



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES



**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE  
PROCEDENCIAS/PROGENIE DE *Swietenia macrophylla*  
KING ESTABLECIDO EN LA BALSA, VER”.**

TESIS:

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA TROPICAL

Presenta

José Alfredo Bernabe Ramírez

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Odilón Manuel Sánchez Sánchez

Dr. Noé Velázquez Rosas

Dra. Elba Olivia Ramírez García

Dr. Juan Alba Landa

XALAPA, VERACRUZ

MARZO 2018

El trabajo de investigación titulado “EVALUACION DE UN ENSAYO DE PROCEDENCIAS/PROGENIE DE SWIETENIA MACROPHYLLA KING ESTABLECIDO EN LA Balsa, VERACRUZ”. Cuyos resultados se encuentran contenidos en esta tesis, fue realizado por José Alfredo Bernabe Ramírez, como estudiante de la Maestría en Ecología Tropical, en el período Febrero/2015-Febrero-2017 bajo la dirección del Dr. Odilón Manuel Sánchez Sánchez de la Universidad Veracruzana.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizados para tales fines en el futuro.



\_\_\_\_\_  
José Alfredo Bernabe Ramírez



\_\_\_\_\_  
Odilón Manuel Sánchez  
Sánchez.

©2018

José Alfredo Bernabe Ramírez

Derechos Reservados

---

**ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS**

El presente documento titulado "EVALUACION DE UN ENSAYO DE PROCEDENCIA/PROGENIE DE SWIETENIA MACROPHYLLA KING ESTABLECIDO EN LA Balsa, VERACRUZ. Realizado por José Alfredo Bernabe Ramírez, ha sido aprobado y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ecología Tropical**.

Tutor-Director. Dr. Odilón Sánchez Sánchez

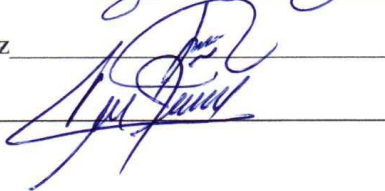


**SINODALES**

Presidente. Dra. Lilia del Carmen Mendizábal



Secretario. Dr. Juan Márquez Ramírez



Vocal. M en C. Héctor Cruz Jiménez



## **Agradecimientos**

A la Universidad Veracruzana en general, y en particular al centro de investigaciones tropicales por haberme dado la oportunidad de concluir mi formación académica.

Al consejo nacional de ciencia y tecnología por la beca otorgada no. 663797.

Al instituto de investigaciones forestales de la universidad veracruzana, por la facilidades prestadas durante el desarrollo de este trabajo.

A mi director de tesis el Dr. Odilón Sánchez Sánchez por dirigirme y permitirme trabajar con él, por sus consejos y apoyo incondicional muchas gracias Doctor.

A la Dra. Elba Olivia Ramírez García, no solo por aceptarme y brindarme en todo momento el material que se requirió para llevar a cabo el experimento, sino también por su incondicional apoyo, tiempo, paciencia y orientación, que me permitieron culminar la presente investigación , a usted todo mi respeto y cariño.

Al Dr. Juan Alba por aceptar compartir conmigo esta travesía en el desarrollo de este trabajo, por su apoyo incondicional y en todo momento, le agradezco, las charlas sus comentarios tan acertados y por sus contribuciones tan importantes en este trabajo.

Al Dr. Noé Velásquez Rosas quien dedico su tiempo y esfuerzo durante el proceso de mi formación gracias por sus valiosos comentarios.

A los miembros de mi comité de lectores integrado por la Dra. Lilia del Carmen Mendizábal, Dr. Juan Márquez Ramírez y el Maestro en Ciencias Héctor Cruz Jiménez.

A mis amigos por su apoyo incondicional y que me acompañaron en esta etapa, por ser quienes han estado conmigo en las buenas y malas. Momentos inigualables e imborrables, que por siempre recordare. Guadalupe, Gaby e Isis.

## **DEDICATORIAS**

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

A mi madre, Marcela Ramírez García, por darme la vida, por hacer de mí una persona responsable e integra que sabe salir adelante, gracias por compartir todos mis momentos de tristezas y alegría y por tu apoyo, mi esfuerzo y cariño para ti con todo mi amor.

A mi padre, Antonio Bernabe Santiago, por sus sabios consejos y jerarquización de los valores, que me han permitido actuar y ser una persona de bien por todos esos momentos que felices que me has hecho pasar te amo viejo.

A mis hermanos, Antonio de Jesús y Víctor Hugo por compartir una infancia llena de aventuras.

## Resumen

*Swietenia macrophylla* King es una meliácea de gran valor económico en los bosques tropicales, de tal suerte que su exportación como madera o muebles genera divisas importantes, sin embargo, no se sabe si el dinero generado compensa de alguna forma la pérdida de poblaciones de la especie o su empobrecimiento genético, vital para la construcción de la diversidad genética y principal responsable de su adaptación y cambios evolutivos, que asegure la permanencia de la especie con el hombre, por lo tanto el obtener valores de altura y diámetro de *Swietenia macrophylla* en un ensayo de procedencia/progenie donde participan dos procedencias (Campeche y Villahermosa) servirá para explorar la variación y consecuentemente aplicar ésta en el enriquecimiento genético de la especie para el estado de Veracruz y el resguardo de genes de Campeche y Villahermosa. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la variación de altura y diámetro en plantas *Swietenia macrophylla* King de seis familias procedentes del estado Campeche y dos familias procedentes de Villahermosa. Para lo cual se midieron altura y diámetro, se realizaron gráficos descriptivos y análisis de varianza, en donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables evaluadas, se concluye que con estos resultados se pueden elaborar un paquete tecnológico en el que se induzca diversidad genética como estrategia de conservación.

## Contenido

1. Introducción .....	9
2. Justificación .....	11
3. Antecedentes .....	12
3.1. Principales características botánica de <i>Swietenia macrophylla</i> .....	12
3.1.1 Origen y distribución .....	12
3.1.2 Taxonomía .....	12
3.1.3. Reproducción .....	14
3.1.4. Floración .....	14
3.1.5. Fructificación .....	15
3.1.6. Propagación.....	16
3.1.7. Recolección de frutos .....	16
3.1.8. Semillas.....	16
Figura4. Semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> .....	17
3.2. Mejoramiento genético forestal .....	17
3.2.1. Estrategias de mejoramiento genético .....	18
3.3. Tipos de ensayos .....	19
3.3.1. Ensayos de procedencia .....	19
3.3.2. Ensayos de progenie .....	21
3.3.3. Ensayos de Procedencias/progenie .....	21
3.4. Variación y mejoramiento genético .....	22
3.4.1. Importancia de los estudios de variación.....	23
3.5. Estudios realizados.....	25
4. Objetivos .....	28
4.1. General .....	28
4.2. Específicos .....	28
5. Metodología .....	28
5.1. Diseño de la plantación .....	29
5.1.2. Trabajo en campo.....	30
6. Análisis estadísticos.....	30
7. Resultados .....	31
7.1. Supervivencia .....	31

7.2. Altura.....	33
7.3. Diámetro .....	36
8. Discusión .....	41
9. Conclusiones.....	43
10. Bibliografía .....	44

---



## 1. Introducción

Los bosques y áreas forestales en México ocupan 141,745, 169 hectáreas, que corresponden al 72.05% de la superficie total del país; 30,433, 893 ha corresponden a bosques, 26, 440, 061 ha a selvas, 58 millones de hectáreas son vegetación de zonas áridas, 4 millones de vegetación hidrófila y halófila y 22, 235, 474 son áreas perturbadas (CONAFOR, 2011).

En las últimas décadas ha sufrido un severo proceso de deforestación, se estima que en México anualmente se deforestan 785,000 ha, equivalente al 2% de la cubierta boscosa (Cruz, 2004). Las principales causas de deforestación han sido el cambio de uso de suelo y la tala ilegal e incendios (SEMARNAT, 2002). Las plantaciones forestales comerciales son una buena opción para enfrentar diversos problemas del sector forestal en el aspecto productivo, ambiental y social, estas incrementan el abastecimiento de materias primas para la industria y la cobertura forestal, reducen la erosión, obtienen mayor captación de agua y carbono, incrementan los ingresos y mejoran el nivel de vida de los productores. (UANL, 2004). Sin embargo no se cuenta con la información básica o paquetes tecnológicos que sirvan como base, para el establecimiento de plantaciones forestales de especies tropicales en el país.

La caoba (*Swietenia macrophylla*) es una especie tropical nativa de América Latina en las últimas décadas, el árbol se ha convertido en una de las especies utilizadas con más frecuencia en los programas de reforestación y establecimiento de plantaciones forestales comerciales en diversas partes de América Latina debido al alto valor comercial de su madera cuyo precio se cotiza en el mercado internacional (Lamb, 1966; Hammond, 1992; Mayhew y Newton, 1990; ISTF News, 2003).

La caoba es una de las especies forestales del país que por su madera preciosa ha sido sometida a aprovechamiento intensivo, eso ha generado que se establezcan plantaciones para satisfacer la demanda de la industria maderera en México (Ramírez y Zepeda, 1994; Bravo, 2007). Las maderas preciosas, de esta y otras especies, apenas representan 0,5% de la producción maderable en México. Esta baja producción se debe a varios factores, entre ellos: la mini-fundización de las tierras que acompañó a los programas de colonización de

los trópicos durante las décadas de los años sesenta y setenta del siglo pasado, los incendios y las plagas forestales que reducen la producción de madera. Todos estos factores han incidido en que los árboles de *S. macrophylla* y *C. odorata* sean escasos y de talla reducida (Challenger, 1998; Conafor, 2005). En México, a pesar de que *S. macrophylla* es una especie con alto valor económico, existe poca información cuantitativa acerca de su crecimiento, desarrollo y rendimiento en plantaciones (García, 1998).

Es una especie que constituye una de las principales fuentes de madera tropical de América latina (Rodan *et al.*, 1992), varía en cuanto a la evaluación del estado de conservación de la especie. En la actualidad, la caoba obtenida mediante plantaciones representa un porcentaje muy pequeño de la madera que circula en los mercados internacionales. Prácticamente toda la caoba comercializada proviene de árboles extraídos de los bosques (FAO, 1999).

El éxito de una plantación forestal está fundamentado en el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen maderable que determina su crecimiento en un periodo de tiempo determinado (Klepac, 1983). El manejo silvícola que se debe aplicar a las plantaciones forestales es importante para promover el crecimiento de los árboles y debe estar basado en mediciones dasométricas de la especie que consideran los incrementos en diámetro, altura y producción en volumen maderable. Los tratamientos silvícolas, tales como el aclareo, buscan mejorar la estructura del rodal y, lo más importante, incrementar el volumen útil en la corta final (Smith *et al.*, 1997).

La extracción sistemática de una sola especie acaba por evitar su regeneración natural provocando su extinción en esa área. La selva se empobrece y la apertura del dosel forestal transforma las condiciones de humedad y temperatura del interior del bosque. Los efectos adversos de estas interrelaciones impactan directamente en las poblaciones de caoba, generando estímulos para la tala y alterando el potencial para su nuevo crecimiento (Juárez, 1988). Por lo cual se planteó realizar este trabajo, con el propósito de generar información técnica y científica, sobre el comportamiento, adaptación y crecimiento de *Swietenia macrophylla*.

## 2. Justificación

La caoba (*Swietenia macrophylla*) existe de manera natural en México se distribuye en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Puebla. Esta especie no tolera heladas, sequías prolongadas y es muy susceptible a las quemadas (Gordillo, 2000).

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).

La especie *Swietenia macrophylla* King, se encuentra entre las que presentan maderas de mayor valor estético e importancia económica en el trópico. Esto debido al color rojo de su madera y a su facilidad para trabajarla, asimismo está considerada como una de las maderas más finas del mundo por su fortaleza y belleza. Se le utiliza principalmente para la fabricación de muebles y revestimiento de interiores de viviendas (Mayhew y Newton, 1998).

Veracruz es uno de los estados de la república mexicana que presenta una gran diversidad de condiciones ecológicas, tanto climáticas, fisiográficas y edáficas principalmente, que conllevan, mediante su interacción, a una gran variedad de recursos forestales. Siendo así que el Estado cuenta con recursos forestales compuestos particularmente por bosques de clima templado-frío y selvas tropicales (SARH, 1994).

Con la caoba no se han realizado estudios para conservar la variación en el Estado de Veracruz, sin embargo, se sabe que se explota madera y poco se ha hecho para conservar la especie.

### **3. Antecedentes**

#### **3.1. Principales características botánica de *Swietenia macrophylla***

##### **3.1.1 Origen y distribución**

*Swietenia macrophylla* King se conoce en México como “Caoba” es originaria de las regiones tropicales de América. Su rango de distribución comprende desde México hasta Brasil. En México, se distribuye en los estados de Puebla, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas. En las vertientes del Atlántico de América Central, se encuentra desde Belice hasta Panamá, Venezuela, Colombia y en la región alta del Amazonas, en Perú y Brasil (Benítez *et al.*, 2004).

La caoba crece naturalmente en elevaciones promedio de 800 msnm, con una precipitación anual de 1000 a 3500 mm y una temperatura promedio anual de 20 a 26°C. Esta especie soporta gran variedad de suelos, que varía desde suelos arcillosos hasta aluviales, puede tolerar suelos con deficiencia de nutrientes en el que otras especies no toleran pero el crecimiento es un poco lento, aunque puede crecer bien en suelos ricos en materia orgánica (Patiño, 1997).

##### **3.1.2 Taxonomía**

La familia Meliácea está presente en África, América y Asia, incluye más de 50 géneros con más de 1 000 especies (Watson y Dallwitz, 1995). En los Neotrópicos, se han identificado ocho géneros: *Cabrlea*, *Carapa*, *Cedrela*, *Guarea* (Eleutheria), *Schmardea*, *Swietenia*, *Ruegea* y *Trichilia*, siendo *Swietenia* y *Cedrela* los más importantes desde el punto de vista forestal. El género *Swietenia* cuenta con tres especies:

*S. humilis*: su distribución es una estrecha faja a lo largo de la costa del Océano Pacífico, desde Sinaloa, México, con una masa aislada en el este de Guatemala, hasta Punta Arena en Costa Rica (Miranda, 1952).

*S. macrophylla*: se distribuye desde México a Brasil, siguiendo la costa del Océano Atlántico y está presente en América Central desde Belize a Panamá (Pennington y Sarukhán, 1968).

*S. mahagoni*: es nativa desde el sur de Florida hasta las Bahamas, Cuba, Jamaica y la República Dominicana; la especie ha sido introducida en Puerto Rico e Islas Vírgenes (Little, *et al.*, 1967).

El ámbito de distribución de la *S. macrophylla* y de la *S. humilis* se solapa al menos en tres localidades: una en México en el Istmo de Tehuantepec, otra en Guatemala y otra en Costa Rica, produciendo híbridos naturales entre ambas especies (Whitmore e Hinojosa, 1977). Las tres especies son fértiles entre sí (Styles in Pennington, 1981) y producen híbridos en las zonas de solape de su distribución natural o en plantaciones. Hay algunas pruebas que indican la posibilidad de que la *S. humilis* y *S. macrophylla* pudieran ser la misma especie. Hay informes sobre híbridos naturales de *S. humilis* y *S. macrophylla* existentes en el noroeste de Costa Rica (Holdridge y Poveda, 1975).

Los árboles de *Swietenia macrophylla* son emergentes y corpulentos, caducifolios, generalmente con una altura de 35 m y diámetros a la altura del pecho mayores de 1.5 m. Los árboles maduros tienen el fuste recto y cilíndrico el cual lleva hacia los lados varios contrafuertes de 4 a 5 m de alto. La copa es abierta, redondeada o en forma de sombrilla, con ramas extendidas, ascendentes y torcidas.

La corteza es fisurada y exfoliante en pequeñas placas, de color gris a castaño oscuro con tonos rojizos en los árboles maduros. Las hojas son alternas, generalmente paripinnadas, rara vez son imparipinnadas, de 12 a 40 cm de largo, compuestas de 3 a 6 pares de folíolos opuestos, son de color verde oscuro, asimétricos, coriáceos, glabros en ambas superficies, lanceolados u ovados, de 8 a 18 cm de largo por 5.2 a 7 cm de ancho, con el margen entero, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base. Los frutos son capsulas erectas, pardo-rojizas, lisas o ligeramente verrucosas, elangado-ovoides, de 10 a 22 cm de largo por 6 a 10 cm de diámetro, provistas de 4 a 5 valvas dehiscentes en la madurez, de 6 a 8 mm de grosor. Cada fruto contiene numerosas semillas aladas (Little y Wadsworth, 1964; Little *et al.*, 1967; Pennington, 1981; Pennington y Sarukhan, 1998).



**Figura1.** Árbol y hojas de *Swietenia macrophylla*

### **3.1.3. Reproducción**

La caoba es una planta de larga vida, que empieza a reproducirse cuando es un árbol grande. Es polinizada por insectos; la polinización es cruzada y los árboles florecen a principios de la época de lluvias, en marzo o abril (Loveless y Gullison, 2003).

La caoba se reproduce fácilmente por semilla, la germinación y formación de plántulas ocurre aproximadamente en 20 días si la semilla está fresca y madura fisiológicamente, se coloca de forma vertical enterrando toda la base del ala para facilitar el crecimiento de la raíz (Snook, 1993).

### **3.1.4. Floración**

Los árboles de caoba al igual que las demás especies de árboles presentan durante su ciclo de vida una etapa en la que no producen flores la cual se conoce por estado juvenil o vegetativo. La duración de esta etapa es variable y está controlada tanto por acción del componente genético de individuo, como por la influencia de las condiciones ambientales que le rodean. Una vez que los árboles han llegado a la madurez sexual y comienzan a producir flores lo seguirán haciendo por el resto de su ciclo de vida con algunas fluctuaciones anuales debido principalmente a los cambios climáticos (Lamn, 1966; Wightman, 2001). El árbol es monoico con las flores agrupadas en las inflorescencias subterminales o axilares, paniculadas de 10 a 20 cm de largo. Las flores son pequeñas y

fragantes, de casi 1 cm de diámetro, provistas de 5 pétalos blanco-amarillentos y 10 estambres diminutos. Los árboles que permanecen aislados en los lugares abiertos o que crecen en los claros del bosque y cuyas copas se desarrollan amplia y libremente, presentan la tendencia a florecer a una edad temprana, por lo general entre los 8 y 12 años de edad (Lamb, 1966; Francis, 1974; Mayhew y Newton, 1998).



**Figura 2.** Flor de *Swietenia macrophylla*

### **3.1.5. Fructificación**

Los frutos tardan 6 meses en madurar, son capsulas de forma ovoide a piriformes, de 12 a 20 centímetros de largo cerca de 5 cm de diámetro y 300 gramos de peso, que se abre en 5 valvas de color café, cada fruto produce entre 40 y 60 semillas y en un kilogramo se puede contar entre 1300 y 2000 semillas (Gómez y Jasso, 1955; Navarro, 1999). Son amargas, pero pueden sufrir depredación en el árbol por loros o en el suelo por insectos y roedores (Lamb, 1966). La distancia media reportada de dispersión de semilla de caoba es de 30 a 90 metros, en bosque cerrado en Bolivia (Gullison *et al.*, 1996), pero algunas semillas fueron dispersadas 60 metros o más en campo limpio en Quintana Roo (Rodríguez, *et al.*, 1994).



**Figura 3.** Fruto de *Swietenia macrophylla*.

### **3.1.6. Propagación**

Se puede propagar de manera vegetativa por medio de estacas en el vivero. Un bajo porcentaje de estacas leñosas se arraigan en el suelo húmedo sin tratamientos alguno, los brinzales y los árboles en etapa de poste y los árboles pequeños y de tamaño aprovechable rebrotan al ser cortados (Longwood, 1962).

### **3.1.7. Recolección de frutos**

La recolección de los frutos se hace directamente de los árboles antes de que abran; se secan al sol y se limpian a mano, los frutos de mayor peso y tamaño contienen las mejores semillas, por lo que son estos tipos de frutos los que tienen que recolectarse y así garantizar la mayor cantidad de semillas capaces de germinar, siendo las semillas más pesadas de mejor calidad. No presenta latencia y tiene un periodo de viabilidad de 120 días. Esta especie tiene un potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva, se ha introducido con éxito en varios países tropicales (Niembro, 1998).

### **3.1.8. Semillas**

Las semillas de la caoba presentan un cuerpo abultado y anguloso, de unos 18 a 20 mm de largo, por unos 12 a 14 mm de ancho, por 6 a 7 mm de grueso. Están provistas de un ala



lateral oblonga, delgada, papirácea y quebradiza de unos 75 a 100 mm de largo, por 17 a 30 mm de ancho. La cubierta seminal o testa es lisa y cartácea, de color castaño-amarillento y brillo apagado en la semilla madura. El cuerpo abultado y anguloso de la semilla contiene en su interior un embrión de eje recto de color blanco amarillento, colocado transversalmente y provisto de cotiledones elípticos u oblongos, escamosos, parcialmente fusionados en sus tercios superiores y rodeados de una delgada capa de endospermo (Corner, 1976; Alvarenga y Flores, 1988).



**Figura4.** Semilla de *Swietenia macrophylla*

### **3.2. Mejoramiento genético forestal**

El mejoramiento genético forestal se define como la acción combinada de la genética y la silvicultura para incrementar la productibilidad y calidad del bosque (Zobel y Talbert, 1984; Zobel y Talbert, 1988). Mediante la genotecnia se manipula la constitución genética de las poblaciones y a través de la silvicultura se maneja el ambiente en el cual crecen estas poblaciones (Brauer 1986, Noda y Pérez, 1986). Su objetivo es obtener árboles que estén más cerca de la condición deseada que aquellos que se utilizan comúnmente (Zobel y Talbert, *op. cit.*).

Un programa de mejoramiento genético está encaminado a mejorar características específicas de una especie en función del uso al que será destinada. La definición de las características a mejorar antecede a la primera operación del programa que es la selección;

es en esta actividad donde se determina cuanta ganancia genética se obtendrá en la primera y en las siguientes generaciones (Zobel y Talbert, 1984).

El método de mejoramiento genético vía selección y cruzamiento ha probado ser el más efectivo y económico en todo el mundo (Wright, 1964).

Existen varios tipos de selección los cuales se emplean de acuerdo con el nivel de ganancia genética deseado por el programa de mejoramiento, se utiliza desde una selección fenotípica cuando se encuentra con la masa forestal por sí sola, hasta una selección genotípica cuando se tiene información, tanto de los árboles de la progenie como de los progenitores (Wright, 1976).

La selección artificial es otro proceso por el cual se puede que árboles se les permitirá reproducirse. Con la reproducción de los árboles seleccionados se pretenden mejorar el fenotipo de una población por lo tanto entre mayor sea la intensidad de selección, mayor será también la ganancia genética promedio (Bey, 1986, citado por Plancarte, 1990).

El grado de mejoramiento que se puede alcanzar en determinadas características mediante la selección de acuerdo a Moreno *et al.* (1986), depende de tres componentes: a) variabilidad del carácter, b) heredabilidad y c) proporción de árboles seleccionados.

### **3.2.1. Estrategias de mejoramiento genético**

El mejoramiento genético forestal se puede realizar con distintos métodos, pero la selección artificial seguida del cruzamiento de árboles selectos ha probado ser el más efectivo y económico (Clausen, 1990). Para lograrlo de mejor manera se puede implementar un programa a corto, mediano y largo plazo.

Con la consecución ordenada de este procedimiento se habrá de tener un programa con las características que permitan obtener semilla para el establecimiento de plantaciones a corto plazo con rodales y áreas semilleras, a mediano plazo en los ensayos de procedencias o progenies se obtendrá semillas de las mejores familias e individuos y a largo plazo se tendrá la semilla mejorada de las nuevas generaciones.

### **3.3. Tipos de ensayos**

#### **3.3.1. Ensayos de procedencia**

Una procedencia se define como la fuente geográfica original o natural de un individuo población o especie (Eguiluz, 1988), es decir, desde el punto de vista forestal, es la población de árboles que se encuentran creciendo en un lugar de origen determinado, la información de estos lugares (procedencia) es importante para asegurar las fuentes de semillas, buena adaptación, arbolado productivo y poder efectuar programas de cruzas (Callaham, 1964). Langlet (1962) menciona que los ensayos de procedencias son estudios de variación adaptiva inherente relacionada a la variabilidad ecológica dentro de especies y estudios de diferencias no adaptativas inherentes resultantes del aislamiento u otros factores, se sabe que la ganancia genética más rápida y efectiva que podrá hacerse en reforestación sería a partir de la procedencia correcta para cada ambiente.

Estos ensayos de procedencia intentan definir la fuente de semillas más apropiada para un lugar determinado por medio de los patrones de variación de los componentes genéticos, ambientales y sus interacciones (Heaman, 1984). El éxito o fracaso en el establecimiento de plantaciones forestales está determinado en gran parte por la especie utilizada (Patiño, 1978). La selección de los individuos que mejor se adapten a una región es un proceso largo y complicado que inicia con estudios de zonificación geográfica, continua con el movimiento y establecimiento en campo del germoplasma y concluye con sus estudios de adaptabilidad y crecimiento (Ford-Lloyd y Jackson, 1976).

De acuerdo a Burley (1970), citado por Patiño y Garzón, 1976, los ensayos de procedencias tienen cinco objetivos primordiales:

a) Determinar la extensión y patrones de la variación genética en tantos caracteres como sea posible y a través de lotes de semillas colectadas en el rango de distribución de la especie. El número y tipo de caracteres investigados, dependerá de los recursos disponibles para los trabajos de campo y laboratorio, pudiendo incluirse el estudio de la variación en caracteres anatómicos, bioquímicos, morfológicos y fenológicos.

b) Determinar el efecto de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas dentro del rango de distribución de la especie y evaluar la importancia de las interacciones entre la procedencia y el medio ambiente.

c) Comparar plantas procedentes de semilla colectada en rodales naturales con plantas derivadas de semillas recolectadas en plantaciones, de lo cual se puede esperar obtener la constitución genética de la población.

d) Jerarquizar y agrupar las procedencias dentro de cada localidad en orden de adaptabilidad y productividad. Los caracteres más importantes serán aquellos relacionados con la supervivencia y la resistencia a factores adversos del medio ambiente y biótico, crecimiento, forma y rectitud.

e) Se basa en la función de la cantidad de familia disponible de cualquiera procedencia, ya que si esta es pequeña, bien se puede obtener a través de los ensayos de campo material de buena calidad para la iniciación y continuación de un programa selectivo de mejoramiento de árboles.

Desde 1880, iniciaron con plantaciones de especies exóticas (acacia y eucalipto); para 1930 estas especies ya habían demostrado su valor y las estaban plantando a gran escala y en 1964 las exóticas ocupan 765 000 ha. Lo equivalente a cuatro veces la superficie del bosque natural, lo que demuestra que un ensayo de procedencia con la especie adecuada logró que Sudáfrica se hiciera autosuficiente (Plancarte, 1990).

Tener en cuenta que usar una procedencia no apropiada en el sitio de plantación podría resultar en el rechazo prematuro de la especie para usos de silvicultura comercial o social (CAMCORE, 1963).

### **3.3.2. Ensayos de progenie**

Como parte de los programas de mejoramiento genético, los ensayos de progenie permiten reevaluar o modificar las estrategias de mejora genética en algunas especies (Fowler, 1978).

Los árboles producidos a partir de la semilla de un árbol progenitor se conocen como su progenie (Eguiluz, 1988 y Wright, 1964), definen el ensayo de procedencia como la descendencia de un árbol particular o el resultado de la combinación de una fuente parental masculina y una femenina, sin embargo, Warwick y Legates (1980) definen a las pruebas de progenie como la estimación de valor genético o constitución de individuos, mediante la medición y observación del comportamiento, la apariencia u otras características de un grupo de su progenie. En síntesis la progenie está compuesta por todos los descendiente (hijos) de árboles conocidos (Mendizábal, 1997).

Los objetivos de los ensayos de progenie son estimular: a) el valor genético de un individuo con base al comportamiento de su descendencia y, b) el valor genético de individuos medios hermanos completos (Quijada, 1980, citado en Alba, 1996).

Los ensayos de progenie son indispensables ya que nos permiten: a) la evaluación del valor de cruce (aptitud combinatoria de los árboles), b) estimación de parámetros genéticos estadísticos, c) evaluación de subpoblaciones o líneas para usos específicos de plantación y d) evaluación de individuos con fines de selección continua (Quijada, *op. cit.* citado en Alba, *op. cit.*).

### **3.3.3. Ensayos de Procedencias/progenie**

Se menciona que la constante variación de sitios y la variación que se presenta en poblaciones de una misma especie, así como en sus individuos, plantea la necesidad de establecer estudios que permitan evaluar tanto a procedencias como a progenie en un mismo sitio de cuya información o resultados se pueda decidir la mejor procedencia, la misma familia y la mejor progenie (Alba, 1996).

El objetivo de los ensayos de procedencias/progenie es el de evaluar la calidad genética de las procedencias y las familias y la información que se tenga será la base sobre la cual se

tomaran las decisiones para seleccionar las fuentes de semillas más adecuadas y las estrategias que se deban adoptar para el mejoramiento de árboles (COMCORE, 1986), para esto se considera determinar la extensión y patrones de variación en tantos caracteres como sea posible abarcando el rango de distribución de la especie y determinar el efecto de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas y evaluar la importancia de la interacción genotipo-ambiente, también considera jerarquizar y agrupar las procedencias dentro de cada localidad en orden de adaptabilidad y productividad, así como fungir como plantaciones de conservación y/o áreas de reproducción de semilla (Burley, 1970 en Patiño y Garzón, 1976).

#### **3.4. Variación y mejoramiento genético**

Se entiende como variación a todo en conjunto de diferencias que se presentan en los árboles y de acuerdo a su origen se tiene variación ambiental, variación genética y variación por la interacción genotipo-ambiente (Spurr y Barnes, 1980). La variación ambiental se encarga de favorecer y restringir ciertas características del individuo, es decir, que permite que los árboles sobrevivan, crezcan y se reproduzcan en las diferentes condiciones y numeroso ambiente.

La variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal, como ya se mencionó anteriormente; sin variación en la adaptabilidad a condiciones ambientales, en la velocidad de crecimiento, las características de la madera o en la resistencia frente a plagas y enfermedades, no sería posible producir genotipos con crecimiento rápido, resistente a plagas y enfermedades y bien adaptados a las condiciones ambientales (Nienstaedt 1989 y 1990).

Cualquier programa de mejoramiento genético que quiera tener éxito depende de la capacidad que tenga el árbol para transmitir sus características a la progenie. La base de dicho programa es una población con árboles variables genéticamente (Daniel *et al.*, 1982). La variación encontrada en los árboles forestales se puede dividir en las siguientes categorías o niveles (Zobel y Talbert, 1988):

- a) Variabilidad geográfica (procedencias). Son las diferencias que existen entre poblaciones de la misma especie, en relación a diferentes localidades geográficas de su distribución natural.
- b) Variabilidad entre sitios. Es la variación ocasionada por el ambiente que se tiene algunas veces de un sitio a otro dentro de una procedencia.
- c) Variabilidad entre rodales dentro de sitios. Las diferencias genéticas son relativamente pequeñas.
- d) Variabilidad de árboles dentro de un rodal. Esta variación suele ser grande y en el principal tipo de variación genética que se utiliza en un programa de selección y cruzamiento genético forestal.
- e) Variabilidad dentro del árbol. Este tipo de variación se aplica a algunas características específicas, es decir, se distinguen diferencias dentro de un mismo árbol.

El estudio de la variación natural de una especie en particular debe determinar primero que diferencias geográficas están presentes y después a variación que podría aparecer dentro de las categorías menores (Zobel y Talbert, *op. cit.*).

#### **3.4.1. Importancia de los estudios de variación**

La importancia de la variación en árboles es fundamental por Furnier (1997) citando a Fisher (1987), cuando dice: "... Los niveles de variación genética dentro de especies y poblaciones nos interesan en el manejo de recursos genéticos, porque la variación sirve como materia prima de la evolución y está relacionada con la habilidad de las poblaciones para adaptarse a cambios ambientales... Los patrones de variación dentro de especies nos interesa, ya que determinan la manera en que explotamos y conservamos estos recursos..." (Citado en Viveros, 2000). Mientras tanto Loo (1997), se refiere que el amplio uso de los recursos genéticos significa evitar la agitación de la variabilidad natural existente, en un punto en el cual el potencial adaptativo de la población o especie se pierda. Por ello es

importante reconocer que la variabilidad es el objetivo principal de la conservación y no por genes individuales (Ledig *citado por* Loo, 1997).



### 3.5. Estudios realizados

Niembro *et al.* (2006), compararon los efectos de fuentes parentales sobre la emergencia del epicotilo y crecimiento de altura y diámetro de la plántulas de *Swietenia macrophylla* a los 100 días de su establecimiento. El crecimiento se llevó a cabo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con 20 tratamientos, 5 bloques por tratamiento y 5 semillas por bloque. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre las plántulas para las variables mencionadas el 95% de confiabilidad, la altura de las plantas fue de 6.0 a 16 cm mientras que el diámetro del tallos mostraron valores de 0.8 a 5.8mm.

Sandoval (2010), realizó un estudio con la finalidad de evaluar el crecimiento de tres especies tropicales cedro rojo (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), y primavera (*Tabebuia donnel-smithii*), se establecieron predios ubicados en San Pedro Pochutla, Oaxaca, dichas plantaciones muestran edades diferentes que van desde uno hasta doce años. Los resultados muestran que el crecimiento de *Swietenia macrophylla* está por debajo a comparación de las otras especies mostrando que a la edad de seis años los mostrando un crecimiento en altura de 5.7 m y crecimiento en diámetro de 6.8.

Montañez-Escalante *et al.* (2009), determinaron la influencia de árboles asociados, sobre el crecimiento y desarrollo de caoba (*Swietenia macrophylla*) y ramón (*Brosimum alicastrum*) en una plantación establecida en Mérida, Yucatán. Se establecieron tres tratamientos para la caoba 1) caoba en monocultivo; 2) caoba con tamarindo; 3) caoba con tamarindo y achiote. Los efectos de las asociaciones sobre el crecimiento de las plantas se determinaron con un análisis de varianza con un nivel de significancia del 95%. El crecimiento de las plantas de caoba en mono cultivo fue similar al de las asociaciones con tamarindo y la de tamarindo con achiote alcanzando una altura promedio de 5 m y una diámetro promedio de 5 cm en los tres tratamiento.

Niembro (2006), evaluó la relación entre el peso y dimensiones de frutos de *Swietenia macrophylla* con su potencial y eficiencia de producción de semilla encontrado que los

frutos de caoba tienen un potencial para producir un promedio de 66 semillas y una eficiencia de producción de semillas de 72% en promedio.

Pérez *et al.* (2012), realizaron una caracterización dasométrica y determinaron la calidad de sitio en ocho plantaciones de *Swietenia macrophylla* en parcelas establecidas en el trópico mexicano, los índices de sitio para *Swietenia macrophylla* en el estado de Tabasco se clasificaron como baja (11.5 m), media (14,5 m) y alta (17,5 m) con edad base de 10 años.

Arteaga e Izaguirre (2004), en un paraje denominado “Cerro del pavo”, Quintana Roo, realizaron una plantación de caoba, cedro rojo, chico zapote, macuilis, Ramón, amapola y pimiento en tres sistemas de plantación. Las plantaciones se desarrollaron en forma diferente debido a los factores de luz, suelo, agua, densidades de plantación, tamaño de brecha y ataque de plagas. Los resultados señalaron que el mejor desarrollo se presentó en el sistema “Taungya”, debido a que éste tiene los mejores porcentajes de sobrevivencia (72.3%) e incrementos de diámetro y altura para la caoba y cedro rojo.

Moreno (2003), Realizó una evaluación de la sobrevivencia de las plantas de caoba y cedro rojo, la evaluación del crecimiento e incremento medio en altura para las plantas de caoba y cedro rojo de las anualidades contempladas; muestra en el caso de la caoba, incrementos medios anuales en altura que sobrepasan los 50 cm, teniendo como máximo 79.03 cm.

Morris y Negreros (2000), realizaron estudios sobre los efectos en fechas de siembra, sombra y riego en la germinación de *Swietenia macrophylla* en un vivero en Quintana Roo. Utilizando tres niveles de sombra, dos de riego y cuatro fechas de siembra distinta, que abarcan temporadas de lluvia y seca. Llegando a la conclusión de que la sombra no favorece el establecimiento y el crecimiento, pero sí contribuye a mantener la humedad del suelo y la viabilidad de la semilla durante la germinación.

Navarro y Hernández (1999), realizaron tres ensayos de progenie de *Swietenia macrophylla* procedentes de Costa Rica, Centro América y México. Dentro de los tres ensayos, se encontraron diferencias significativas en las familias para las variables de altura y

diámetro, llegando a la conclusión de que las progenies de Costa Rica, Centro América y México existen altos niveles de variación genética.

Rodríguez –Morales (2010), realizó un estudio con el objetivo de determinar el crecimiento de plantas de caoba en función de los siguientes factores luz, defoliación e inoculación micorrizica en condiciones de vivero. Las variables evaluadas fueron altura, diámetro, longitud de raíz, área foliar y peso seco a los 130 días de su siembra, el experimento consistió en un diseño aleatorio, con arreglo de 12 tratamientos en parcelas sub-subdivididas, para cada tratamiento se establecieron ocho individuos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes 1) la defoliación tuvo efecto significativo ( $P < 0.01$ ) en altura, área foliar y peso seco, 2) la interacción de la luz y micorrización fue significativa en altura y la longitud de la raíz ( $P < 0.01$ ), 3) la interacción de la defoliación y micorrización fue altamente significativa en todas las variables.

Distancia-Carbajal *et al.* (2005), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el crecimiento en altura, diámetro y área de la copa de las siguientes especies cedro, caoba, parota y rosa morada en dos condiciones de y tres niveles de fertilización en una plantación establecida en el estado de Jalisco. Esta plantación se estableció en 1992 en una área de 1.8 hectáreas en un diseño de marco real, se plantaron 288 árboles por cada especie para hacer un total de 1152 árboles, la mitad fueron designados a la parcela sin riego y la otra mitad con riego, dentro de cada una de estas parcelas se ubicaron tres subparcelas a las cuales se le aplicaron tres niveles de fertilización. Los resultados obtenidos para las variables diámetro de caoba presento el promedio más bajo a comparación de las otras especies con un promedio de 11.3 cm y para altura reportaron un promedio de 5.8 m.

Bernabe-Ramírez *et al.* (2012), evaluaron una muestra de seis familias de caoba (*Swietenia macrophylla*) procedentes del estado Campeche en condiciones de vivero. Las variables evaluadas fueron altura y diámetro, los resultados obtenidos mostraron un promedio de 18.16cm para la variable altura y 3.93 mm para la variable diámetro, donde se observó que algunas mostraron mayor dispersión en sus valores, el análisis de varianza mostró existencia de diferencias estadísticamente significativas para las dos variables.

## 4. Objetivos

### 4.1. General

Determinar variación entre unidades genéticas de una ensayo de procedencias/progenie de *Swietenia macrophylla*.

### 4.2. Específicos

- ◆ Evaluar altura, diámetro, supervivencias de *Swietenia macrophylla*.
- ◆ Reconocer las familias sobresalientes con respecto altura y diámetro para un posible manejo.

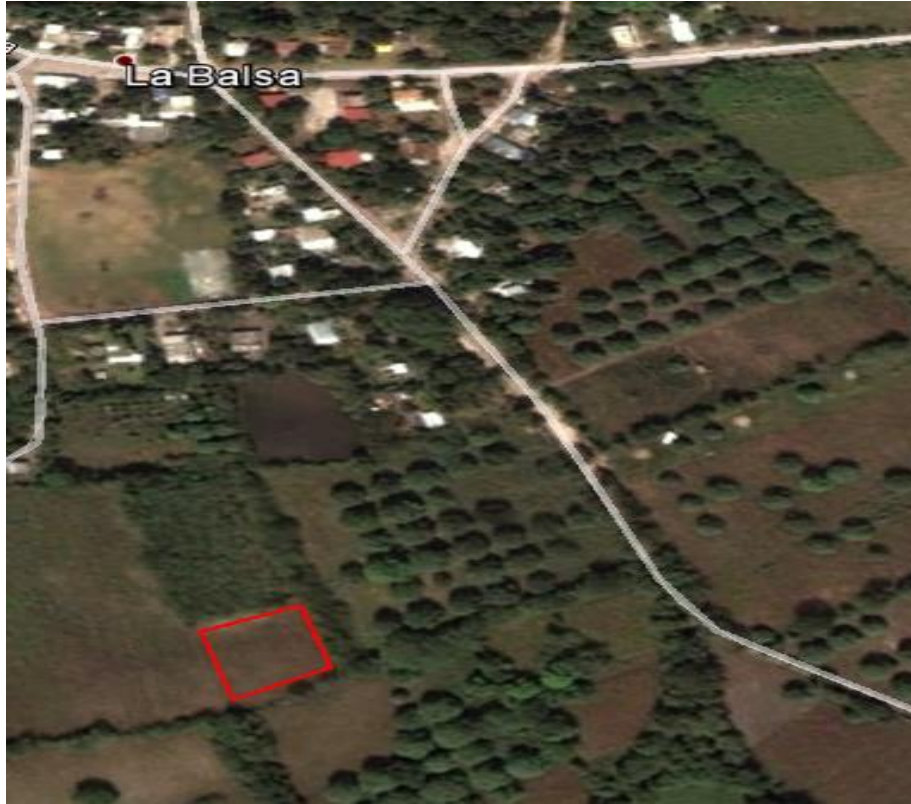
## 5. Metodología

El presente trabajo se realizó en una plantación compuesta por 8 familias de dos procedencias (Campeche, Campeche y Villahermosa, Tabasco) en un diseño de 9 bloques con 2 repeticiones por familia, en un diseño de bloques incompletos al azar. Participaron 6 familias de Campeche y 2 familias de Villahermosa, la ubicación y características de cada procedencia se presenta en la tabla 1.

Procedencia	Latitud longitud	Elevación (msnm)	Precipitación anual (mm)
Campeche	18°38'18" N 91°50'07" O	150	1000
Villahermosa	17°43'00" N 92°35'12" O	25	1500

**Tabla 1.** Datos generales de las procedencias de *Swietenia macrophylla*

Las plantas evaluadas para el ensayo de procedencias/progenie de *Swietenia macrophylla* fueron producidas en el instituto de investigación forestal. La plantación se estableció el 19 de junio del 2013, en La balsa, Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. El cual presenta un clima templado húmedo con lluvias en verano y una temperatura promedio de 25°C y cuanta con una altitud de 400 msnm.



**Figura5.** Ubicación de la plantación La balsa, Veracruz

### 5.1. Diseño de la plantación

C2	T1	C1	C4		C5	C3	V1	C6		C1	C4	C6	C5
C2	V2	C1	C4		C5	C3	V1	C6		C1	C4	C6	C5
V1	C3	C5	C6		C2	C1	C4	V2		C3	V1	C2	
V1	C3	C5	C6		C2	C1	C4			C3	V1	C2	V2
C4	C1	V1	V2		C3	C5	V2	V2		C6	C3	C1	C4
C4	C1	V1			C3	C5		V2		C6	C3	C1	C4
C3	C6	C2	C5		C4	V1	C1	C6		V2	C2	C5	V1
C3	C6	C2	C5		C4	V1	C1	C6			C2	C5	V1
C1	V1	C3	C6		C1	C2	C3	V1		C4	T1	V1	C1
C1	V1	C3	C6		C1	C2	C3	V1		C4	V2	V1	C1
C2	C5	C4	V2			C6	C5	C4		C2	C5	C3	C6
C2	C5	C4				C6	C5	C4		C2	C5	C3	C6

### 5.1.2. Trabajo en campo

A los dos años de establecida la plantación (28 de agosto del 2015) se hizo una primera evaluación y se hizo otra evaluación al tercer año (16 de agosto del 2016) la altura, diámetro y la sobrevivencia. La altura de las plantas se midió con un flexometro, desde la base del tallo hasta el ápice.

El diámetro se tomó con un vernier digital con aproximación a milímetros desde la base del tallo. La sobrevivencia se determinó a través del conteo de las plantas vivas y muertas dividiéndolos entre el número de plantas establecidas.

## 6. Análisis estadísticos

Para la altura, diámetro y sobrevivencia se realizó un análisis exploratorio que consistió en la obtención de las estadísticas descriptivas y gráficos de cajas y alambre, utilizando el paquete STATISTICA, se realizó el análisis de varianza utilizando el siguiente modelo de efectos fijos.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + F_j(P_i) + B_k + E_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = Valor observado de la variable

$\mu$  = Efecto de la media general

$P_i$  = Efecto de las procedencia i-ésima

$F_j(p_i)$  = Efecto de la familia j-ésima en la procedencia i-ésima

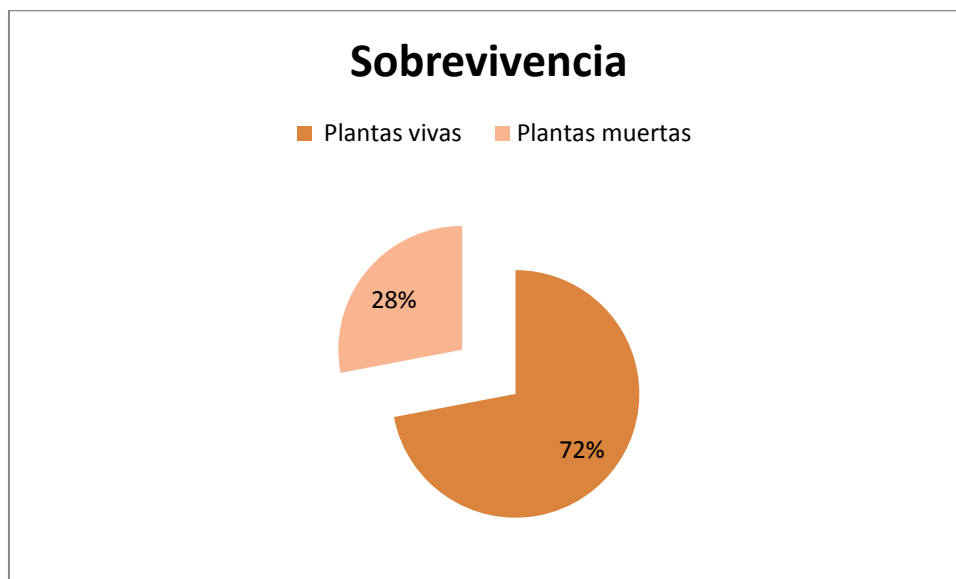
$B_k$  = Efecto de bloques k-ésima

$E_{ijkl}$  = Error experimental

## 7. Resultados

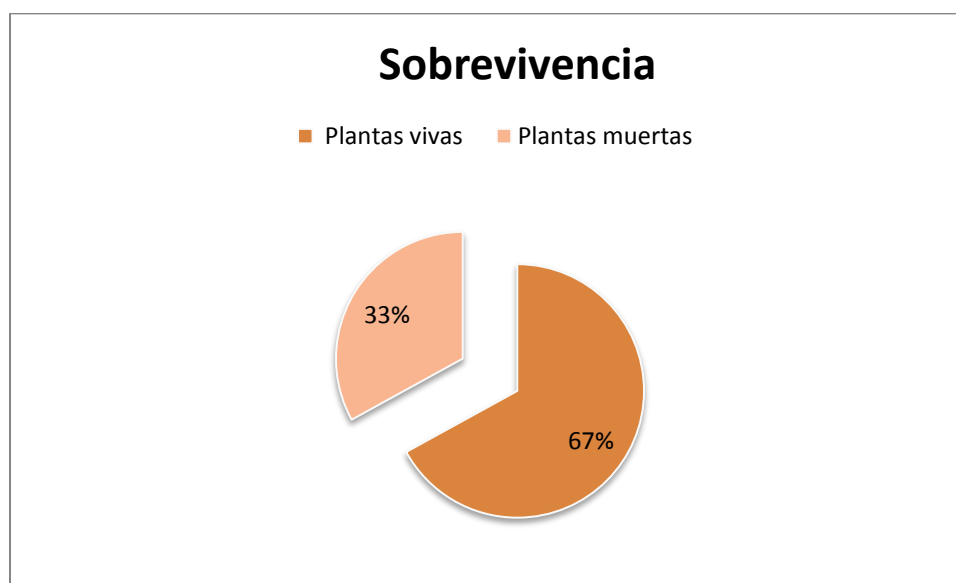
### 7.1. Supervivencia

La supervivencia de la plantación de *Swietenia macrophylla* evaluada a los dos años de ser establecida en la Balsa, municipio de Emiliano Zapata, Veracruz fue 69% (figura 6).



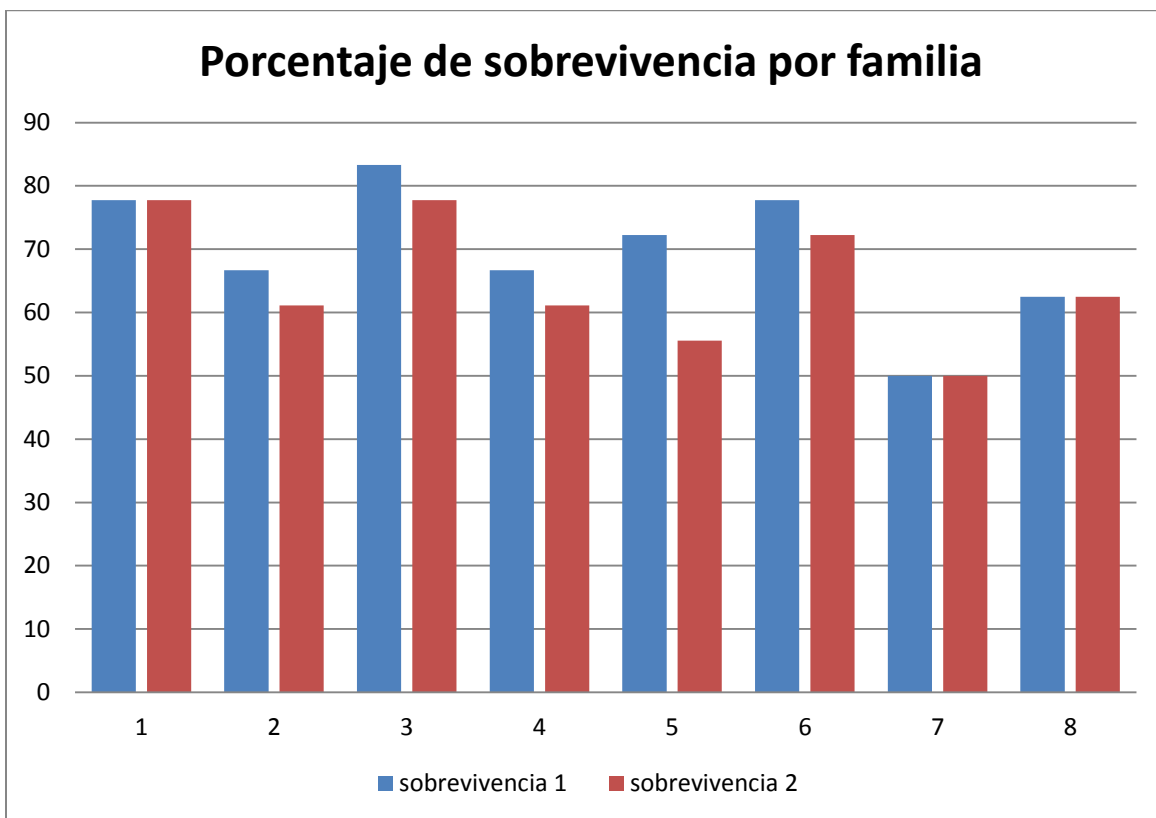
**Figura 6.** Gráfica de supervivencia de un ensayo de procedencias/progenie de *Swietenia macrophylla*

La supervivencia de la segunda evaluación de *Swietenia macrophylla* en figura 7 se observa de forma general con un 67% de plantas vivas.



**Figura 7.** Gráfica de supervivencia de un ensayo de procedencias/progenie de *Swietenia macrophylla*

Las familias que presentaron el 70% o más de sobrevivencia fueron 1, 3 y 6 procedentes de Campeche en las dos evaluaciones, el porcentaje máximo de sobrevivencia en la procedencia de Villahermosa lo alcanzó la familia 8 con el 63% en la primera y segunda evaluación (figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de sobrevivencia por familia *Swietenia macrophylla*.



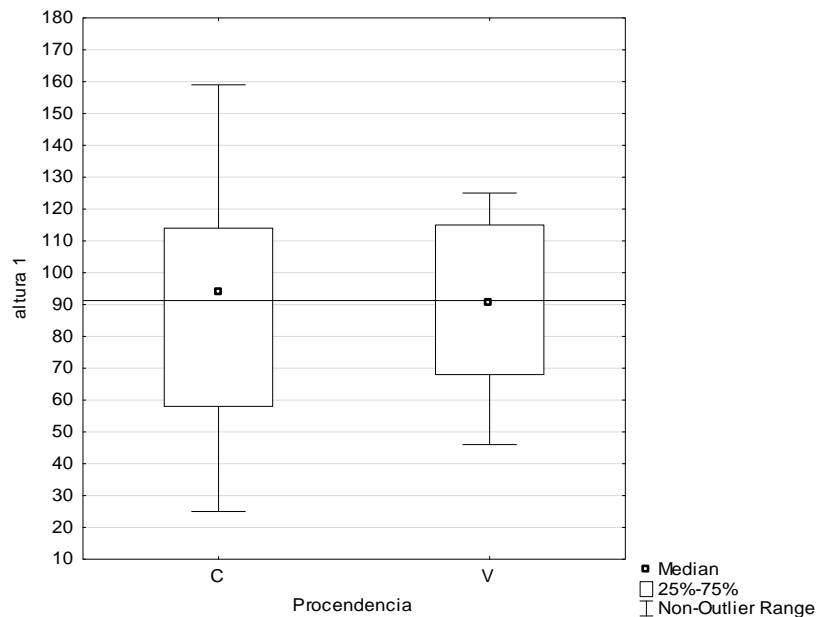
## 7.2. Altura

Los resultados de las estadísticas descriptivas para la variable altura de las evaluaciones realizadas (dos años y tres años de establecida la plantación) se observa en la tabla 3, teniendo como un crecimiento aproximado de 80 cm entre los dos años evaluados, con un valor promedio de 90.66 cm en la primera evaluación y 132.41 cm la segunda evaluación.

	Numero de observaciones	Media	Mínimo	Máximo	Desv.Std.
Altura 1 (cm)	93	90.62	25.00	159.00	33.26
Altura 2 (cm)	87	132.82	31.00	239.00	54.46

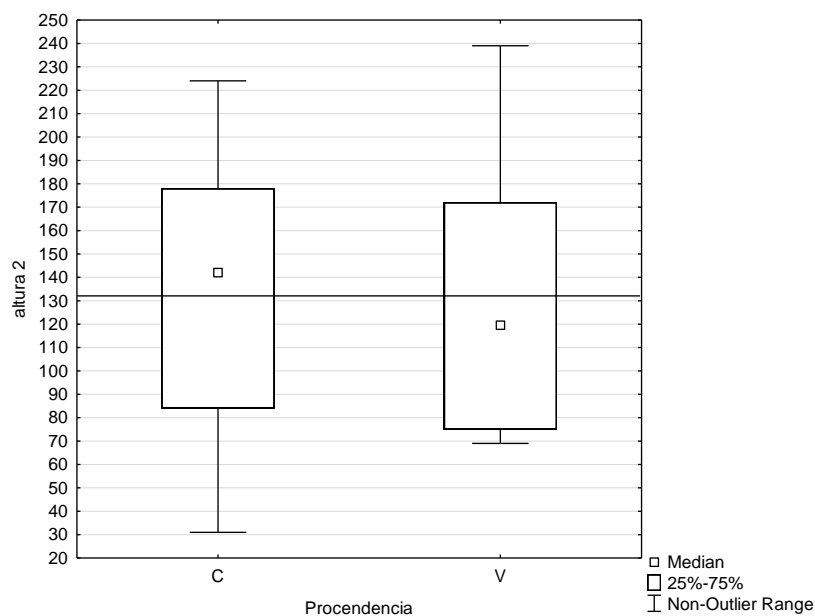
**Tabla 3.** Estadísticas descriptivas para la variable altura en las plantas de *Swietenia macrophylla*.

El comportamiento de las procedencias en cuanto a la primera evaluación de altura se observa en la figura 9, donde Campeche se presenta como la mejor con el 50% de sus valores por arriba de la media general y mayor dispersión en sus datos, en el caso de Villahermosa sus valores muestran menor dispersión de sus valores.



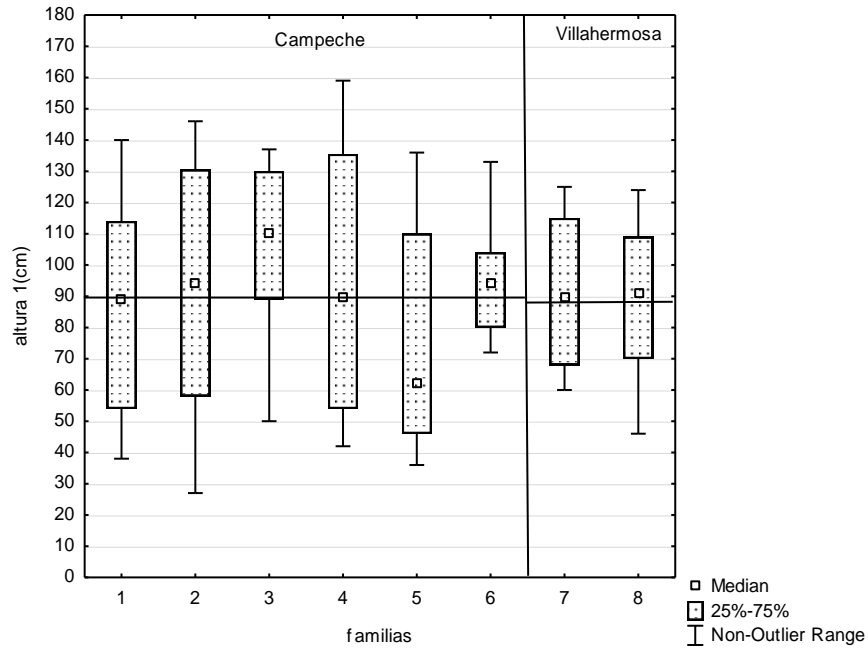
**Figura 9.** Gráfica de altura por procedencias.

El comportamiento de las procedencias en cuanto a la segunda evaluación de altura se observa en la figura 10, donde Campeche se presenta como la mejor con el 50% de sus valores por arriba de la media general y mayor dispersión en sus datos, en el caso de Villahermosa sus valores muestran menor dispersión de sus valores y plantas con mayor altura.



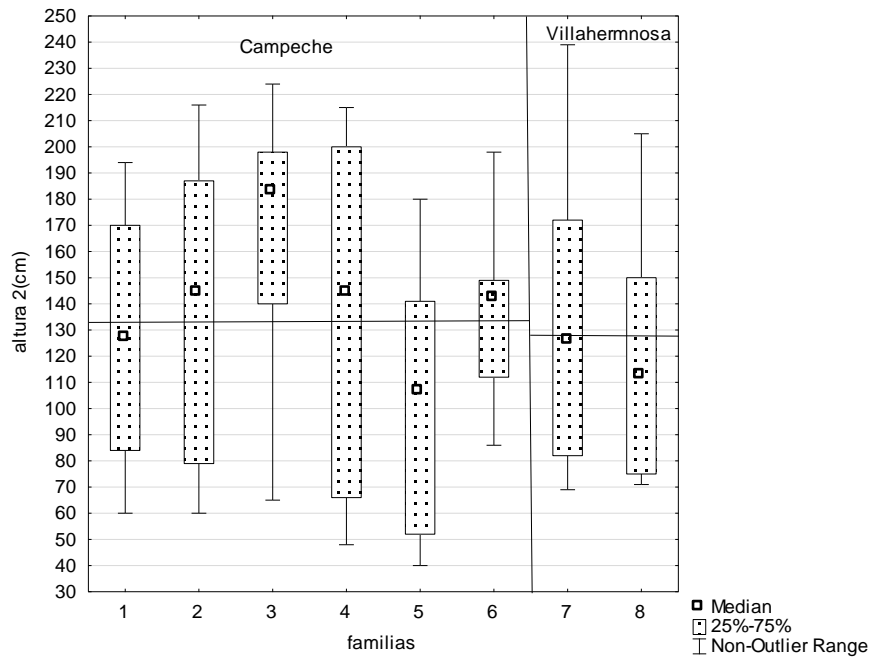
**Figura 10.** Gráfica de altura en la segunda evaluación por procedencias.

Gráficamente las familias para la variable altura de las plantas se presenta en la figura 11, donde en la primera evaluación destacan las familias 2 y 3 por tener el 50% de sus datos por arriba de la media que fue de 89 cm para la procedencia de Campeche. La familia 8 procedente de Villahermosa sobresale por tener el 50% de sus datos por arriba del promedio que fue 90 cm.



**Figura 11.** Comparación entre familias para altura de las plantas de *Swietenia macrophylla*

En la segunda evaluación las familias que destacan con el 75% de sus datos por arriba del promedio 128.cm son las familias 2,3 y 6. La familia 7 procedente de Villahermosa se distingue por tener mayor dispersión en sus datos y con plantas con mayor altura figura 12.



**Figura 12.** Comparación entre familias para altura de las plantas de *Swietenia macrophylla*

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable altura para las dos evaluaciones mostro que no existen diferencias significativas entre procedencias y familias dentro de procedencias (tabla 4).

	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
<b>Altura 1</b>	<b>Procedencia</b>	1	24.8	24.8	0.0316	0.859486
	<b>Familia (proc.)</b>	6	3247.7	541.3	0.6884	0.659613
	<b>Bloque</b>	8	24500.0	3062.5	3.8948	0.000756
	<b>Error</b>	70	55042.0	786.3		
	<b>Total</b>	85	84641.4			
<b>Altura 2</b>	<b>Procedencia</b>	1	2.8	2.8	0.0015	0.969612
	<b>Familia (proc.)</b>	6	21329.6	3554.9	1.8861	0.095326
	<b>Bloque</b>	8	88369.0	11046.1	5.8605	0.000010
	<b>Error</b>	70	131939.8	1884.9		
	<b>Total</b>	85	249761.6			

**Tabla 4.** Análisis de varianza para la variable altura.

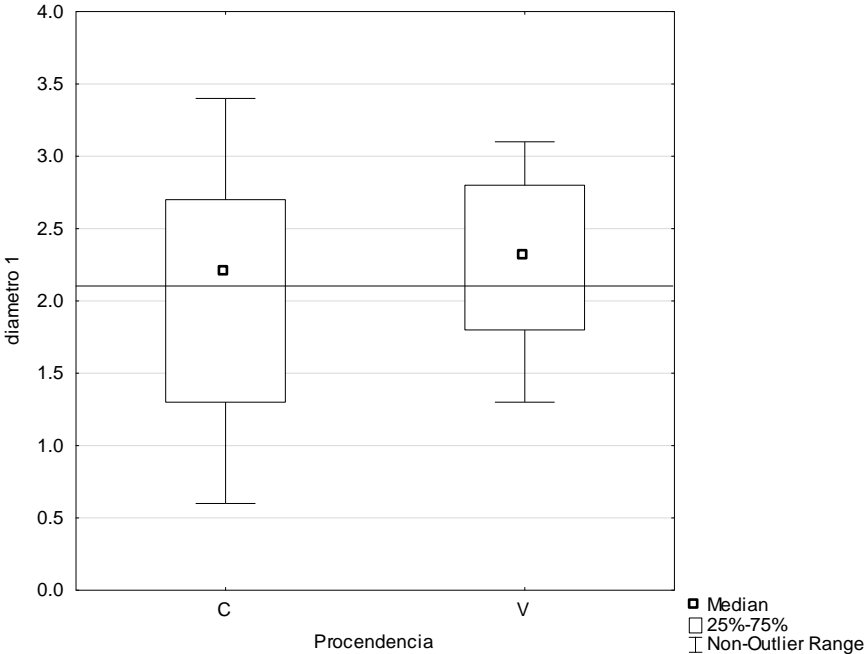
### 7.3. Diámetro

Los resultados de las estadísticas descriptivas para la variable diámetro de las evaluaciones realizadas (dos y tres años de establecida la plantación) se observa en la tabla 5, teniendo un crecimiento aproximado de 1.6 cm entre los dos años evaluados con un valor promedio de 2.1 cm en la primera evaluación y 2.8 cm en la segunda evaluación.

	Números de observaciones	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Std
<b>Diámetro 1(cm)</b>	93	2.1	0.60	3.4	0.71
<b>Diámetro 2 (cm)</b>	87	2.8	0.80	5.0	1.05

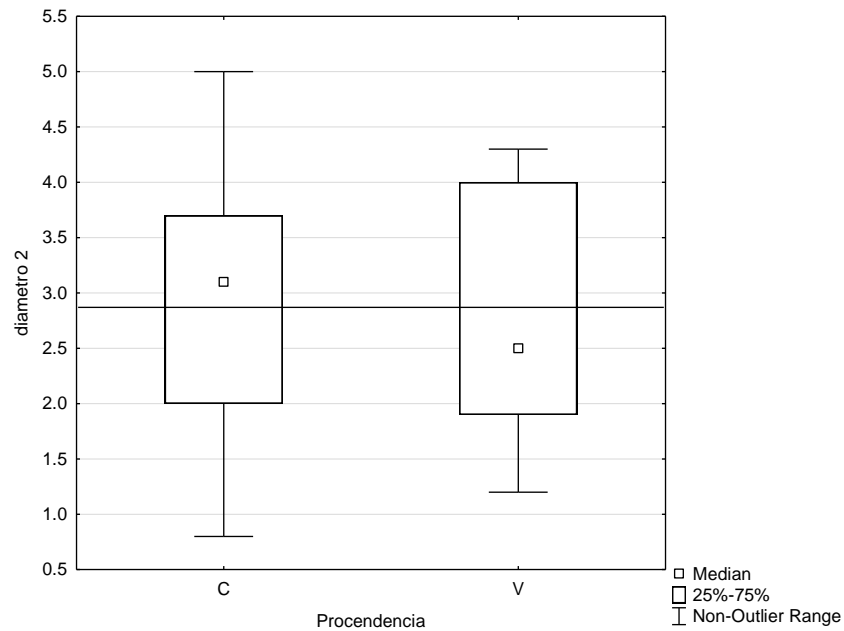
**Tabla 5.** Estadísticas descriptivas para la variable diámetro de las plantas de *Swietenia macrophylla*.

El comportamiento de las procedencias en cuanto a diámetro se observa en la figura 13, donde Campeche se presenta como la mejor con el 50% de sus valores por arriba de la media general, en el caso de Villahermosa se observa que cuenta con menor dispersión de datos, sus valores se encuentran por arriba del 60% de la media general.



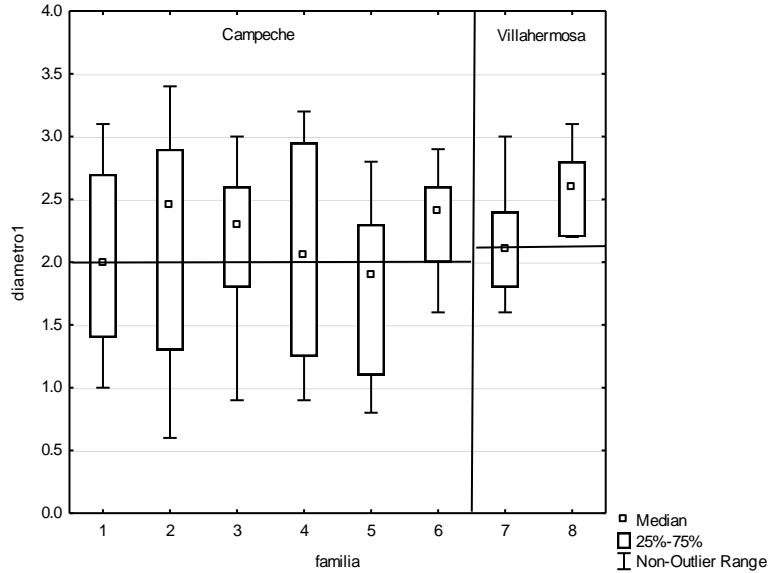
**Figura 13.** Gráfica de procedencias para diámetro.

El comportamiento de las procedencias en la segunda evaluación en cuanto a diámetro se observa en la figura 14, donde Campeche se presenta como la mejor con el 50% de sus valores por arriba de la media general, en el caso de Villahermosa se observa que cuenta con menor dispersión de datos, sus valores se encuentran por arriba del 60% de la media general.



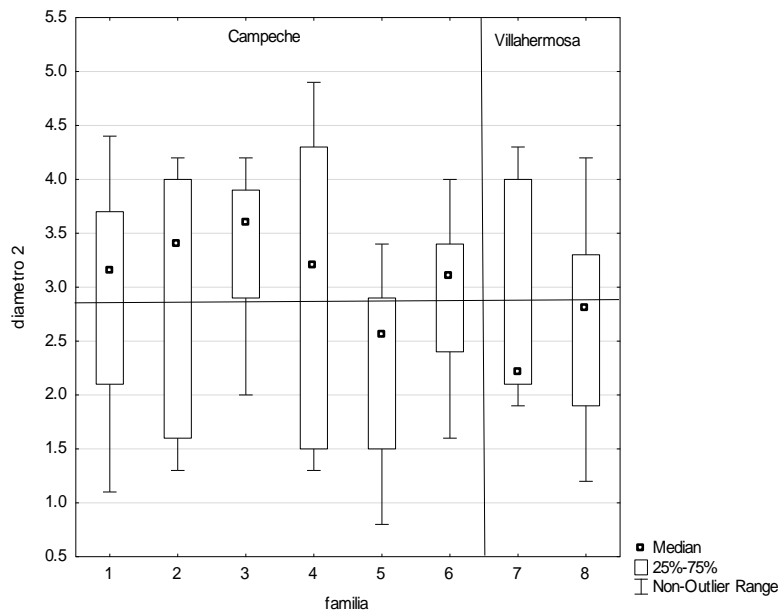
**Figura 14.** Gráfica de procedencias para diámetro.

Gráficamente para la variable diámetro las familias que se destacan en la primera evaluación por tener más del 50% de sus datos por arriba de 2.02 cm son las familias 2, 3 y 6 procedentes de Campeche. Las plantas procedentes de Villahermosa presentan menor dispersión de sus datos, la familia 8 sobre sale por tener el 75% de sus datos por arriba de la media que fue 2.2 mm.



**Figura 15.** Comparación entre familias para la variable diámetro de las plantas de *Swietenia macrophylla*

En la segunda evaluación se destacan las familias 1, 2, 3, 4 y 6 por tener el 75% de sus datos arriba del promedio que fue de 2.88 cm. y entre estas sobresale la familia 3 con mayor dispersión en sus datos. Para la procedencia de Villahermosa la familia 7 se destaca por tener menor dispersión de sus datos y mostrar los diámetros más altos figura 16.



**Figura 16.** Comparación entre familias para la variable diámetro de las plantas de *Swietenia macrophylla*

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el variable diámetro para las dos evaluaciones mostro que no existen diferencias significativas entre procedencias y familias dentro de procedencias tabla 6.

	<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Diámetro 1</b>	<b>Procedencia</b>	1	0.7126	0.7126	1.5532	0.216436
	<b>Familia (proc.)</b>	6	2.0031	0.3339	0.7277	0.628647
	<b>Bloque</b>	8	7.8542	0.9818	2.1400	0.041743
	<b>Error</b>	77	35.3257	0.4588		
	<b>Total</b>	92	46.5290			
<b>Diámetro 2</b>	<b>Procedencia</b>	1	0.0234	0.0234	0.0297	0.863688
	<b>Familia (proc.)</b>	6	4.5402	0.7567	0.9582	0.459884
	<b>Bloque</b>	8	31.3114	3.9139	4.9563	0.000070
	<b>Error</b>	70	55.2783	0.7897		
	<b>Total</b>	85	93.2290			

**Tabla 6.** Análisis de varianza para la variable diámetro.



## 8. Discusión

*Swietenia macrophylla* es una especie de alto valor comercial para México, sin embargo no se tienen registros de trabajos de conservación y mejoramiento genético, si acaso se encuentran proyectos o programas de plantaciones en el sureste de México como esfuerzos de producción pero de origen genético no conocido (Arteaga, 2008), por lo tanto proyectos que encaminen el enriquecimiento genético de la especie deben ser prioritarios para su futuro, tomando como punto de partida su fenología, filogenia, ontogenia así como semillas, germinación, plántulas, planta y establecimiento de pruebas genéticas.

La composición de poblaciones y su distribución en el trópico han colocado a esta como una especie con disgenia, por lo tanto los estudios de variación como este y de autores como: Adolfo (2007); Niembro *et al.* (2006); Niembro (1998); Hernández *et al.* (2011) Y De la Cruz (2004), en los que reportan diferencias significativas en altura y diámetro en plantas de esta especie, son básicos para revertir en lo posible el estado disgénico en el que se encuentran las poblaciones y con esta reversión garantice su proceso natural para la adaptación y el rumbo evolutivo, que le marque el tiempo y no su desaparición por su aprovechamiento sin visión relativa a la diversidad y vulnerabilidad genética de la misma.

La finalidad de los estudios y el establecimiento de ensayos es la adaptación de los arboles a los sitios donde se introduzcan nuevas poblaciones y que en ellas se realicen cruza y que como resultado generan nueva descendencia que dará como resultado prole que estará constituida por un sinnúmero de paquetes genéticos modificados por el ambiente, genes de la población y la interacción entre ambos. Los esquemas de uso tradicional y aprovechamiento comercial de las poblaciones naturales de la especie y el descuido de su equilibrio genético (Stansfield, 1992) trae consigo una pérdida de alelos y en consecuencia un empobrecimiento genético que disminuye su capacidad para producir descendencia con la suficiente fuerza adaptativa (Nienstaedt, 1990). Por lo tanto los primeros esfuerzos para conservar y poder manejar una especie tendrán que ser el aumento de la diversidad genética con un flujo genético inducido como en este caso se pretende realizar con esta especie en el estado de Veracruz, México al incorporar genes de Tabasco y Campeche.

Además este tipo de ensayos son de suma importancia para evitar pérdidas, tanto económicas, como de capital humano ya que permiten realizar plantaciones con características genéticas que garanticen una mayor calidad de árboles, así como volumen en madera, propiciando una economía bajo una visión de desarrollo sustentable, en cual se libere a las poblaciones naturales de la sobreexplotación. Por otra parte de da continuidad a trabajos realizados con esta especie y así sirva de información para nuevos trabajos de investigación.

## **9. Conclusiones**

Las condiciones del estado actual de *Swietenia macrophylla* dado a su manejo sin protocolos de conservación y producto del análisis de una prueba de procedencias progenie establecida en la Balsa, Ver se concluye lo siguiente:

- 1.- las dos procedencias y las nueve familias participantes en la prueba generan variación para inducir diversidad genética en las poblaciones naturales de la especie en Veracruz.
- 2.- la diversidad genética de la especie al ser aumentada generara resiliencia en las poblaciones naturales.
- 3.- al aumentar la diversidad genética de *Swietenia macrophylla* se convierte en un recurso genético manejable en tecnologías de conservación, restauración y uso comercial.
- 4.- es posible utilizar todas las familias y procedencias como inductoras de variación en poblaciones naturales.

## 10. Bibliografía

- ADOLFO, B.J.G. 2007.** Diversidad genética en poblaciones de *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) en Costa Rica y Bolivia. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 88 p.
- ALBA, L.J. 2007.** Movimiento de especies forestales en el estado de Veracruz, México. Doctorado en Recursos Genéticos Forestal, Instituto de Genética Forestal, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- ALBA, L.J. 1996.** Mejoramiento Genético Forestal en el Estado de Veracruz. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Centro de Genética Forestal, U.V. Jalapa, Ver., México.
- ALBERT, P.D.; LÓPEZ, A.A.; RODRÍGUEZ, T.M. y DUARTE, R.M. 1995.** Recursos fitogenéticos forestales, 1. Familia Meliaceae. Fontqueria 42:329-351.
- ARTEAGA-MARTÍNEZ, B. 2008.** Plantaciones Forestales en el Sureste Mexicano. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales.173 p.
- BARRET, W.H. 1980.** Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas. En: Mejora genética de árboles forestales. FAO/DANIDA. Mérida, Venezuela.
- BENITEZ G, PULIDO-SALAS MT, EQUIHUA M 2004.** Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauraciones y plantaciones. Instituto de Ecología, AC., SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz, México.
- CHALLENGER, A. 1998.** Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Conabio, Instituto de Ecología, UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México. s/p.
- CLAUSEN, K.E. 1990.** Métodos de mejoramiento genético forestal. En: Eguiluz P., T. y A. 3.-
- EGUILUZ, P.T. 1988.** Glosario de términos de genética y mejoramiento genético forestal. Boletín Técnico No. 2. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo.
- FALCON, S, C, 2000.** Evaluación de la variación de un ensayo de procedencias de variación *Liquidambarstyraciflua* L. Xalapa, Ver., México. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Instituto de Genética Forestal, U.V. Xalapa, Ver, Mex
- PLANCARTE B. 1990.** Mejoramiento genético y plantaciones. Memoria. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, Texcoco, México. Pág. 24.

- García C., X. 1998.** Predicción del rendimiento de *Swieteniamacrophylla* King (caoba) en plantaciones forestales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 114 p.
- GORDILO L., E. 2000.** Evaluación de la regeneración natural de cedro rojo (*Cedrelaodorata* L.) y caoba (*Swieteniamacrophylla* K) en la zona Maya de Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo.
- HERNANDEZ, M.E.; LOPEZ, A.J.L. y SANCHÉZ, M. 2011.** Crecimiento en diámetro y altura de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. Revista Mexicana Ciencias Forestales. 2(7): 27-42.
- HERNÁNDEZ Q.M.D.I. 2005.** Evaluación del crecimiento en altura y diámetro del tallo de dos especies forestales tropicales cedro rosado (*Acrocarpusfraxinifolius*) y primavera (*Cybistaxdonnellii* Smitchit), en el Rancho "Don Rafael" El Grande Coatepec Ver. la congregación. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa Veracruz, México. p.6.
- HOLDRIDGE, L. R. & POVEDA L. J. 1975.** Árboles de Costa Rica. San José. Costa Rica. Centro de Ciencias Tropicales. Vol. I.
- KRAMER, P.J. AND KOLOWSKI, T.T. 1979,** Physiology of woody plants. London, Academic Press, p. 811.
- KLEPAC, D. 1983.** Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.
- LITTLE, E.L., JR, WADSWORTH, F.H., MARRERO, J., 1967.** Árboles Comunes de Puerto Rico y Las Islas Vírgenes. USDA – Forest Service-Universidad de Puerto Rico.
- LONGWOOD, F. R. 1962.** Present and potential commercial timbers of the Caribbean. Agric. Handb. 207. Washington, DC: U.S. department of agriculture: 167. p. 38.
- MAYHEW, J. AND NEWTON, A. 1998.** The silviculture of mahogany. Edinburgh, UK, University of Edinburgh, CABI Publishing.
- MIRANDA, F. 1952.** La vegetación de Chiapas. Volúmenes I y II. Gobierno del Estado de Chiapas. México.
- NIEMBRO R., A.; MARQUEZ, R, J y REMIREZ-GARCIA, E.O.. 2006.** Emergencia y crecimiento inicial de plántulas de 20 familias de caoba (*Swieteniamacrophylla* King-

meliaceae) procedentes de una plantación en el estado de Campeche, México. *Foresta Veracruzana* 8(2): 33-39.

**NIEMBRO, R.A. 1998.** Estudios sobre la Producción de semillas, germinación y crecimiento inicial de la caoba *Swietenia macrophylla* King. SAGAR, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Chiná. División Forestal Campeche, Campeche, México. 125 p.

**NIENSTAEDT, H. 1990.** Importancia de la variación natural. En: memorias “Mejoramiento genético y plantaciones forestales”. Eguiluz, P.T. y Plancarte, B.A. Editores. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 24-27.

**NIENSTAEDT, H. 1989.** Importancia de la variación natural. Curso de mejoramiento genético forestal. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México.

**NEWTON, A. C., BAKER, P; RAMNARINE, S; MESÉN, F. & LEAKEY, R.R.B.** 1993. Mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management*. 2(2): 13-21.

**PENNINGTON, T. D. & SARUKHÁN K. J. 1968.** Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.

**PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.T. y TAYLER, D.A.H. 1981.** Meliaceae: Flora Neotropica. The New York Botanical Garden.

**PLANCARTE, B.A. 1990.** Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias. Boletín Técnico 4. Centro de Genética Forestal A. C. Chapingo, México. 36 p.

**PATIÑO, V.F. 1997.** Genetic Resources of *Swietenia* and *Cedrela* in the Neotropics: Proposals for Coordinated Action. Forest Resources Division, FAO, Rome.

**QUIJADA, M.R. 1980.** Selección de árboles forestales. En: mejora genética de árboles forestales. Estudios FAO, Montes No. 20. Roma, Italia. pp. 169-176.

- RAMÍREZ M., H. Y M. ZEPEDA B. 1994.** Rendimientos maderables de especies forestales, actualidades en México. En: Memorias de la IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SFFS-INIFAP. México, D.F.
- RZEDOWSKI, J. 1986.** Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p
- RODRIGUEZ, R.G.; MARQUEZ, R.J. y REBOLLEDO-CAMACHO, V. 2001.** Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrela odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos de frutos. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Foresta Veracruzana 3(1):35-38
- STANSFIELD, D.W. 1992.** Genética. McGraw Hill. México. 445 p.
- STYLES, B. T. 1981. SWIETENIOIDEAE. IN: MELIACEAE.** Flora neotropica monograph. Pennington, T. D. Styles, B. T. y Taylor, D. A. H. (eds.). New York Botanical Garden.
- SARH. 1994.** Inventario Nacional Forestal Periodico. Memoria Nacional. Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, Mexico
- SMITH, D.M., B.C. LARSON, M.J. KELTY Y P.M. ASHTON. 1997.** The practice of silviculture: applied forest ecology. 9a. ed. John Wiley and Sons. Nueva York. 537 p.
- TOLEDO SOTILLO, M. Y L.K.SNOOK. 2005.** Efecto de la dispersión de semillas y tratamientos silviculturales de la regeneración natural de la caoba en Belice. Recursos Naturales Ambiente. Departamento Forestal de Belice
- WATSON, L. & DALLWITZ, M. J. 1995.** Onwards. The families of flowering plants: descriptions and ilustrations. URL <http://muse.bio.cornell.edu/delta>.
- WHITMORE, J. & HINOJOSA, G. L. 1977.** *Mahogany (Swietenia) hybrids*. Forest Service Research Paper.
- WRIGHT, J. W. 1796.** Introduction to Forest Genetics. Academic Press. New York, N.Y. USA.
- ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1984.** Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons Editors. New York