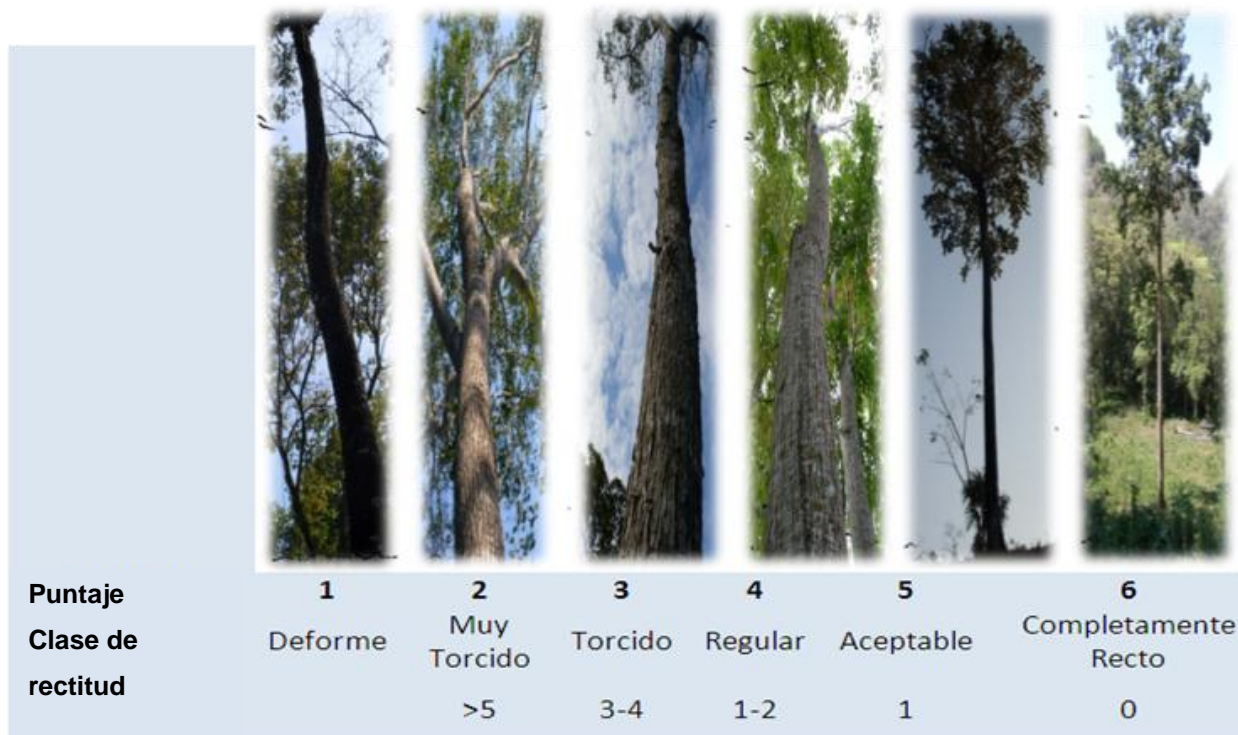


Figura 2.2. Categorías y diagrama de rectitud de fuste (Swedforest 1986 y Salazar y Boshier 1989).

Selección de árboles superiores. Posteriormente se realizó una discriminación de estos árboles, para seleccionar los mejores fenotipos. Si el árbol candidato resulto ser superior al resto del arbolado se consideró como selecto, es decir, un posible árbol recomendado para semillero.

Análisis Estadístico. Se realizó un análisis estadístico descriptivo y un análisis de componentes principales. En el análisis estadístico, se consideró la distribución de frecuencias, la media, la varianza y la desviación estándar para el DAP, FI, Lc, At y R, y se realizó una correlación entre estas variables. En el análisis de componentes principales y características fenotípicas se estimó la distribución de caoba en las

comunidades que comprenden la UMAF 2702ST Sierra. Para las variables paramétricas DAP, FI, Lc y At también se realizó un diagrama de Box Plot.

2.3. RESULTADOS

La recolecta de semilla, es una actividad crucial en los programas de mejoramiento genético. En la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique se ubicaron 25 árboles de caoba, con características de árboles semilleros. Estos árboles se ubicaron en pastizal y en selva fragmentada (60 y 40%, respectivamente) (Figura 2.3).

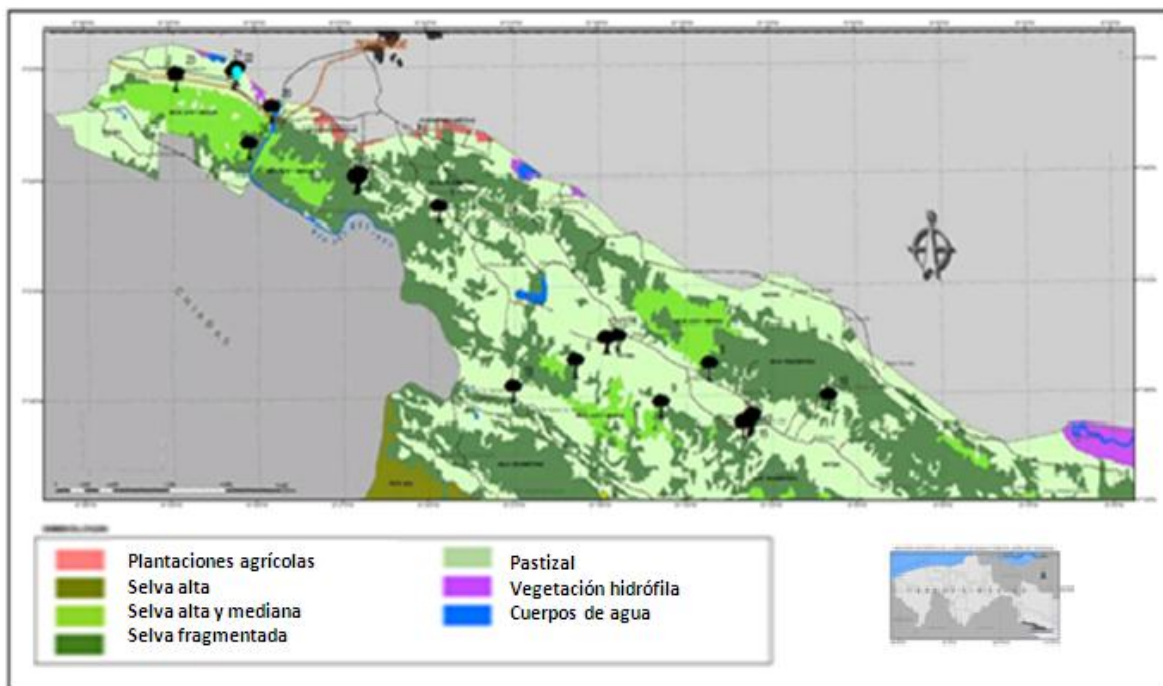


Figura 2.3. Distribución de árboles de caoba en las condiciones fisiográficas de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, Tabasco, México.

De 43 localidades comprendidas en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, en 11 de ellas se registraron árboles de caoba (Figura 2.4). En cuatro de estas 11 localidades, se ubicaron 17 de los 25 árboles seleccionados. La característica que comparten estas localidades es su localización en zona de lomeríos.

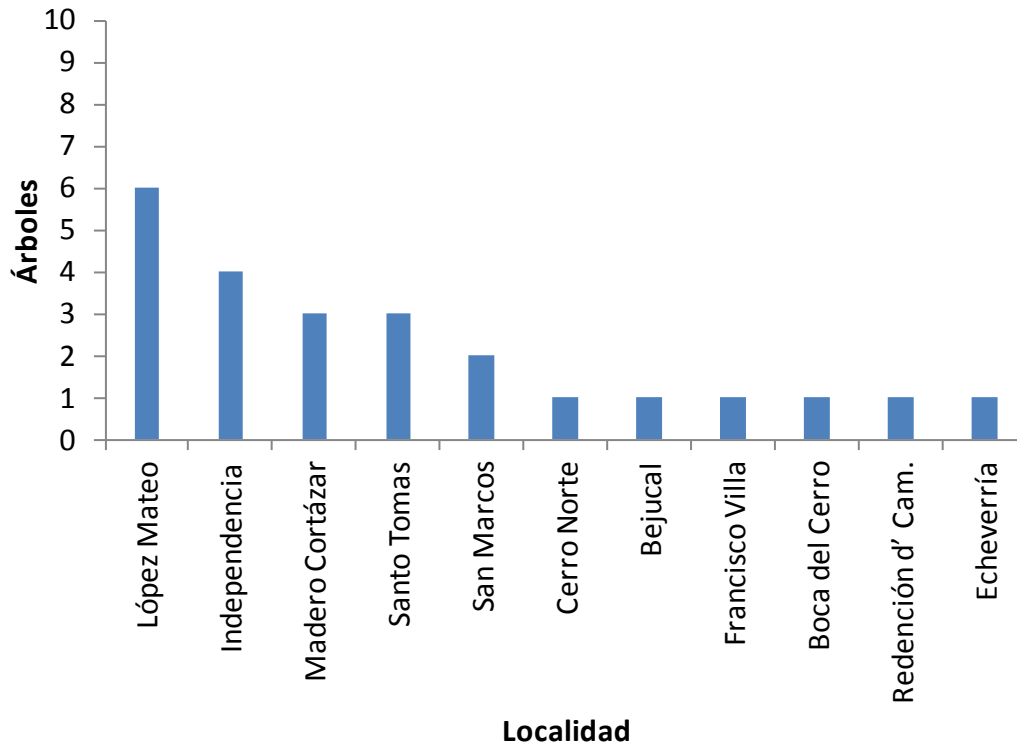
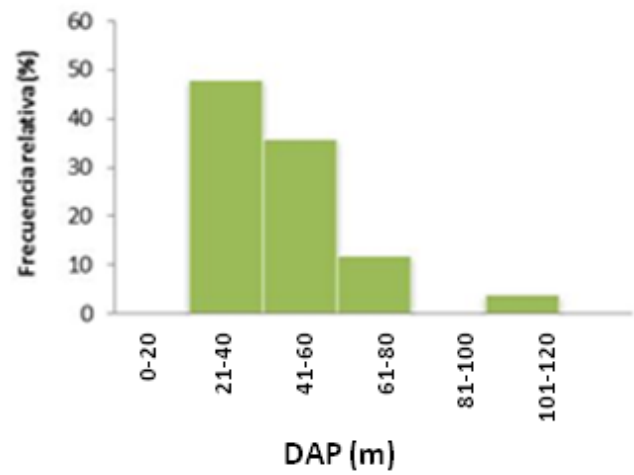
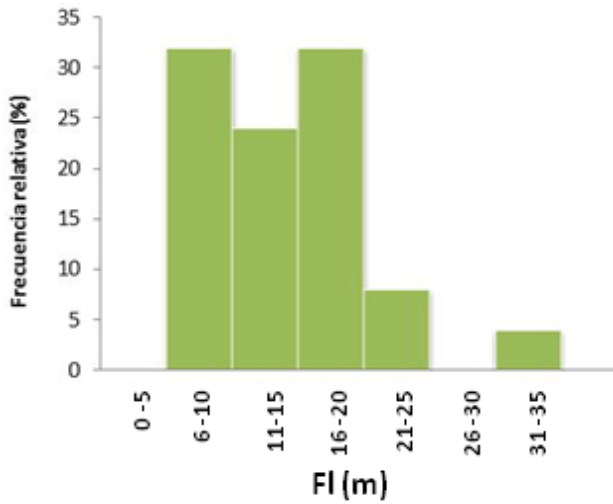


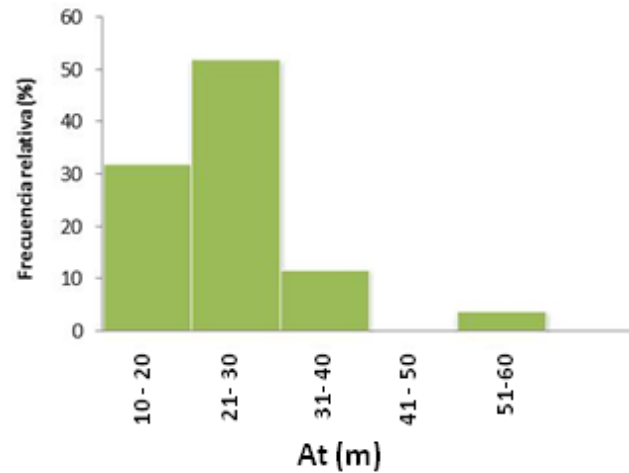
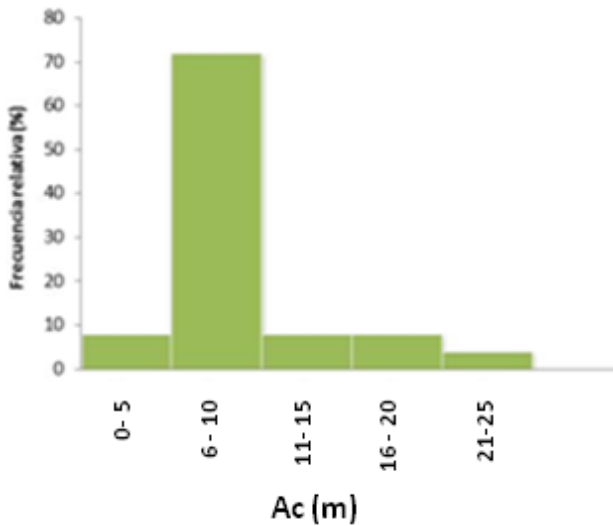
Figura 2.4. Número de árboles registrados por localidad en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México.

El DAP más frecuente fue de 41.6 a 58.8 cm con un registro de 12 árboles (48%) del total (Figura 5a); la altura de fuste limpio tuvo un comportamiento semejante a la longitud de copa (Figuras 5b y Figura 5c), en tanto que el intervalo de clase de entre 27.2 a 34.8 m altura fue el más frecuente con 13 árboles (57.17%) del total (Figura 5d).



a)

b)



c)

d)

Figura 2.5. Histogramas de clases de las variables diámetro a la altura del pecho (1.30, m), fuste limpio, longitud de copa y altura total de los 25 árboles seleccionados.

Los datos presentan una amplia variación; todas las variables, At, DAP, FI y Lc presentan un CV mayor de 38%, lo que puede deberse a diferencias en la edad de los árboles, su calidad genética, así como a posibles diferencias en la calidad de los sitios en donde se localizaron estos árboles. El alto CV en todas las variables representa un potencial para aumentar la productividad para las variables paramétricas. Como ocurre

en poblaciones de *Gmelina arborea* Linn que también es una especie tropical (Hodge y Dvorak, 2003).

Además, sin variación no es posible hacer mejoramiento genético, por lo tanto la alta variación encontrada entre los árboles de caoba de la UMAF 2702ST Sierra, representa una fuente útil para iniciar programa de selección y mejoramiento genético de esta especie.

Cuadro 2.1. Estadísticos descriptivos de las variables paramétricas medidas en árboles de *Swietenia macrophylla* en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, Tabasco.

VARIABLES	PROMEDIO \pm Dev	Max	Min	CV
DAP	46.24 \pm 19.96	108	25	43.16
FL	13.39 \pm 5.67	30	5	42.35
LC	8.28 \pm 3.99	20	4	48.22
AT	21.82 \pm 8.29	50	12	38.00

Dap: Diámetro a la altura del pecho (m), FL: fuste limpio (m), Ac: Longitud de Copa (m), At: Altura total (m).

El análisis de las cajas de tukey “Box-Plot” de las variables paramétricas en estudio tienen un límite de prolongación, siendo valores atípicos (valores extremos) los que se separan del cuerpo principal, los cuales se ilustran con el signo (o). La distribución de cada variable indica en general simetría. Para el fuste limpio aunque presenta los valores extremos dispuesto por la variación en edad de los individuos evaluados, no obstante, el 50% de las observaciones en la caja indican una mayor equidad entre número de individuos; para las variables DAP y Lc, la distribución es asimétrica positiva indicando una desproporción de individuos debido a que el número de observaciones se cargan al primer cuartil, es notable que la variable Lc alcanza valores extremos (Figura 2.6).

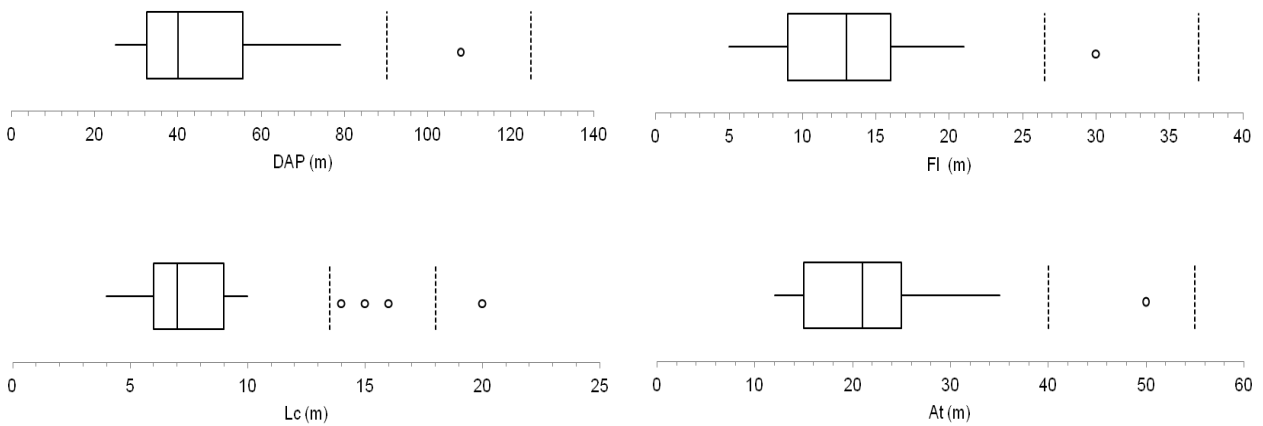


Figura 2.6. Diagrama de Box Plot, Variable DAP: Diámetro a la altura del pecho, FI: Fuste limpio, Lc: Longitud de Copa, At: Altura total.

El 45% de los árboles observados presentan entre 55-80 cm de DAP, indicando que estos árboles se encuentran en su punto óptimo para la producción de germoplasma de calidad, Kometter *et al.*, (2004) señala que los árboles de importancia comercial son aquellos con un DAP > de 35 cm. El 45% de los arboles tienen una altura > 10 y < 20 m. Para la variable longitud de copac, el 65% de árboles se encuentra entre los 8.3 y 20 m como máximo, la altura total oscila entre los 12-21 m, por lo tanto se observa que en los árboles en conjunto presentan características de alta variabilidad, (Figura 2.6).

Distribución fenotípica. El análisis de componentes principales permitió analizar la interdependencia de variables fenotípicas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad, los autovectores e1 y e2 presentaron la mayor variabilidad (90%).

Cuadro 2.2. Datos estandarizados de componentes principales para las variables DAP, S, FL, At y R, evaluadas en 25 árboles de 11 comunidades de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, México.

Autovalores Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum.	Variables	Autovectores	
					e1	e2
1	3.81	0.63	0.63	DAP	0.48	-0.14
2	1.08	0.18	0.81	S	0.14	0.9
3	0.83	0.14	0.95	FL	0.48	-0.27
4	0.25	0.04	0.99	Lc	0.45	0.26
5	0.04	0.01	1	At	0.51	-0.04
6	5.20 E-04	8.70 E-05	1	R	0.24	-0.15

Dap: Diámetro a la altura del pecho (m), FL: fuste limpio (m), Lc: Longitud de Copa (m), At: Altura total (m) y Rectitud.

La figura 2.7 presenta el gráfico de componentes principales. El primer componente (CP1) separa la rectitud (R) y sanidad (S) del resto de las variables evaluada. Por tanto la mayor variabilidad entre las características fenotípicas se explica con estas dos variables al estar separadas a más de 90°. Esta mayor variabilidad se da por los diferentes tipos de ecosistemas que se encuentran en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique (relieve, microclima, precipitaciones, suelo) favoreciendo la variabilidad y por selección disgénica (aprovechamiento de los mejores individuos) contribuye con la pérdida de la variabilidad al dejar los árboles con características fenotípicas no deseables (árboles deformes, con plagas y enfermedades). De esta manera se da origen a la erosión fitogenética de los recursos forestales en comparación con las variables de Lc, At, DAP y FL que comparten la menor variabilidad. Asociando estas características. Igualmente se forma otro conjunto de procedencias. Que comparten características en común grupo uno como son sanidad en comparación a el grupo tres, sin embargo el grupo dos recibe los pesos más negativos más altos el grupo tres, es el único que se aleja al no compartir las características fenotípicas evaluadas.

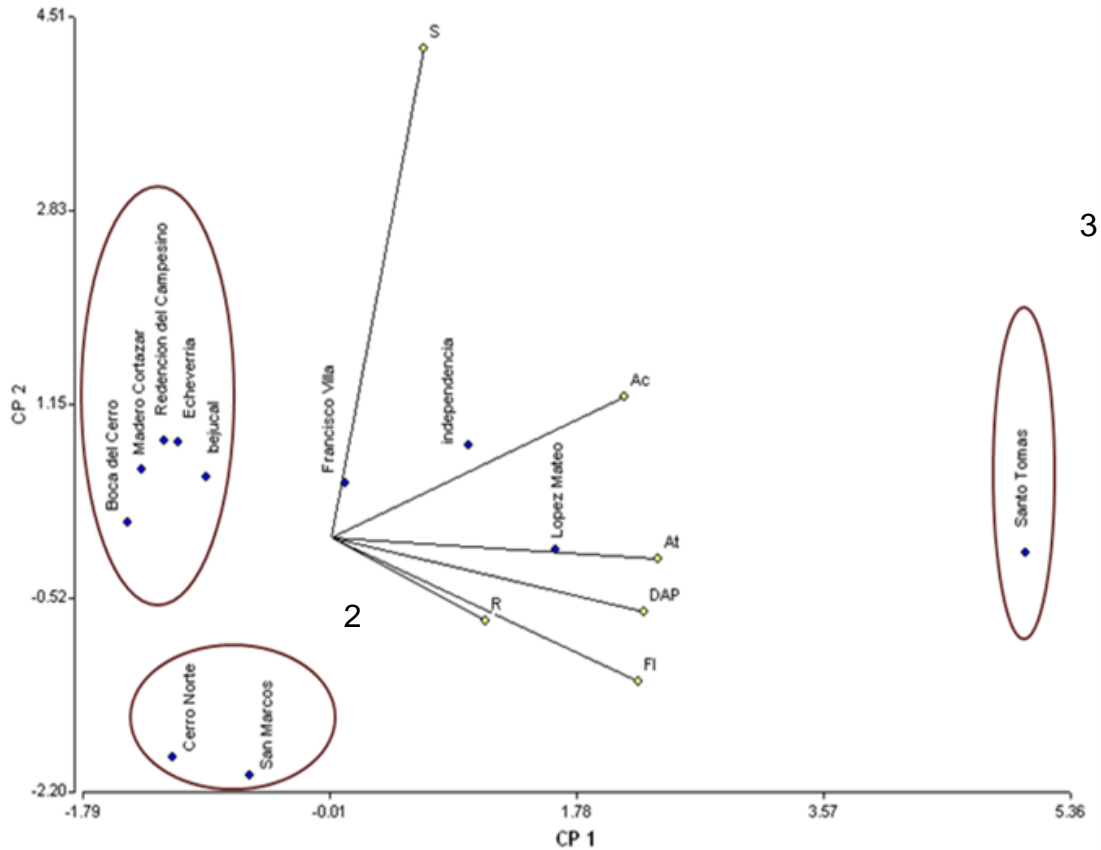


Figura 2.7. Análisis de componentes principales Variables, DAP: Diámetro a la altura del pecho, FI: Fuste limpio, Lc: Longitud de Copa, At: Altura total, R: Rectitud, S: Sanidad.

2.4. DISCUSIÓN

Según Alba-Landa *et al.* (2003) el escaso conocimiento disponible sobre la mayoría de las especies forestales principalmente del trópico, sobre la altitud, y condiciones climáticas específicas, datos fenológicos como la floración, fructificación y dispersión de semillas, trae consigo una planeación poca exitosa en los programas de reforestación y de recolección de semillas. Esto repercute en la inadecuada selección de las especies e individuos apropiados a determinados sitios y objetivos previos, como es el caso de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique a pesar de tener condiciones de

clima, suelos y fisiografía propicias para la conservación de los recursos genéticos forestales.

En la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique, el 60% de los 25 árboles de caoba seleccionados como sobresalientes se ubicaron en pastizales y el 40% en selva fragmentada, lo que es el resultado de la deforestación e incendios forestales ocurridos en la zona; el 60% de los 25 árboles se encuentran en 11 comunidades que comprenden a la zona de lomeríos, y el 40% se encuentra en selvas fragmentadas, que por su difícil acceso no han sido cosechados. Los resultados de las variables evaluadas indican una alta variación entre los árboles de caoba seleccionados.

White *et al.*, (2002) estudiaron el flujo de polen en bosques fragmentados de *Swietenia humilis* Descriptor en Costa Rica y demostraron que, a pesar del alto nivel de fragmentación de los bosques y del pequeño tamaño de las subpoblaciones, había una extensa red de intercambio genético dentro del área de la investigación. Asimismo, Hanson (2006) en un estudio de *Dipteryx panamensis* Descriptor encontró que las distancias de dispersión de polen se incrementan fuertemente en áreas fragmentadas y a pesar de esto, que las mediciones de diversidad genética en las progenies son generalmente elevadas. También encontró, contrariamente a otros autores, que los árboles dispersos en potreros aportan con sus descendientes a las áreas adyacentes fragmentadas. En Centroamérica *Swietenia macrophylla* subsiste en forma de pequeñas poblaciones fragmentadas, y se estima que su viabilidad dependerá en gran medida del flujo de genes entre ellas (Navarro 1999).

La distribución fenotípica de los árboles de caoba no presentaron interdependencia al tener un 90% de la variabilidad, al separar sanidad (S) y Rectitud (R) del resto de las variables, resultado de los diferentes tipos de ecosistemas que cuenta la UMAF 2702ST Sierra, al encontrar el 60% de los 25 árboles selectos distribuidos en pastizales y el 40% en selva fragmentada. Mientras que para las otras variables comparten ciertas características fenotípicas similares.

En tal sentido, es importante conservar los árboles de caoba seleccionados y ubicados en la UMAF 2702ST Sierra, teniendo en cuenta que estuvieron sometidos a un proceso de selección durante muchos años y desarrollaron habilidad para prosperar

en un determinado tipo de suelo, bajo ciertos patrones climáticos, asociadas con especies de plantas y animales, bajo regímenes de disturbio (Snook 1996).

Por tal motivo existe la necesidad de promover un manejo sustentable de la especie y desarrollar estrategias de conservación que conduzcan a la recuperación de las poblaciones fragmentadas de caoba (Gillies *et al.*, 1999).

En este tipo de especie es recomendable que el proceso de selección en campo se efectúe durante la temporada del año que hay menor cantidad de follaje y maleza, para que se observen mejor las características de interés y los traslados dentro de la UMAF 2702ST sean más eficientes, ya que su topografía es muy accidentada.

2.5. CONCLUSIONES

Se ubicaron un total de 25 árboles de caoba en la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique. Las variables de selección fenotípica, longitud de copa, altura total, diámetro y fuste limpio, no discriminaron a los árboles evaluados debido a que estadísticamente estos tuvieron valores similares en sus características fenotípicas por lo que deben tomarse en cuenta para la recolección de semillas. En el ejido López Mateos y con base en el análisis de componentes principales, se ubicaron los árboles de mayor altura y diámetro a la altura del pecho, mientras que en el ejido Francisco Villa se ubicaron los árboles de caoba con mayor sanidad.

El aporte del presente estudio es la identificación y ubicación geográfica de árboles de caoba potencialmente útiles como fuente de semilla. No obstante, en los pastizales se ubicó el 60% (15/25) de estos árboles lo cual indica la selección disgenética originada por el hombre, mientras que la ubicación de árboles en potreros (sistemas silvopastoriles) facilita la recolecta de semillas. Lo anterior es originado por un fácil acceso en comparación con los árboles ubicados en áreas de selvas fragmentadas.

Con base en lo observado, es conveniente continuar la evaluación de los 25 árboles identificados, recolectar semilla e iniciar el establecimiento de huertos semilleros.

2.6. AGRADECIMIENTOS

Al fideicomiso revocable de administración e inversión No. 167304 para el establecimiento y operación de los fondos para la investigación científica y desarrollo tecnológico del centro público Colegio de Postgraduados.

A la línea prioritaria de investigación No. 2 Agroecosistemas Sustentables dentro del grupo MAS-SOLAR, del Colegio de Postgraduados.

2.7. LITERATURA CITADA

Castillo A, V. Toledo. 2000. Applying ecology in the third world: The case of Mexico. *BioScience* 50(1): 66-76.

Challenger A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. México. 847 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal Mx). 2001. Programa Estratégico Forestal para México 2025. Informe final. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Versión 2.1 del 18 de agosto de 2001. 173 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal Mx). 2003. Diagnóstico del Subsector Forestal Mexicano. www.semarnap.gob.mx/ssrn/conaf/diaghome.htm, Diario Oficial de la Federación 1926 (DOF). 24 abril 2012.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal Mx). 2010. Visión de México sobre REDD+ hacia una estrategia nacional. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visi%C3%B3n%20de%20M%C3%A9xico%20sobre%20REDD_.pdf. Consultado el 21 de enero de 2012.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2009. Sistema Urbano Nacional México. (en línea) recuperado el 23 /05/ 2010 <http://www.conapo.gob.mx/>

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2000. Sistema Urbano Nacional 2000 (en línea). México. Consultado 24/09/08. Disponible en http://www.conapo.gob.mx/distribucion_tp/material/mapa01.pdf.

CONAFOR. 2011. Sol S. A. Zamora C. L. F.Almeida H. Y. Hernandez M. G. Shirman T. E. Estudio Regional Forestal para la Unidad de Manejo Forestal Sierra de Tenosique, Tabasco. CONAFOR.

- FAO 2005. [www.fao.org /index_ES.htm](http://www.fao.org/index_ES.htm). <http://faostat.fao.org.default.aspx>.
http://www.prisma.org.sv/uploads/media/Bosques_deforestacion_y_monitoreo_de_carbono-Una_valoracion_del_potencial_de_REDD_en_Mesoamerica.PDF
- García E. 1964. Apuntes de Climatología. 6ta, Edición. Editorial Offset Larios, S.A. México 77 p.
- Gillies A C M , C. Navarro C, A. J., Lowe A. J., A. C., Newton , M Hernández, J Wilson, J. P., Cornelius. 1999. Genetic diversity in Mesoamerican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*), assessed using RAPDs. *Heredity* 83:722–732.
- Gutiérrez B, P Quintero , V Nieto, O Murillo. 2003. Enfoques cooperativos para el mejoramiento genético y la conservación de recursos genéticos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12(3):111–122.
- Hodge G.R, W.S Dvorak. 2003. The CAMCORE international provenance/progeny trials of *Gmelina arborea*: genetic parameters and potential gain. *In: Recent Advances with Gmelina arborea*. NC. USA 20 p.
- Hanson T. 2006. Effects of habitat fragmentation on the reproductive ecology and conservation genetics of the almendro (*Dipteryx panamensis*), a keystone rainforest tree. Ph.D. Thesis. University of Idaho, US. 94 p.
- Kometter R, F. M Martinez, A. G Blundell, R. E Gullison, M. K Steininger, R. E Rice. 2004. Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. *Ecology and Society* 9(1):12. Consultado Septiembre 2010. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art12>.
- Masera O., M, J. Ordoñez, R Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265-295.
- Masera O., M. 1998. O. Sánchez, E. Peters, R Marquez-Huitzil, E Vega, G Portales, M Valdez D Azuara. 2005. Restauración ecológica. Secretaría del Medio Ambiente

- y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y U.S. Fish and Wildlife Servicion Unidos para la Conservación A.C. México. 25-76 p.
- Méndez VE, Gliessman SR, Gilbert GS. 2007. Tree biodiversity in farmer cooperatives of a shade coffee landscape in western El Salvador. *Environmental*. Burlington, Vermont , United States. 119 (1-2): 145-159 p.
- Mulawarman J. M., S.M., Roshetko, Sasongko D Irianto. 2003. Tree Seed Management – Seed Sources, Seed Collection and Seed Handling: A Field Manual for Field Workers and Farmers. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) and Winrock International. Bogor, Indonesia. 54 p.
- Navarro C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Silvicultura-Genética. San José, Costa Rica, Centro Científico Trópical. 25 p.
- Ouédraogo A. S., 1997. La conservación y utilización de los recursos genéticos forestales. Memoria especial presentada al XI Congreso Forestal Mundial, 13-22 de octubre de 1997, Antalya, Turquía.
- Rosa S. R. H., M Haridasa. 2007. Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. *Biodiversity Conservation*. Brasilia, Brazil. 16: 3681-3701 p..
- Salazar R, D. Boshier. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE-ROCAP. Serie Técnica No. 148.
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, Halffter G, González R, March I, Mohar A, Anta S, Maza J. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. p. 104.

- Snook L. K., 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122:35 - 46 p.
- Swedforest C. 1986. Evaluación de rodales semilleros; instrucciones para la toma de datos de campo. Managua, Nicaragua. IRENA/CORFOP/INTECFOR/DANIDA.
- Velázquez A, J. F., Mas, R. Mayorga-Saucedo, J. L., Palacio, G. Bocco, G. Gómez-Rodríguez, L. Luna-González, I. Trejo, J. López-García, M. Palma, A. Peralta. J. Prado-Molina 2001. El Inventario Forestal Nacional 2000: Potencial de Uso y Alcances. *Ciencias* 64: 13-19 p.
- Whit, G. M., Boshier D. H., Powell W. 2002. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: An example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99:2038–2042.

**CAPÍTULO III. RELACIÓN DIMENSION – GERMINACIÓN DE SEMILLA DE CAOBA
(*Swietenia macrophylla* KING) EN LA UMAF 2702ST SIERRA DE TENOSIQUE**

RELACIÓN DIMENSION – GERMINACIÓN DE SEMILLA DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* KING) EN LA UMAF 2702ST SIERRA DE TENOSIQUE

Héctor Javier Megía Vera ^a, Ángel Sol Sánchez ^b, Julián Pérez Flores ^{b*}, Javier López Upton ^b

Autor de correspondencia: ^b Colegio de Postgraduados, Ciencia Vegetal, H. Cárdenas, México, tel. 52 (937) 372275 ext. 5036, email julianflores@colpos.mx

^b Colegio de Posgraduados, H. Cárdenas, Tabasco, México.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue medir las dimensiones de la semilla de caoba (*Swietenia macrophylla* King), y evaluar su germinación. Las semillas se colectaron de árboles seleccionados en la UMAF-2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México. El largo y ancho de la semilla se determinó a través del equipo de Rayos-X Faxitron (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrado a 120 s y 26 kv de potencia (kVp). La germinación se realizó en una cámara germinadora programada a 30 ± 2 ° C (C/N) y un fotoperiodo de 16 horas de luz por 8 horas de oscuridad y a una humedad relativa del 75. Se realizó el análisis de varianza por comunidades de UMAF-2702ST sierra de Tenosique como variable dependiente de las semillas colectadas, y como variable independiente la longitud y ancho de semilla, posteriormente se aplicó una prueba de medias según el procedimiento de Tukey, con un alfa al 0.05. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables longitud, ancho de semilla y germinación de semilla. Los modelos de análisis de varianza y correlación fueron analizados en el paquete estadístico SAS utilizando los procedimientos PROC GLM y CORR. Las dimensiones de semillas de caoba reportaron una distribución normal, según la prueba de contraste *shapiro willk* modificado para las variables longitud y ancho semilla. La longitud de semilla más frecuente fue de 16.5 - 18.5 mm con un registro de 119 semillas (28%) del total. La germinación fue del 100 % en los árboles de Santo Tomás, de 63.3% en los árboles de Boca del cerro, mientras que en los árboles de San Marcos no hubo correlación entre el largo y ancho de semillas con la germinación.

Palabras clave: caoba, germinación, semillas.

RELATIONSHIPS BETWEEN SEED SIZES – GERMINATION IN MAHOGANY IN THE SIERRA (*Swietenia macrophylla* King) IN THE SIERRA DE TENOSIQUE UMAF-2702ST TABASCO

Héctor Javier Megía Vera ^a, Ángel Sol Sánchez ^b, Julián Pérez Flores ^{b*}, Javier López Upton ^b

*** Author for correspondence: a Graduate College Campus Tabasco, LPI-2, H. Cardenas, Mexico, tel. 52 (937) 372275 ext. 5036, email julianflores@colpos.mx**

b Graduate School Campus Montecillo, Texcoco, Mexico.

SUMMARY

The aim of this study was to measure mahogany seeds size (*Swietenia macrophylla* King), and evaluate their germination. Seeds were collected from selected trees in La Sierra de Tenosique UMAF-2702ST Tabasco, Mexico. The length and width were measured by Faxitron X-ray (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrated to 120 s 26 kv power (kVp). Germination was conducted out in a germination chamber scheduled at 30 ± 2 ° C (C/N) and in a 16-hour photoperiod of light per 8 hours of darkness and a relative humidity of 75. It was performed an analysis of variance for the communities of the UMAF -2702ST Tenosique as a dependent variable of the collected seeds, and as an independent variable the length seed and width. Then it was applied a means Tukey test, with an alpha of 0.05. Finally it was calculated the Pearson correlation coefficient between the length, width, seed, and seed germination variables. Models of analysis of variance and correlation were analyzed using the SAS procedures PROC GLM and CORR, respectively. The mahogany seed sizes reported a normal distribution, according to Shapiro-Wilk test of contrast variables modified for seed length and width. The most common seed length was 16.5 - 18.5 mm with a seed register 119 (28%) from the total. The germination was 100% in Santo Tomas's trees, 63.3 % in Boca del Cerro trees, while in San Marcos's trees there was no correlation between length and width of seeds with their germination.

Key words: mahogany, germination, seeds.

3. INTRODUCCIÓN

Swietenia macrophylla King es una de las especies forestales más importantes en México y América Central; desde el último siglo hasta hoy, la caoba, como se conoce comúnmente, ha sido una de las especies más importantes para el desarrollo de la industria forestal de América Latina. (Patiño, 1997).

Por su valor comercial, las poblaciones naturales de caoba, han sido objeto de una excesiva explotación caracterizada por el aprovechamiento selectivo de árboles (Patiño, 1997). Esto impide la regeneración de la especie porque, se extraen las fuentes de semilla (Toledo y Sotillo 2005).

Recientemente ha aumentado el interés en el estudio y conservación de la variabilidad genética y relación que existe entre la dimensión de la semilla y la germinación de caoba como resultado del alto grado de deforestación detectado en las áreas en donde las especies son nativas (Newton *et al.*, 1997). La mayoría de las especies forestales del trópico, se propagan mediante semillas y su calidad fisiológica y genética influye de manera significativa en el éxito de las plantaciones.

Los requisitos para alcanzar una regeneración exitosa de producción de plantas son diversos. Sin embargo, es fundamental seleccionar previamente las fuentes de germoplasma más apropiadas de la especie o especies que se pretenden propagar, calcular la cantidad de semillas destinadas a la siembra y recolectar los frutos necesarios en la fecha apropiada.

La producción de semillas varía de año en año. Además, tanto la cantidad de semillas como la fecundidad aumentan con las dimensiones de los árboles. Árboles por encima de los 30 cm de diámetro se considera que ya están en capacidad reproductiva (Kometter, 2004), aunque la mayor fecundidad se observa a 70 cm dap o mayor, siendo especialmente elevada en árboles gruesos cuya copa ocupa el dosel superior.

La viabilidad de la semilla también está influenciada por las características genéticas de la planta progenitora, condiciones climáticas durante la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto, el grado de madurez de la semilla a la cosecha y el manejo en colecta y postcosecha (Carvalho y Nakagawa 1983; Hartmann y Kester 1987).

Si bien la morfología de los frutos incluye rasgos que se mantienen relativamente constantes dentro de la especie, no ocurre lo mismo con su rendimiento de semillas y la eficiencia de éstas para germinar y dar origen a una nueva planta. Estas características presentan variaciones entre y dentro de las fuentes parentales las cuales están determinadas tanto por su componente genético y vigor, como por las condiciones climáticas y edáficas de los sitios de crecimiento, así como por la presencia de plagas y enfermedades (Snook *et al.*, 2005; Leadem *et al.*, 1984; Willan 1991).

Entre los escasos estudios que se han llevado a cabo en México para conocer la producción de semillas de la caoba se encuentra el trabajo de Gómez y Jasso (1995), quienes estudiaron la variación morfológica y el contenido de semillas existente en una muestra de frutos procedente de poblaciones naturales y plantaciones en el estado de Quintana Roo, México.

Los estudios sobre aspectos morfológicos, genéticos y fisiológicos, así como aspectos físicos, bióticos y ecológicos de las especie, útiles para eliminar factores que limiten su desarrollo y/o impidan el establecimiento representan una fuente de material genético; además constituyen la materia prima para la reforestación de áreas perturbadas. Para ello, es necesario que la semilla pase por el proceso de germinación, por el cual se obtendrán plántulas de calidad determinada en parte, por la calidad biológica de la semilla utilizada (Correa 1990) y en parte por las condiciones en que se desarrolle el proceso de germinación (Bewley, 1997).

Se piensa que la semilla de mayores dimensiones tiende a germinar con rapidez y produce plántulas más grandes y vigorosas, en comparación con la semilla pequeña, la

cual germina más lentamente, originando plántula débil y mal formada (Betancur 1983), pero esto no se ha comprobado para la mayoría de las especies forestales del trópico. Debido a lo anterior en los últimos años ha surgido un mayor interés en conocer, caracterizar y manejar estos recursos (Pérez, 2000).

Considerando lo anterior se condujo al presente estudio para determinar la relación de las dimensiones de la semilla con la germinación en caoba y a partir del estudio de selección y variación fenotípica de caoba.

3.1. OBJETIVO

Evaluar las dimensiones de la semilla y la germinación de caoba (*Swietenia macrophylla* King), procedentes de la UMAF 2702ST Sierra de Tenosique Tabasco, México.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó de Enero a Junio del 2010.

Área de estudio. La Unidad de Manejo Forestal (UMAF-2702ST) se ubica en la Región de los Ríos al Sur del Estado de Tabasco, a los 17° 13' 22" y 17° 28' 34" LN, 90° 57' 08" y 91° 39' 02" LO. Colinda al Norte con el municipio de Balancán, al Sur con el estado de Chiapas y la República de Guatemala, al Este con Guatemala, al Oeste con los municipios de Emiliano Zapata, Tabasco y Chilón, Chiapas (Figura 1). Se conforma de 43 comunidades, Arena de Hidalgo, Redención del Campesino, Ignacio Allende, Álvaro Obregón, Rancho Grande y Lic. Adolfo López Mateos son los núcleos de población más grandes, sin embargo no supera los 2,500 habitantes (CONAPO, 2000).

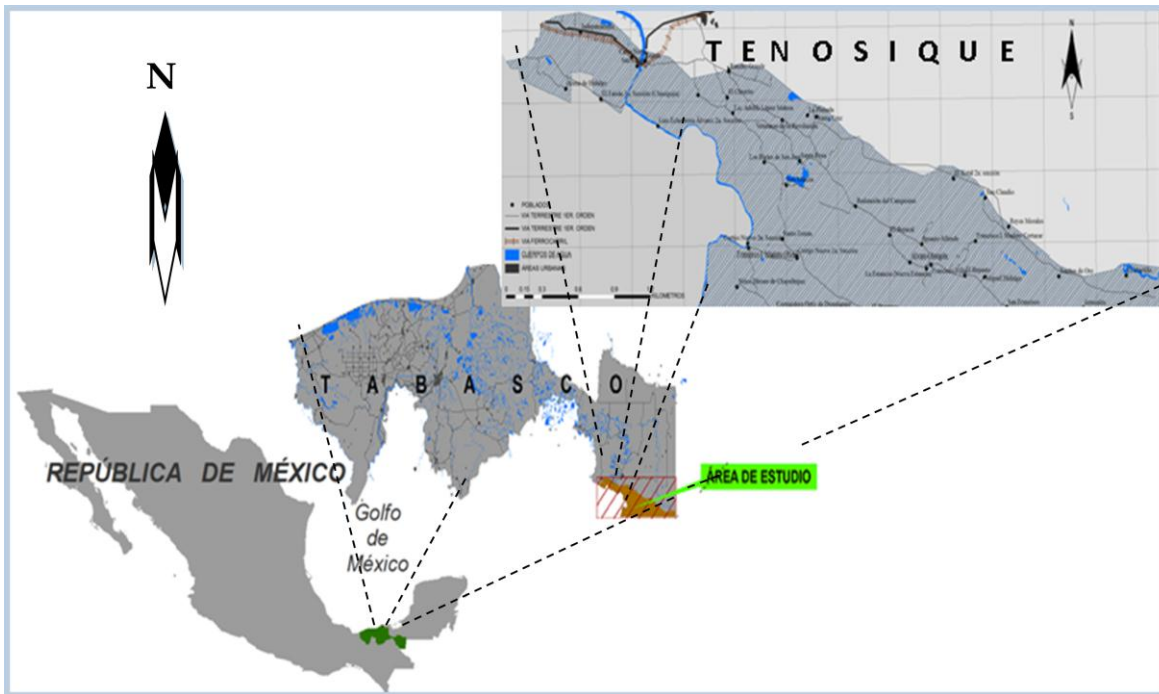


Figura 3.1. Localización geográfica del área de estudio.

3.2.1. El Clima

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1964), la UMAF-2702ST presenta clima cálido húmedo, con lluvias todo el año identificado como Af(m)w"(i)g, con una precipitación media anual superior a los 2000 mm, presentando en los meses de Julio-Agosto una sequía intraestival.

3.2.2. Suelos y fisiografía

Los suelos predominantes en la UMAF-2702ST son los Fluvisoles, Cambisoles, Leptozoles, Luvisoles, Arenosoles, Vertisoles y Gléysoles; asimismo la altitud varía de 200 a 1000 msnm (CONAFOR, 2011). Esta variación en la altitud origina tres zonas fisiográficas.

La zona sierra, caracterizada por un paisaje de cerros dómicos y cónicos y geoformas semionduladas con altitud de 60 a 1000 msnm. La altitud aumenta conforme se avanza hacia al sur desde los ejidos de los Rieles de San José hasta el ejido de Corregidora Ortiz de Domínguez.

La zona de lomeríos, se caracteriza por presentar lomeríos suaves de 20 a 60 msnm, tiene pendientes que han favorecido problemas de erosión superficial. Esta área de lomeríos inicia del ejido Redención del Campesino, Francisco Villa, Ignacio Allende, hasta el ejido San Francisco que es frontera con la república de Guatemala.

La zona del valle, caracterizada por presentar un relieve cóncavo, esta zona se ubica en las partes más bajas de la UMAF-2702ST Sierra y corresponde a los ejidos de San Carlos, Sueños de Oro, hasta el ejido Carlos Pellicer Cámara.

3.3. Colecta de Semilla

La semilla utilizada en el presente estudio se obtuvo de frutos de caoba recolectados en la UMAF-2702ST los frutos se obtuvieron de árboles con características fenotípicas superiores Rectitud, Fuste Limpio, Longitud de Copa y Sanidad, se colectaron dos frutos de la parte media de la copa, de cada uno de los cinco árboles fenotípicamente sobresalientes. Se trasladaron los frutos en bolsas de papel Kraft, al banco de germoplasma de la CONAFOR Tabasco. Para el beneficio, los frutos se pusieron a media sombra durante 3 días por 4 h y se esperó a que abrieran los frutos.

3.4. Caracterización de semilla

El largo y ancho de la semilla se determinaron a través de las herramientas del software del equipo de Rayos-X Faxitron (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrado a 120 s y 26 kv de potencia (kVp) (Goodman *et al.*, 2005) (Figura 3.2). Posteriormente, se realizó la siembra de 30 semillas en charolas de germinación de 18 x 12.5 cm. Se pusieron tres charolas por árbol (90 semillas). El sustrato utilizando fue arena desinfectada en el horno Fischer Scientific® series 500, a 150° C durante 2 h (I.S.T.A. 1996). Las charolas, se colocaron en una germinadora marca Seedburo®, modelo MPG-300 programada a 30 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16 horas de luz por 8 horas de oscuridad y humedad relativa del 75%.

La capacidad germinativa se hizo durante 15 días, se evaluó cada 15 días a partir del vigésimo día cuando apareció la primera radícula. Y hasta los 60 días que es el tiempo máximo reportado para la germinación de semilla en esta especie. El porcentaje de

germinación se evaluó para determinar la relación que existe entre las dimensiones de la semilla y la germinación.

3.5. Análisis estadístico

Los datos de cada variable se examinaron mediante la prueba de contraste *shapiro wilk* modificado a fin de determinar su distribución normal y homogeneidad de varianzas requeridas para el análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA se realizó tomando las comunidades de la UMAF-2702ST como variables dependientes de las semillas colectadas, y como variable independiente; la longitud y ancho de semilla, posteriormente, se aplicó una prueba de medias según el procedimiento de Tukey, con un alfa al 0.05. Se calculo el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables longitud, ancho de semilla, y germinación de semilla. También se calcularon los estadísticos descriptivos y se elaboraron histogramas de frecuencias para cada variable., los cuales fueron analizados en el paquete estadístico SAS.

3.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dimensiones de semillas de caoba reportaron una distribución normal. La longitud de semilla más frecuente fue de 16.5 - 18.5 mm con un registro de 119 semillas (28%) del total (Figura 3.3); el ancho de la semilla tuvo un comportamiento semejante a la longitud de la semilla, en tanto que el intervalo de clase de entre 8.59-9.49 mm fue el más frecuente con 138 semillas (33%) del total (Figura 3.3b).

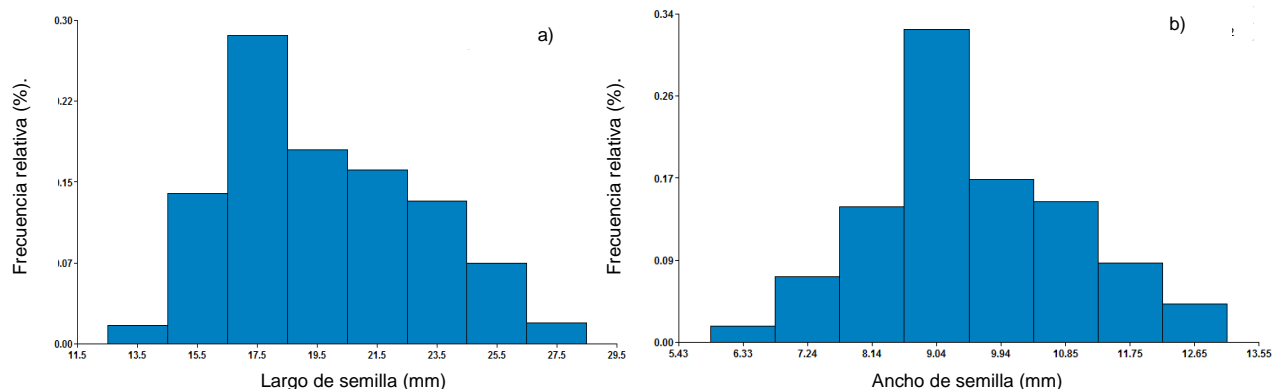


Figura 3.3. Histograma de frecuencias de las dimensiones de la Semilla de caoba.

Como se observa en el cuadro 3.1, los valores más altos de longitud y ancho de semillas se encontraron en los sitios San Marcos (SM) y Santo Tomás 2 (ST2), respectivamente, mientras que los mínimos en el sitio Santo Tomás (ST). Así mismo se observó un CV menor al (13 %), para cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 3.1. Estadísticos descriptivos para las dimensiones de la semilla de caoba, colectada en las comunidades de la UMAF-2702ST.

Tratamiento	Variable	Media	C.V	Mín	Máx
Boca del Cerro	L	17.26	12.00	12.65	26.40
Boca del Cerro	A	9.03	10.52	5.88	12.00
Francisco Villa	L	21.94	10.11	16.50	27.83
Francisco Villa	A	10.26	10.09	7.55	12.70
San Marcos	L	22.43	13.45	15.85	28.46
San Marcos	A	10.89	12.11	7.60	13.10
Santo Tomás	L	17.02	7.69	12.50	19.80
Santo Tomás	A	8.36	11.04	6.20	10.76
Santo Tomás 2	L	20.58	11.18	15.20	24.70
Santo Tomás 2	A	9.27	10.22	6.60	11.60

Comunidades de la UMAF-2702ST. Longitud de semilla (L) Ancho de semilla (A).

Con base en los cuadrados medios y la prueba de comparación de medias, hubieron diferencias estadísticas significativas para las variables longitud y ancho de semilla

siendo para ambos tratamientos "Francisco Villa" y "San Marcos" los de mayor longitud y anchura promedio (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Estadísticos descriptivos de las dimensiones de la semilla con la germinación de caoba

Localidades	Largo	Ancho	Germinación (%)
Boca del Cerro	17.26 a	9.03 b	90
San Marcos	22.43 b	10.89 d	96.7
Santo Tomás	17.02 b	8.36 a	100
Santo Tomás 2	20.58 c	9.27 b	100
Francisco Villa	21.94 d	10.26 c	63.3

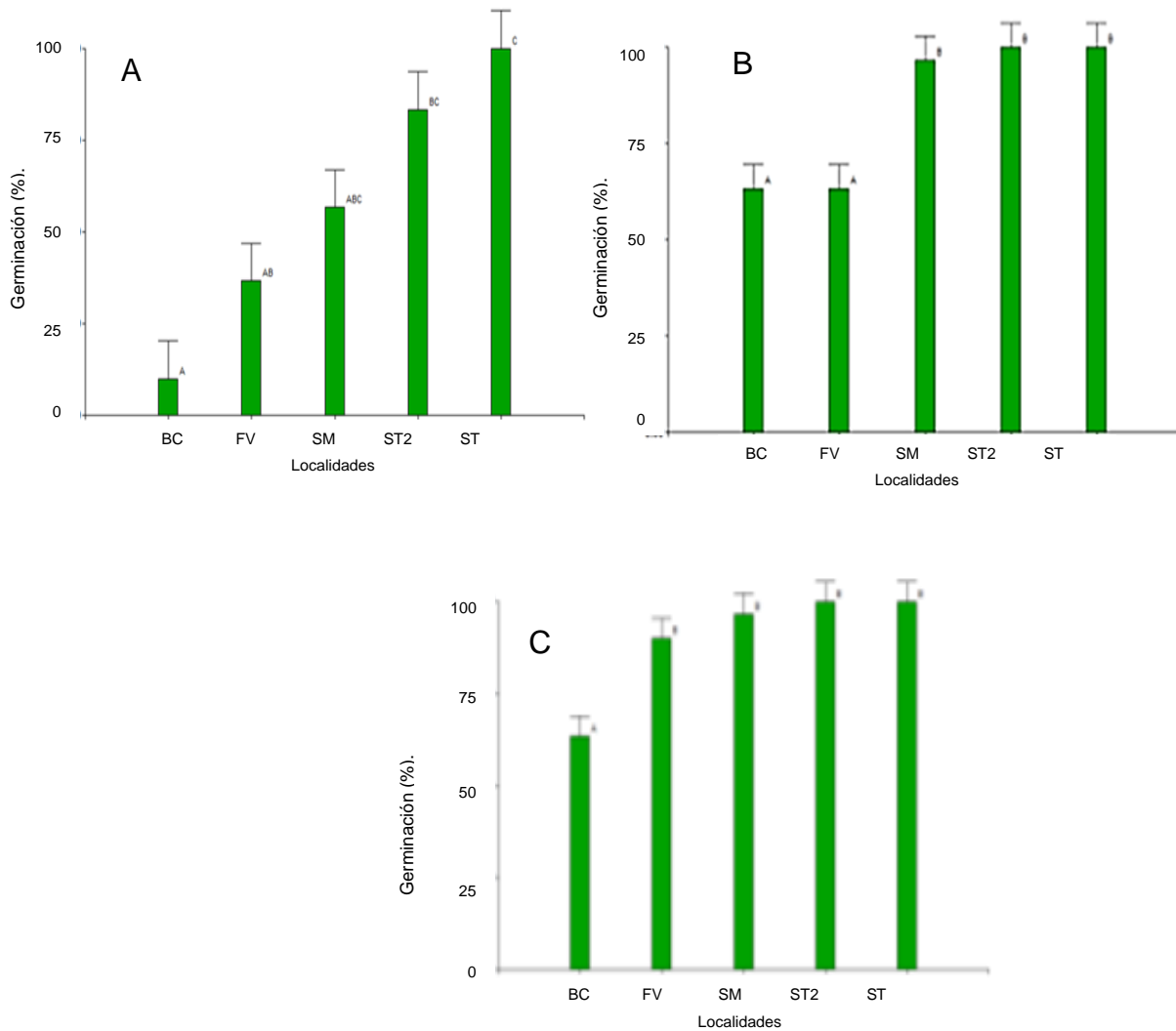
Comunidades de la UMAF-2702ST. N=90.

3.7. Germinación

Como se observa en el cuadro 3.4, los valores más altos de germinación de semillas de caoba se colecto en las procedencias de los sitios Boca del cerro (BC), Santo Tomás 2 (ST2) y San Marcos (SM) respectivamente, mientras que el mínimo de germinación se encontró en el sitio Francisco Villa (BC) (Cuadro 3.2. En el cuadro 3.3. Solo hay una variable.

En cuanto a la germinación de la semilla de caoba, los cuadrados medios mostraron diferencias estadísticas entre procedencias. Con base en la comparación de medias, la prueba de F indicó diferencias estadísticas en germinación entre las procedencias para las tres fechas de muestreo (P= 0.0008, 0.002 y 0.004, respectivamente). Las semillas de Santo Tomás presentaron buena respuestas de germinación a la primera fecha de muestreo. Para la segunda fecha, esta misma tendencia se mantuvo para la última fecha de evaluación. En esta fecha, la semilla de boca del cerro solo alcanzo un 63% de germinación (Figura 3.4).

Figura 3.4. Porcentaje de germinación en caoba de cinco procedencias



Boca del Cerro (BC), Francisco Villa (FV), San Marcos (SM), Santo Tomás (ST), comunidades de la UMAF-2702ST.

Las dimensiones de la semilla y la germinación no correlacionaron. Igualmente, no se observó correlación entre el largo y ancho de la semilla ($r^2 = 0.9$, $P = 0.009$).

3.8. CONCLUSIONES

Los valores más altos de longitud y ancho de semillas se encontraron en los ejidos San Marcos (22.43 - 10.89) y Santo Tomas 2 (20.58 - 9.27) respectivamente, mientras que los mínimos en el sitio Santo Tomas (17.89 - 8.36). La semilla de Santo Tomas presentó hasta 100% de germinación, no hubo correlación significativa entre las dimensiones de la semilla y la germinación.

3.9. LITERATURA CITADA

- Álvarez M. 1999 Caracterización de frutos y semillas de *Cedrela odorata* L. *Tabebuia rosea* Angus *acuminata* y *Cupressus lusitacianica*. En: Salazar R (ed) Avances de producción de semillas forestales en america latina CATIE, Turrialba, Costa Rica. 145-150p.
- Betancourt B. 1993. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Ministerio de cuba. Editorial científico-técnico. La habana, Cuba. 309 p.
- Blundell, AG; Rodan, BD. 2003. Mahogany and CITES: moving beyond the veneer of legality. *Oryx*: 37.1055-1066 p.
- Correa V. J. 1990. El proceso de la germinación. En: Triviño D. T. Jara N. L. (eds) Memorias "Seminario-Taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales", Bogota colombia, Octubre 26-28 1988. Pp. 95-100
- Edwards, D.G.W. (1973): Polaroid film for rapid seed radiography. En "Seed Processing". Bergen, Norway. Vol. I, Paper 6. 45 p.
- Freud, R. J.; LITTLE, R. C. 1981. Sas for linear models. A guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S. 231 p.
- Gillies, A. C. M.; Navarro, C; Lowe, A. J.; Newton, A. C.; Hernandez, M; Wilson, J; Cornelius, J. P. 1999. Genetic diversity in Mesoamerican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*), assessed using RAPDs. 1999. *Heredity* 83:722–732.
- Gómez, T. J.; Jasso, M. J.. 1995. Variación morfológica de frutos de *Swietenia macrophylla* King (Caoba). II Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Montecillo, México. 11 p.
- Goodman, R. C; Jacobs, D. F.; Karrfalt, R. P. 2005. La evaluación de sensibilidad a la desecación de las bellotas de *Quercus rubra* con rayos-X. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 2823-2831.

- Jiménez Saa, H. 1999. Diagnóstico de la Caoba (*Swietenia macrophylla* king) en Mesoamérica. Revisión Bibliográfica. San José, Costa Rica. Centro Científico Trópical. 63 p.
- Kamra, S.K. (1964): Determination of seed quality by X-rays. Adv. Frontiers of Plant Sci. 9: 119–130.
- Kamra, S.K. (1973): X-ray radiography of teak seed (*Tectona grandis* L.). En “Seed Processing”, Proc. Symposium IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen, Vol. I, Paper 9.
- Kamra, S.K. (1974): X-ray radiography of tropical forestry seed. En Proc. Seed X-ray Symposium, Macon, Ga., EE.UU., 1–19p.
- Kometter, R; Martinez, FM; Blundell, AG; Gullison, RE; Steininger, MK; Rice, RE. 2004. Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. Ecology and Society 9(1):12. Consultado Septiembre 2006. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art12>
- Lamb, BF. 1966. Mahogany of tropical America. Its ecology and management. EEUU, The University of Michigan Press. 220 p. legality. Oryx 37(1): 87–90.
- Lunstrom, A.N. (1903): Diskussionssinlägg vid För. F. Skogsvard disk - möte a Robertsfor. Arsskr. Fran Fören. F. Skogsvard i Norrland. Estocolmo. 1904:15.
- Navarro, C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en Mesoamérica. Silvicultura-Genética. San José, Costa Rica, Centro Científico Trópical. 25 p
- Newton, AC; Cornelius, JP; Baker, P; Gillies ACM; Hernández M; Ramnarine, S; Mesén, JF; Watt, AD. 1997. Mahogany as a genetic resource. Botanical Journal of the Linnean Society 122:61–73.

- Newton, AC; Cornelius, JP; Baker, P; Gillies ACM; Hernández M; Ramnarine, S; Mesén, JF; Watt, AD. 1997. Mahogany as a genetic resource. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 122:61–73.
- Parraguirre L, C. 1992. Germinación de las semillas de trece especies forestales comerciales de Quintana Roo. *In* Snook, LK; Barrera de Jorgenson, A. (eds.). Madera, Chicle, Caza y Milpa. Contribuciones al Manejo Integral de las Selvas de Quintana Roo, México. p. 67-80.
- Patiño, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotropicos: propuestas para acciones coordinadas Dirección de recursos forestales. Departamento de montes FAO Roma Italia 58p.
- R. D. Cairns; Z.Yang. 2000. The Converse of Hartwick's Rule and Uniqueness of the Sustainable Path, *Natural Resource Modeling*. Vo.13, 10p.
- Rodan B. D. Newton A. C. y Verissimo A. 1992. Mahogany conservation; status and policy initiatives. *Environmental conservation* .19(4):331-334.
- SAS Institute. (2001) SAS user guide: Statistical Analysis System, Version 8.2. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Umea Swedish University of Agriculture Science Nome da revista. No 53. 1-34p.
- Simak, M.; Gustafsson, A. 1953. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. *Hereditas* 39: Genetics Department Forest Research Institute, Sweden. 458-468p.
- Snook, LK. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swieteniamacrophylla* King) grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 122:35–46.
- Snook, LK; Iskandar, H; Chow, J; Cohen, J; O`Connor, J. 2005. Supervivencia y crecimiento de caoba en aperturas post-extracción a partir de semillas y

- plántulas. Recursos Naturales y Ambiente. Departamento Forestal de Belice. No.44:76-83.
- Snook, LK; Negreros-Castillo, P; O`Connor, J. 2005. Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. Recursos Naturales y Ambiente. Departamento Forestal de Belice.No.44:91-99p.
- Toledo Sotillo, M. & L.K.Snook. 2005. Efectos de la dispersión de semillas y tratamientos silviculturales en la regeneración natural de la caoba en Belice. Recursos Naturales y Ambiente. Deparamento Forestal de Belice. No.44:68-75p.
- White, GM; Boshier, DH; Powell, W. 2002. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: An example from *Swietenia humilis* Zuccarini. Proceedings of the National Academy of Sciences .99:2038–2042.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES GENERALES

La poca información acerca de la Identificación de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal en el estado de Tabasco, limitan la comparación de los resultados obtenidos.

El 75% de los árboles previamente seleccionados no cumplen con las condiciones mínimas necesarias para el aporte de semillas de calidad que demandan los viveros forestales.

En cuanto a la germinación de la semilla de caoba, los cuadrados medios mostraron diferencias significativas entre la procedencia, basado en la comparación de medias.

La frecuencia de la longitud de semilla fue de 16.5 - 18.5 mm con un registro de 119 semillas (28%) del total. El ancho de la semilla tuvo un comportamiento semejante a la longitud de la semilla, en tanto que, el intervalo de clase de entre 8.59-9.49 mm fue el más frecuente con 138 semillas (33%) del total




Los valores más altos de germinación de semillas de caoba se encontraron en las procedencias de los sitios Boca del cerro (BC), Santo Tomás 2 (ST2) y San Marcos (SM) respectivamente, mientras que, el mínimo de germinación se encontró en el sitio Francisco Villa (BC).

Se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias, siendo las semillas de Santo Tomás las que presentaron una buena respuesta de germinación de hasta el 100%. Lo anterior se relaciona con las dimensiones de la semilla, las cuales presentan los valores más altos de longitud y ancho, como en el caso de la procedencia Santo Tomás.

Sin embargo, es necesaria la realización de más estudios de otras especies en la UMAF-2702ST, así como en el estado de Tabasco.

CAPITULO V. ANEXO

Anexo 1) Clases de Rectitud de fuste de árboles de caoba (*Swietenia macrophylla* King) ubicados en la UMAF 2702ST de la Sierra de Tenosique, Tabasco.

Datos de referencia	Figura
<p>Localidad: Ejido Santo Tomás Tenosique Tab. Fecha: 25 Enero, 2010. Clase de rectitud: Completamente Recto</p>	
<p>Localidad: Ejido San Francisco Tenosique Tab. Fecha: 2 Febrero, 2010. Clase de rectitud: Aceptable</p>	
<p>Localidad: Ejido Redención del Campesino Tenosique Tab. Fecha: 30 Enero, 2010. Clase de rectitud: Regular</p>	

Localidad: Ejido Bejucal Tenosique

Tab.

Fecha: 30 Enero, 2010.

Clase de rectitud: Torcido



Localidad: Ejido San Marcos Tenosique

Tab.

Fecha: 17 Febrero, 2010.

Registro: Héctor J. Megia V.

Clase de rectitud: Muy Torcido



Localidad: Ejido Lic. Luis Echeverría

Álvarez 1a. Sec. Tenosique Tab.

Fecha: 5 Febrero, 2010.

Clase de rectitud: Deforme



Datos de referencia

Localidad: Ejido San Marcos Tenosique
Tab.

Fecha: 10 Marzo, 2010.

Clase de rectitud: Recto y Sano



Figura

Localidad: Ejido Sueños de Oro,
Tenosique Tab.

Fecha: 20 Febrero, 2010.

Enfermo

