UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE 20 PROCEDENCIAS DE *Acacia mangium* Wild EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

POR:

EDWIN GEYNER VERDUGO MORALES

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE 20 PROCEDENCIAS DE *Acacia mangium* Wild EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

POR:

EDWIN GEYNER VERDUGO MORALES

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

DR. MIGUEL A. CAPÓ ARTEAGA	**DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO**
ASESOR PRINCIPAL	**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Coordinación
División de Agronomía

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE 20 PROCEDENCIAS DE *Acacia mangium* Wild EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE TESIS COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

POR:

EDWIN GEYNER VERDUGO MORALES

ASESOR PRINCIPAL

DR. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA

ASESOR

M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO

ASESOR

ING. JOSÉ PABLO GAMBOA ZÚÑIGA

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011

AGRADECIMIENTOS

A la bendita deidad: Dios padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo. Porque a pesar de lo autosuficiente que puedo ser como humano, siempre será (Dios) el que mueve los hilos de la historia humana y de la vida misma. Por lo tanto ahora estoy aquí, porque así lo ha determinado y ocupo una parte entre sus planes.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Mi Alma Terra Mater. Me siento honrado de pertenecer a la gran familia Narro y por quedar marcado Buitre de por vida. Porque a este lugar llegan niños y niñas y salen hombres y mujeres.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por apoyarme en la realización de esta tesis, como asesor principal.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por asegurarse de que este trabajo de tesis este bien elaborado. Por tener una personalidad digna de imitar. Gracias por ser profesor respetable, y líder innato.

Al Ing. José Pablo Gamboa Zúñiga. Por la colaboración en la realización de la tesis, apoyarme en la práctica profesional y por ofrecerme su amistad.

Al Ing. Oscar Cantón Armengol por darme la oportunidad de realizar el semestre de prácticas profesionales en su rancho, lugar de donde se derivó esta tesis.

Al M.C. Adolfo Ortegón Pérez. Por su honorable amistad y enseñarme a través de sus experiencias vividas, enriqueciendo la mía abundantemente.

Al Lic. Saulo Morales Rodríguez y Lic. Magnolia Aguilar Velázquez por apoyarme en mis estudios de manera incondicional y hacerme parte de su familia.

A los abuelos. Al abuelo Pericunción Morales, a quien admiro, respeto y quiero imitar por ser líder, influyente, elocuente y alegre. A la abuela Catalina Rodríguez por ser el alma de la familia.

A mis primos (as); Keyli, Amiris, Jennie, Laura, y Paola Verdugo Morales. A Marco, Franklin y José Rodríguez Morales. A Ricardo y Alexander Morales

Velázquez. A Ever Verdugo. A todos por confiar en mi persona y apoyarme en todas las maneras posibles.

A mis tíos(as): Belén, Isaac, Mirta, y Rubén Morales Rodríguez. A Leonel Verdugo, Elpidio Miguel. A todos por ser la parte experimentada de la familia y tratarme como un miembro más.

A mis amigos de la carrera Con quienes comencé una amistad hace cinco años y que terminará hasta el lecho de muerte. Al “Comando Pino”: Ing. Eri Salas Escalante, Ing. Raúl López Pereznegrón, Ing. Jairo Ruíz Ruíz, Ing. Alfredo Luckie Navarrete, Ing. Eduardo Lara Reimers, Ing. Lehovvy Velázquez Díaz, Ing. Carlos Ramos Reyes, Ing. Manuel Felipe Cárdenas, Ing. Zenón Ugarte Vargas, Ing. Fidel Cruz Mejía, Ing. Jesús Maldonado Jerónimo, Ing. Artemio Juárez Delgado, Ing. Moisés Alegría Nuricumbo, Ing. Marco Escalante Díaz, Ing. Alejandra Reyes Carrillo, Ing. Marisol Butrón Hernández, Ing. Vera Velázquez Enríquez, Ing. Yesenia Muñóz Marina, Ing. Ángeles García Ojeda, Ing. Laura Torres Rodríguez y demás compañeros que por motivo de espacio no podré mencionarlos, pero que siempre agradeceré por tener la fortuna de conocerlos.

A mis amigos que estuvieron conmigo en diferentes momentos de la travesía de la carrera profesional, por compartir sus alegrías, tristezas y aventuras. A la Ing. Cessia Escobar, Esperanza Díaz, Oneyda Velázquez, Rosaura Monroy, Sandra Pedraza, Adriana Navarro, Lic. Leyvy Bartolón, Ing. Lizette Muñoz, Migdalia Barrios, Marlén Reséndis, Ing. Gabriel Bartolón, Gabriel Morales, Ing. Ulver Velázquez, Gerardo Pérez, Edilberto Morales, Ing. Gary Zamudio. A todos gracias por su amistad.

DEDICATORIA

A mis padres. Los ángeles que Dios puso para guiarme. Porque son la máxima expresión del amor desinteresado. A mi padre el Sr. Cornelio Verdugo Pérez, porque me enseñó con las mejores maneras: con el ejemplo en el trabajo fuerte y honrado, mostrando carácter decidido y a la vez sensible, por ser visionista, optimista y cumplir con su papel de padre como una bendición y no como una obligación. A mi madre la Sra. Sandra Noemí Morales Rodríguez. Persona que a medida que pasa el tiempo, voy admirando más, porque nunca terminare por descubrir todas sus virtudes. Agradezco porque sin tener un título académico, fue mi primera catedrática y hasta ahora no he encontrado a nadie que combine perfectamente la paciencia, el rigor, el amor, y las lecciones como ella. A nadie le debo la inspiración, el impulso y estímulo que me está llevando a obtener este grado académico, únicamente a mis padres.

A mis hermanos (as): A Marli, Yadira y Daniel Verdugo Morales. A ustedes porque le dan el verdadero significado a la palabra “familia”. Cada vez que pienso en el núcleo familiar ustedes son las primeras referencias. A pesar de que crecimos en un medio carente de bienes materiales, ahora me doy cuenta que eso fue ventajoso porque crecimos lejos del populacho, del ajetreo de la sociedad postmoderna y de los afanes de la vida. Eso nos dio más valor para amar a Dios, la vida, al prójimo y a la naturaleza. Agradezco porque han sido las responsables de acrecentar la familia, y multiplicar las manos y los corazones a quienes amar y de quienes recibir amor.

A mis amigos insustituibles: A Wilmar Miguel Mejía por ser mi primer gran amigo y hermano. Al Ing. Marcos Rolfi Pérez por su apreciable y respetuosa amistad. Al Ing. Eri Salas Escalante por ser amigo inseparable por ocho años. A Gilver Pérez Pérez por las palabras de aliento y muestra de benignidad. A los internacionales hermanos Ever y Janet Hernández Ramírez, por brindarme su agradable, santa y especial amistad. A Cintya Valerio porque fue una de las primeras personas que conocí en este lugar, cuya amistad fue más allá de las palabras. A la Ing. Marisol Butrón de mis amigos la más amable y atenta.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos e hipótesis	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Plantaciones forestales	
2.1.1 Importancia	4
2.1.2 Plantaciones forestales en el mundo	5
2.1.3 Problemas de la forestería en México	7
2.1.4 Plantaciones forestales comerciales en México	9
2.1.5 Política de las plantaciones	11
2.2 *Acacia mangium* Wild	
2.2.1 Taxonomía	12
2.2.2 Distribución	13
2.2.3 Descripción	13
2.2.4 Condiciones medioambientales de la *A. mangium*	14
2.2.5 Propiedades físicas y mecánicas de *A. mangium*	16
2.2.6 Plantaciones de *A. mangium* en otros países	17
2.3 Ensayos de procedencias	
2.3.1 El mejoramiento genético forestal	19
2.3.2 Ensayos de procedencia y su importancia	19
III MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Descripción de las áreas de experimentación	21
3.2 Análisis de suelo	21

3.3 Preparación del experimento 23
3.4 Preparación del terreno 23
3.5 Diseño experimental 24
3.6 Información de procedencias 24
3.7 Medición de variables 26
3.8 Transformación de las variables 29
3.9 Modelo experimental y análisis estadístico 30
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN
4.1 Diferencias entre sitios 32
4.2 Diferencias entre procedencias 35
4.3 Interacción procedencia por sitio 42
V CONCLUSIONES 46
VI RECOMENDACIONES 47
VII LITERATURA CITADA 48
VIII APÉNDICE 52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Rendimientos máximos obtenidos en las principales especies de plantaciones forestales comerciales a nivel mundial	18
2	Análisis de suelos de los sitios de experimentación uno y dos	22
3	Información de las procedencias que se importaron del banco de semillas de CSIRO, Australia (2009), y la clave Agropical para la identificación del material	25
4	Calificación asignada a la troza de acuerdo a su descripción, esto para determinar los valores de la variable Calidad de la Primera Troza (CPT)	28
5	Valoración para Sinuosidad. Se toma el valor uno como el que no presenta sinuosidad y el tres como altamente sinuoso	28
6	Valoración de la bifurcación, característico en *Acacia mangium* Wild	29
7	Evaluación de calidad de la primera troza en porcentaje; a medida que disminuya, menor es la calidad de la troza	29
8	Sinuosidad interpretada en porcentaje; A medida que el valor aumente, mayor será el grado de sinuosidad	30
9	Bifurcación representada en porcentaje; A medida que aumenta el valor, aumenta el grado de bifurcación	30
10	Promedio de Sitios o localidades para las variables evaluadas a 13 meses de edad de la plantación, de 20 y 18 procedencias respectivamente en los sitios uno y dos en Sabana Larga, Huimanguillo, Tabasco, México	32

11 Promedios y agrupación de Tukey para 18 procedencias en el sitio uno, a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México 39

12 Promedios y agrupación de Tukey para 18 procedencias en el sitio dos, a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México 40

13 Diferencias entre valores extremos para cada variable de los sitios uno y dos en Huimanguillo, Tabasco, México 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Composición porcentual de los tipos de bosques a nivel mundial, de acuerdo a su característica	6
2	Superficie de las plantaciones forestales en las últimas dos décadas a nivel mundial, de acuerdo con la FAO	6
3	Cantidad de producción forestal maderable en m^3r en México por 10 años (1998-2007)	8
4	Especies más usadas en México para plantaciones forestales comerciales	10
5	Porcentaje de las especies más utilizadas en plantaciones forestales comerciales a nivel mundial	18
6	Tendencia de crecimiento en altura total en dos sitios, para 18 procedencias de *Acacia mangium* Wild de 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México	43
7	Tendencia en crecimiento en diámetro a la altura del pecho en dos sitios, para 18 procedencias de *Acacia mangium* Wild a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México	44

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue determinar la sobrevivencia y crecimiento entre procedencias y sitios así como la interacción procedencia*sitio, en *Acacia mangium* Wild para las variables altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza, sinuosidad, bifurcación y sobrevivencia, a los 13 meses de edad. En octubre de 2009 se establecieron dos ensayos de procedencias de *Acacia mangium* en terrenos del rancho Mene-Mene, perteneciente a la empresa Agropical S.A de C.V en Huimanguillo, Tabasco, México. En dichos sitios se establecieron dos experimentos con un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se utilizó material experimental de 20 procedencias de la misma especie para el sitio uno y, 18 procedencias para el sitio dos. Las semillas fueron compradas a la empresa internacional The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO por sus siglas en inglés), ubicada en Australia. En la preparación del terreno se aplicó cal agrícola a ambos sitios a razón de 2 toneladas por hectárea, pero solamente se le aplicó roca fosfórica (0-12-0) al sitio dos, a razón de 1.5 toneladas por hectárea. Se realizó una poda de formación antes del año de edad. A la maleza se le controló con métodos químicos y mecánicos. Previo a la medición se la aplicó fertilización en dos fases, la primera al primer mes de plantado con 30 gr por planta de triple-17 (17-17-17) y, la segunda a los 6 meses de plantado con 70 gr por planta del mismo fertilizante. En la evaluación en campo realizada a los 13 meses de edad, se encontraron diferencias altamente significativas entre sitios. El sitio número dos fue mucho mejor que el sitio uno en altura total, calidad de la primera troza, sinuosidad y bifurcación; solamente en diámetro a la altura del pecho el sitio uno fue mejor. El análisis de varianza entre procedencias también arroja diferencias significativas, siendo las procedencias 5 y 4 las que destacan en crecimiento y en calidad. Se encontró interacción procedencia*sitio para las variables altura total y diámetro a la altura del pecho.

Palabras claves: *Acacia mangium,* Huimanguillo, Tabasco, ensayo de procedencia, crecimiento, sobrevivencia, plantaciones forestales comerciales, Agropical.

1 INTRODUCCIÓN

Para establecer un proyecto de plantaciones forestales exitoso es importante considerar tres aspectos principales, esto es: el sitio, el material genético y el manejo forestal. Conocer cada uno de estos aspectos, permite tomar decisiones importantes y asegurar el éxito de la plantación (Sánchez, 2010).

De los tres aspectos mencionados anteriormente, es común que se descuide el aspecto del germoplasma, ignorando que, no solo con la calidad del sitio y el buen manejo se puede tener una plantación exitosa. Debido a la ley de la herencia que se aplica para todos los seres vivos, la descendencia de los árboles a través de su semilla define las formas y productividad de los individuos que conforman la futura plantación (Trujillo, 2003).

Un programa de mejoramiento genético forestal tiene muchos objetivos, pero el principal es elevar la productividad de las plantaciones forestales, a través de la producción de germoplasma genéticamente mejorado.

Acacia mangium Wild es una especie para zonas húmedas con una estación seca definida y crece bien en suelos ácidos o ligeramente ácidos y pobres (Trujillo, 2008). En el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica, se han registrado incrementos aceptables en una plantación, para esta especie. En las plantaciones forestales de Huimanguillo, Tabasco donde se realiza esta investigación, es necesario determinar estadísticamente, si existen o no, diferencias significativas entre las procedencias establecidas en el experimento.

Debido a que existe gran variabilidad entre poblaciones de una misma especie de diferentes fuentes geográficas, es necesario realizar pruebas de procedencias.

Los ensayos de procedencia son altamente efectivos para detectar buena adaptabilidad al clima, altitud y suelos del sitio, y para obtener cierta ganancia genética (Clausen, 1990).

Países como Chile, Brasil y Colombia han basado sus programas de plantaciones forestales en el mejoramiento genético forestal, y han tenido éxito (Nieto *et al*., 1988).

Un programa de mejoramiento genético forestal requiere continuamente del análisis estadístico. Es necesario evaluar las características deseables a mejorar, tales como diámetro a la altura del pecho, altura, bifurcación y sinuosidad, entre otras. Esto para conocer la magnitud de la variación entre las procedencias y en base a los resultados plantear las mejores estrategias para inducir a los individuos a una mejora deseada (Nieto *et al*., 1988).

1.1 Objetivos e hipótesis

El objetivo general del trabajo fue contribuir con el programa de mejoramiento genético forestal de *Acacia mangium* Wild con la evaluación a 13 meses de edad de dos ensayos de procedencias, con una poda a los 6 meses de edad, dentro del proyecto de plantaciones forestales de la empresa Agropical S.A de C.V ubicado en Huimanguillo, Tabasco, México.

El objetivo específico fue analizar los resultados de dos ensayos de procedencias *de Acacia mangium* para determinar si a 13 meses de edad existen diferencias estadísticas significativas entre procedencias, sitios e interacción procedencia*sitio, en las variables altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza del fuste, sinuosidad, bifurcación y sobrevivencia.

La hipótesis nula propuesta es: no existen diferencias significativas entre sitios, procedencias, ni interacción procedencia*sitio de *Acacia mangium*, en altura total, diámetro a la altura del pecho, sinuosidad, bifurcación y sobrevivencia en cada sitio.

La hipótesis alterna propuesta es: existen diferencias significativas entre sitios para al menos una de las variables evaluadas que son: altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza sinuosidad, bifurcación y sobrevivencia, o al menos una procedencia es estadísticamente diferente en algunas de las variables evaluadas. En dado caso se podrá encontrar interacción procedencia*sitio para al menos una de las variables.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Plantaciones forestales

2.1.1 Importancia

De acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), una plantación forestal comercial es el establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización.

Las ventajas que tienen las plantaciones forestales sobre los bosques naturales, es que las plantaciones producen bosques homogéneos en cuanto a características del producto a cosechar, con grandes volúmenes de cosecha por unidad de área, bajos costos de cosecha y total aprovechamiento de la potencialidad productiva del sitio, en muchos casos quintuplicando la producción maderable del bosque natural por su relativa simplicidad. Las plantaciones son más fáciles de manejar y tienen gran aceptación social (Capó, 2001).

En la sociedad el desarrollo económico lleva implícito un aumento en el consumo de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables. La madera es un recurso natural renovable que no escapa a ello, por lo cual la tendencia mundial en el consumo de madera va en aumento día a día, al mismo tiempo que existe una disminución en la superficie arbolada, dado por diferentes factores, tales como cambio de uso de suelos (aumento de la frontera agrícola, pecuaria y urbana), deforestación, incendios, entre otros. De lo anterior se origina la necesidad de establecer estrategias, para disminuir la presión que demanda el desarrollo económico sobre los bosques naturales. La mejor estrategia son las plantaciones forestales comerciales bajo un modelo de desarrollo sostenible; esto es sustentabilidad ambiental, social y financiera (Monreal, 2010).

Una de las tendencias constatadas es la fuerte correlación entre el desarrollo económico y el estado de los bosques. Los países que están

experimentando un rápido crecimiento económico suelen hacer frente a una presión inmensa sobre sus bosques. A diferencia de ellos las regiones que ya han alcanzado un alto nivel de desarrollo económico suelen ser capaces de estabilizar o incrementar su área forestal (FAO, 2009). Es así que países como Estados unidos de Norteamérica reporta un aumento de 0.13% de su superficie arbolada en la década de 2000-2010, mientras México reporta una pérdida de 0.30% de la superficie boscosa en la misma década (FAO, 2011).

Las forestaciones con fines diversos, las plantaciones forestales comerciales y la expansión natural de los bosques en algunos países y regiones, han reducido la pérdida total neta del área de bosques de manera significativa a nivel mundial. La variación neta en el área de bosques para el periodo 2000-2010 se estima en -5.2 millones de hectáreas por año (superficie de aproximadamente la dimensión de Costa Rica), inferior al nivel de -8.3 millones de hectáreas por año en el periodo 1990-2000 (FRA, 2010).

Una de las justificaciones de las plantaciones forestales comerciales es que la tendencia mundial de las fuentes de abasto de madera, pasará del 60% de bosque natural y 40% de plantaciones en el 2006, que representan únicamente el 5% de la cubierta forestal mundial, al 20% de bosque natural y 80% de plantaciones en el año 2040 (FAO, 2006).

2.1.2 Plantaciones forestales en el mundo

La más reciente información sobre plantaciones forestales (con varios propósitos) en el mundo reportan 264 millones de hectáreas de árboles plantados. Esto representa un 7% del área total de bosques en el planeta (Figura 1). Solamente en el quinquenio 2005-2010 la superficie de plantaciones forestales fue de 25 millones de hectáreas. De los bosques plantados tres cuartas partes consisten de especies nativas, mientras un cuarto comprende especies introducidas.

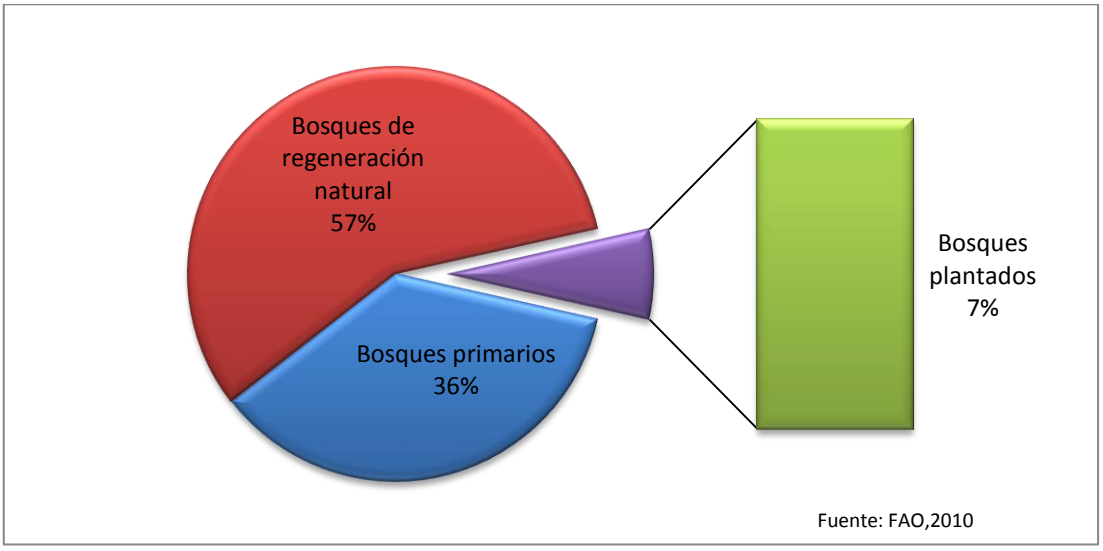


Figura 1. Composición porcentual de los tipos bosques a nivel mundial, de acuerdo a su característica.

De los países con más superficies plantadas en el mundo están: China (77 millones de ha), Estados Unidos de Norteamérica (25.4 millones de ha), India (10.2 millones de ha), Brasil (7.4 millones de ha), Chile (2.5 millones de ha) (FRA, 2010) (Figura 2).

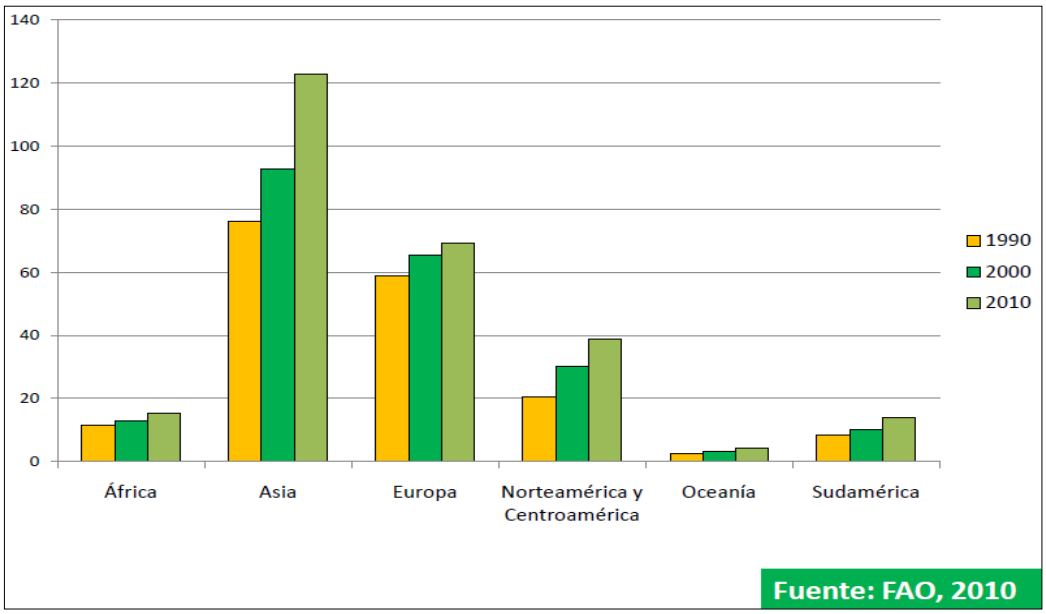


Figura 2. Superficie de las plantaciones forestales en las últimas dos décadas a nivel mundial, de acuerdo con la FAO.

Con el aumento de las superficies de plantaciones forestales a nivel mundial, también se destinaron más superficies de bosques para fines de conservación de la diversidad biológica forestal. En la década de 1990-2000 se designaron en promedio 3.25 millones de hectáreas anuales, aumentando en la década de 2000-2010 a un promedio anual de 6.33 millones de hectáreas anuales; Para un total de 460 millones de hectáreas, que representa un 12% de los bosques del mundo (FAO, 2011).

2.1.3 Problemas de la forestería en México

La falta de competitividad del sector forestal se debe a varios factores que tienen que ver con la baja productividad de los bosques naturales, respecto a la productividad que se obtiene de plantaciones forestales comerciales, con la falta de infraestructura adecuada para la extracción y transporte de la producción maderable, con los altos costos de la madera por derecho de monte, con problemas de organización de los productores, incendios, plagas y tala ilegal, falta de capacitación y disponibilidad de tecnología para optimizar el aprovechamiento, con cuestiones del mercado internacional y la paridad cambiaria, entre otros factores (CONAFOR, 2011).

Una manera de ver la problemática de la forestería en México, es a través de los productos forestales obtenidos, que no son suficientes para cubrir la demanda del mercado interno. Basta mencionar que la baja productividad del sector forestal mexicano no ha podido abastecer la industria de la madera en rollo. Por ejemplo el país tuvo una demanda en 2007 de 22.7 millones de metros cúbicos de estos productos maderables, y solamente se produjo 7 millones de metros cúbicos en ese mismo año. La diferencia se importo (CONAFOR, 2009) (Figura 4).

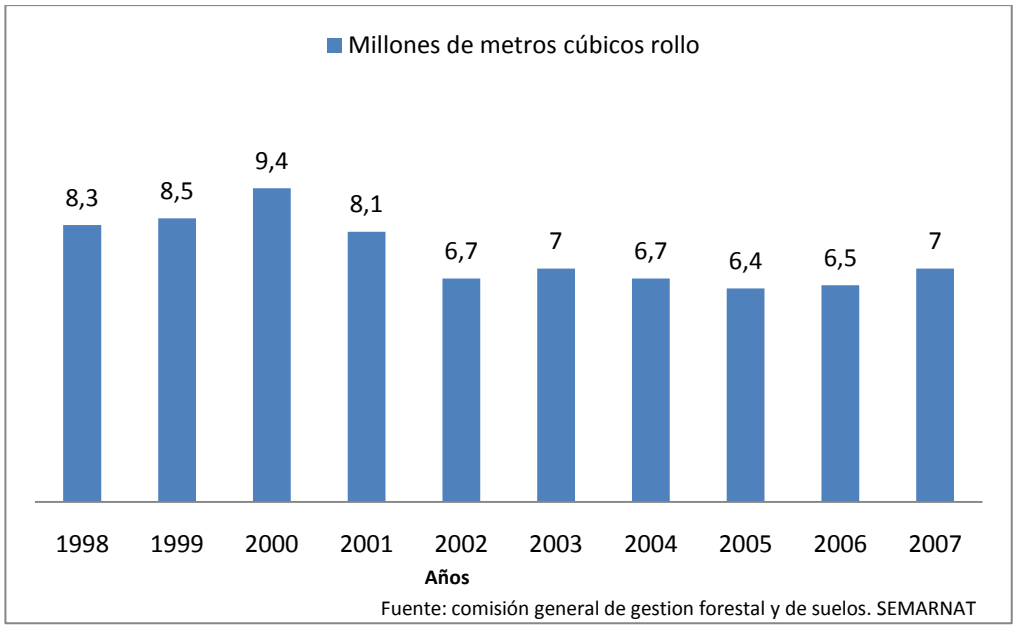


Figura 3. Cantidad de producción forestal maderable en m^3r en México por 10 años (1998-2007).

El establecimiento de plantaciones forestales en nuestro país, se ha limitado principalmente a la protección de áreas degradadas, y pocos son los ejemplos de plantaciones establecidas con fines comerciales. Sin embargo debe señalarse que en la actualidad, muchas industrias y organizaciones ligadas a la actividad forestal, están estableciendo o planean establecer plantaciones para satisfacer parte de sus necesidades en materia prima, ante la inminente escases y alejamiento de las fuentes productoras en algunas regiones del país (Martínez *et al*., 2006).

En nuestro país existen grandes superficies de terrenos que fueron despejados de su vegetación forestal nativa, tanto en las áreas templadas y frías como en las tropicales, para dedicarlas a usos agrícolas o ganaderos, que no siempre tuvieron el éxito esperado en esas actividades y que ahora están subutilizados, presentado baja productividad. En muchos casos, particularmente en el trópico húmedo, estos terrenos ya han sido abandonados y ahora se encuentran ociosos. Es muy común que en áreas donde se encuentran estos terrenos, se observe desempleo o subempleo, por lo tanto existen condiciones marginales en el nivel de vida de la población (Villa, 2010).

2.1.4 Plantaciones forestales comerciales en México

En el año de 1947 se estableció la primera fábrica de tableros aglomerados de fibra de México, denominada Fibracel S.A en Ciudad Valles, S.L.P., el abastecimiento de fibras de madera se basó en plantaciones forestales comerciales en el sitio conocido como Casas Blancas, municipio de Tamuín, S.L.P. Se llegaron a plantar 5500 hectáreas durante el periodo de 1953 a 1969, con 16 especies de eucalipto (*Eucalyptus spp*), paraíso (*Melia azedarach* L), cedro rojo (*Cedrela odorata* L) y caoba (*Swietenia macrophylla* King*).* En 1978 esta plantación fue suspendida por problemas de tenencia de tierras (Villa, 2010).

Se han realizado otras plantaciones forestales comerciales que no tuvieron seguimiento hasta hoy debido a diversos problemas. Sin embargo el 27 de marzo 1996, la entonces SEMARNAP presentó ante el ejecutivo federal y el sector forestal, el "Programa forestal y de suelo 1995-2000", elevado a decreto el 2 de octubre del mismo año, en el cual se señala que México tiene un potencial de cinco millones de hectáreas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales, fundamentalmente en áreas tropicales, donde la producción puede ser mayor (Villa, 2010).

Desde 1997 el gobierno federal ofrece un conjunto de apoyos para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en el país, con el objeto de impulsar la producción de insumos, para abastecer a la industria forestal bajo precios competitivos; además de generar empleos y reducir la presión que ejerce sobre los bosques naturales (CONAFOR, 2010).

Para el año 2000 el programa de plantaciones Prodeplan estimó apoyar el establecimiento de 82 mil hectáreas hasta el 2007, estimaciones que no se cumplieron por motivos diversos. En 2006 dejó de existir Prodeplan y la CONAFOR convocó a solicitar apoyos para el establecimiento de plantaciones bajo el esquema del programa Pro-Árbol (Villa, 2010).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), reporta que desde el año 1997 se comenzó con apoyos a proyectos de plantaciones comerciales forestales en México. Desde esa fecha se han asignado recursos para 9,879 proyectos que

equivalen a 758 mil hectáreas. Sin embargo, la Asociación Mexicana de Plantadores Forestales (AMEPLANFOR), en su primera reunión nacional realizada en Diciembre 2010; en la ciudad de Villa Hermosa, Tabasco, México, mencionan que la CONAFOR (2010), reporta 183.3 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales establecidas hasta dicha fecha. Esto representa el 24.18 % de la superficie total apoyada.

El Plan estratégico forestal para México 2025 de junio de 2001, establece un escenario de plantaciones forestales comerciales en crecimiento constante. Propone 200 mil hectáreas para 2010. De acuerdo a este plan se ha creado un déficit de 16.7 mil hectáreas, hasta dicho año.

En las plantaciones forestales se usan especies que han sido seleccionadas previamente de acuerdo a las características del área de plantación. Para México existen muchas especies utilizadas para este fin. Sin embargo, de acuerdo a los objetivos de las plantaciones se escogen especies cuyos rendimientos ya han sido probados, por lo tanto se tienen grandes superficies de plantaciones con ciertas especies, entre nativas y exóticas (Figura 4).

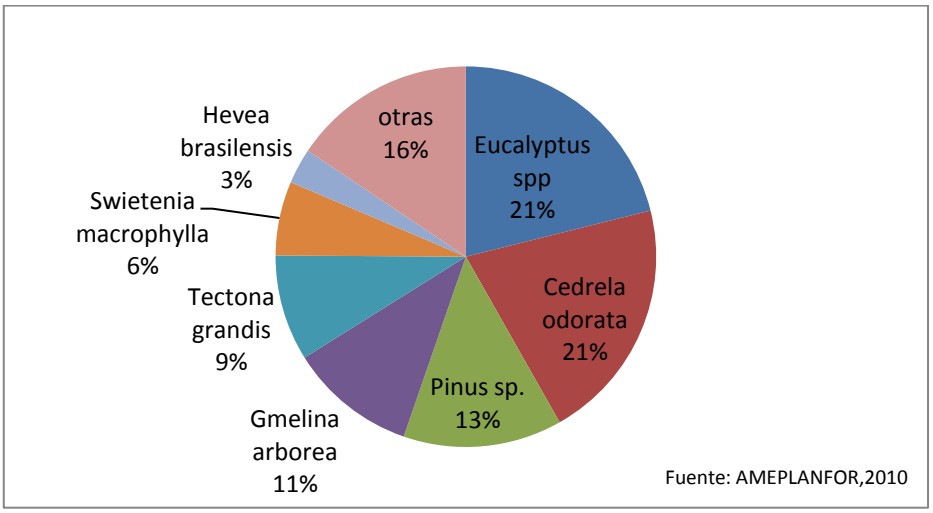


Figura 4. Especies más usadas en México para plantaciones forestales comerciales.

2.1.5 Política de las plantaciones

La forestería en México tiene su máxima reglamentación en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), que a la vez, cumple con los puntos establecidos en los artículos 2, 27 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La LGDFS fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de febrero de 2003. Dentro de los objetivos de esta ley se observa la necesidad y la obligación de impulsar la silvicultura y el aprovechamiento de los recursos forestales, para que contribuyan con bienes y servicios, que aseguren el mejoramiento del nivel de vida de los mexicanos, especialmente de propietarios y pobladores forestales. En la segunda sección, comprendiendo los artículos 85 al 96, se reglamentan las plantaciones forestales comerciales. En ella se especifican lo correspondiente a su establecimiento, trámite, manejo, y aprovechamiento (LGDFS, 2003).

Existen normas oficiales mexicanas que son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodologías que permitan a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al medio ambiente. Las normas que competen directamente a plantaciones forestales son las siguientes:

NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007. Establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.

NOM-019- SEMARNAT- 2006. Establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores.

NOM-060-SEMARNAT-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994. Señala las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-062-SEMARNAT-1994. Señala las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionada por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

NOM-142-SEMARNAT-2003. Establece los lineamientos técnicos para el combate y control del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore.

La CONAFOR es el organismo público descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes, programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable. Tiene como misión contribuir a elevar la calidad de vida de los mexicanos y al crecimiento de empleo y oportunidades de desarrollo por medio del manejo forestal sustentable. La visión que pretende alcanzar es que las plantaciones forestales comerciales, la industria de la transformación, y las empresas pequeñas y medianas del ramo habrán incrementado su productividad y competitividad en el mercado global mediante la integración de la cadena productiva, el acceso a mejores fuentes de incentivos y financiamiento, la investigación y desarrollo tecnológico y la formación de talento (CONAFOR, 2010).

2.2 *Acacia mangium* Wild

2.2.1 Taxonomía

Acacia mangium es una especie arbórea de la familia leguminoseae, subfamilia mimosoideae, descrita originalmente como *Mangium montanum* Rumph. Se le conoce como sinónimo de *Acacia glaucescens* sensu kenehira & Hatusima (National Research Council, 1983; Nitrogen fixing Tree Association, 1987).

En la mayoría de la literatura escrita se le encuentra como *A. mangium*. Comunmente se le conoce como: mangium, Brown salwood, black wattle, Sabah

salwood (National Research Council, 1983; Nitrogen fixing Tree Association, 1987).

2.2.2 Distribución

Acacia (*Acacia mangium*) es nativa del noreste de Australia, Papúa Nueva Guinea y el este de Indonesia, desde 0º 50´ sur (Indonesia) hasta 19º sur en Queensland, Australia (Costa Rica, DGF, CATIE, 1986).

Fue introducido a Sabah, Malasia en 1966 (Yap, 1987), en 1985 a Ruvu, Tanzania (Kessy, 1987), en 1980 a Sri Lanka (Midgley y Vivekananadan, 1987), en 1979 en la Republica Popular de China (Zhingang y Minquan, 1987), y en 1979 a América Central en Turrialba, Costa Rica, de donde posteriormente fue diseminada a la región (CATIE, 1986).

2.2.3 Descripción

Acacia mangium es una especie arbórea que puede alcanzar entre 15 m y 30 m de altura (Skelton, 1987), en condiciones de bosque natural se han observado diámetros de hasta 90 cm (CATIE, 1986).

Tienen un fuste recto y libre de ramas en más de la mitad de la altura total. En árboles aislados la copa es abierta o redonda, en el caso de plantaciones la copa es de tipo columnar. La corteza es de color café oscuro, áspero, grueso y surcado longitudinalmente. En plántulas recién germinadas las hojas son compuestas, a las pocas semanas son sustituidas por los filodios que se elongan y funcionan como una hoja. Los filodios tienen la apariencia de hojas simples de plantas comunes, con nervación paralela, grandes (de alrededor de 25 x 10 cm), dando a los árboles de mangium una apariencia diferente de las mimosoideas, incluso de muchas especies del género Acacia (National Research Council, 1983; Nitrogen fixing Tree Association, 1987). La inflorescencia es una espiga compuesta por flores pequeñas, de color blanco o crema y de 10 cm de longitud.

Las vainas están agrupadas en forma espiralada, presentan pocas semillas de color negro brillante, unidas a la vaina por un funículo de color anaranjado (Boland *et al*., 1985; CATIE, 1986; Little s.f; ENDA CARIBE, s.f.). Este funículo se conserva adherida a las semillas cuando caen, atrayendo hormigas y pájaros, lo que favorece a su dispersión (National Research Council, 1983).

Sus flores presentan polinización cruzada, pero la autopolinización también se da, aunque en poca proporción. Después de la fertilización las flores se transforman en vainas de color verde, formando un grupo irregularmente espiralada (National Research Council, 1983; Nitrogen fixing Tree Association, 1987). En Australia y Malasia el tiempo requerido de la floración a la maduración de los frutos es de 6 a 7 meses (Joker, 2000).

Presenta buena autopoda de las ramas bajas, las cuales mueren a temprana edad. Exhibe una alta tendencia la bifurcación (National Reseach Council, 1983).

Es un árbol multipropósito en las tierras bajas tropicales. Es de rápido crecimiento utilizado en programas de reforestación en Asia, el Pacífico y en el trópico húmedo en general. Los árboles jóvenes son susceptibles al fuego, pero cuando llegan a tener diámetros de 7 cm de diámetro son capaces de resistir. Crece mejor en suelos fértiles con buen drenaje, pero puede tolerar suelos de baja fertilidad e insuficiente drenaje. Puede convertirse en maleza en determinadas condiciones. La hibridación natural *de Acacia auriculiformis y A. mangium* puede mostrar características deseables (Joker, 2000).

2.2.4 Condiciones medioambientales de *A. mangium*

Los sitios de distribución natural más conocidos están en Australia, donde ocurre de manera discontinua a lo largo de la costa este de Queensland entre Ingham y Jardine River. En esta región la especie crece a elevaciones menores a 100 m, aunque su límite se encuentra a 720 m (Doran y Skelton, 1980).

Es una especie pionera que se establece rápidamente después de que los sitios han sido perturbados; es común encontrarlos creciendo a los lados de caminos o en las orillas de plantaciones de caña. El fuego es una característica de su hábitat y parece jugar un papel ecológico importante en su establecimiento por medio de regeneración natural (National Research Counsil, 1983).

En Queensland la temperatura media máxima es de 31-34 ºC, la temperatura media mínima es de 12 y 16 ºC. En Sabah se presentan temperaturas máximas similares pero las mínimas son de 22-25 ºC. Se encuentra en áreas libres de heladas, sin embargo puede sobrevivir a ligeras heladas (National Research Council, 1983).

En su lugar de origen la precipitación varía de 1000 a 4500 mm anuales y el área donde es más abundante, la precipitación es de 4400 mm. En Sabah la media anual de lluvia varía de 1500 a 3100 mm. Las áreas donde se ha plantado con más éxito como introducido reciben más de 2000 mm (National Research Council, 1983).

En América central se ha observado buen desarrollo en sitios con una precipitación media anual que va de 650 mm hasta 4 000 mm y más de cuatro meses de déficit hídrico (CATIE, 1986). Las temperaturas medias anuales son de 26.6 ºC en los sitios de América central.

Esta especie al igual que la mayoría de las pioneras, crece en condiciones de completa iluminación. Crece satisfactoriamente en suelos erosionados, rocosos, suelos minerales delgados y también en suelos profundos húmedos o aluviales. En su lugar de origen el árbol crece generalmente en suelos ultisoles ácidos y solo en muy pocos lugares en suelos derivados de rocas básicas. En Indonesia se reporta que crece en suelos ultisoles (podsoles rojo-amarillos) con sustratos calcáreo. Los mejores crecimientos en esta especie, han sido registrados en Brumas, Sabah, Malasia, en suelos ortic, acrisoles y acrisol profundos y moderadamente drenados (Anuar, 1987, Thomas y Kent, 1987). La especie puede crecer en suelos con niveles bajos de fósforo (2ppm), pero el crecimiento es muy lento (National Research Council, 1983).

En América central la especie ha tenido comportamiento inicial bueno en suelos de los órdenes ultisol, entisol, inceptisol, alfisol y andosol (con pH de hasta 4.5), con contenidos de aluminios altos, contenidos de arcilla altos, poca profundidad efectiva y compactados por sobrepastoreo (CATIE, 1986).

Al igual que muchas de las leguminosas, forma simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, que le permite fijar nitrógeno atmosférico por lo que normalmente no requiere de fertilización nitrogenada, al menos durante los primeros 36 meses (Racz y Zakaria, 1987). Una relación simbiótica con hongos ectomicorrizicos de la especie *Telefhora ramariodes* ha sido identificada en Sabah. Estos hongos ayudan a las plantas en la absorción de micro y macro-nutrientes, especialmente fósforo, lo cual permite su crecimiento en suelos deficientes en minerales disponibles. El crecimiento de la especie en muchos lugares tropicales, sugiere que tanto las bacterias como los hongos de estas simbiosis, son de amplia distribución (National Research Council, 1983).

2.2.5 Propiedades físicas y mecánicas de *A. mangium*

Puede ser empleada en carpintería, ebanistería, construcciones, laminados y chapas de fibras y partículas. Puede obtenerse postes para cercas y varas, para construcciones rurales como producto de podas y raleos. Mangium puede ser plantada como cortina rompevientos en sistemas agroforestales, para control de erosión en caminos y cercas, como ornamental, para elaboración de pulpa, para esencias aromáticas y obtención de taninos, además los filodios (hojas) pueden emplearse como forraje animal (Sedgley *et al*., 1987). Puede ser usada como leña o carbón, tiene un poder calorífico de 20,000 a 20,500 kj/kg, que equivalen a 4770-4900 kcal/kg (U.S. National Academy of Science, 1984). La madera es moderadamente pesada, tiene una gravedad específica de 0.6 g/cm^3 en rodales naturales y de 0.4 a 0.45 g/cm^3 en plantaciones), lo cual lo hace apta para madera con uso comercial y familiar (CATIE, 1986).

El grano de esta madera es comúnmente entrecruzado; el lustre es medio y la textura moderadamente fina y uniforme; no tiene olor o sabor característicos.

En la prueba de resistencia lateral de Janka, demuestra que la dureza de la especie es de 1280 lb para material verde, y 1750 lb para un contenido de humedad de 12% (Francis, 2002).

La fibra de mangium es de 0.94-1.08 mm de largo. (Phe *et al*., 1982). La pulpa es apropiada para la elaboración de cartón, bolsas, papel de envoltura y sacos multicapas (Logan *et al*., 1982).

El secado de la madera ocurre a una velocidad moderada, por lo tanto se debe tener cuidado porque pueden aparecer defectos de secado en los extremos, como grietas y algunas rajaduras laterales pequeñas. Se reporta como una madera moderadamente resistente a tratamientos de preservación (Francis, 2002).

2.2.6 Plantaciones de *A. mangium* en otros países

Acacia mangium es una de las especies más utilizadas en el mundo en plantaciones forestales comerciales. Forma parte de la lista de las diez especies más utilizadas en el mundo. La FAO (2010) reporta 10, 560,000 hectáreas plantadas a nivel mundial (Figura 5).

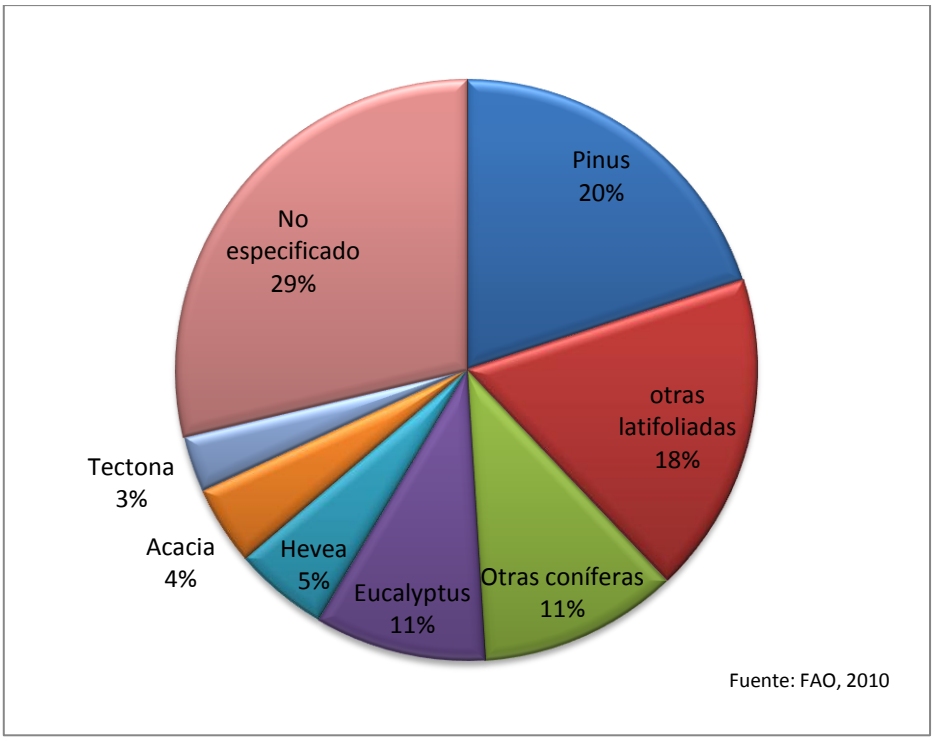


Figura 5. Porcentaje de las especies más utilizadas en plantaciones forestales comerciales a nivel mundial.

Debido a que es una especie ubicada en el trópico húmedo, es una especie de rápido crecimiento con incrementos anuales por hectárea considerables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimientos máximos obtenidos en las principales especies de plantaciones forestales comerciales a nivel mundial.

País	Especie	IMA (m^3/ha/año)	Turno
Brasil	*Eucalyptus grandis*	45	7
Sudáfrica	*Pinus patula*	18-20	15-17
China	*Pinus caribeae*	15-20	17-20
Brasil	*Gmelinea arborea*	20	10
Indonesia	*Acacia mangium*	20-30	6-8
Fiji	*Swietenia macrophylla*	14	30
Chile	*Pinus radiata*	15	18

Fuente: Evans y Turnbull, 2010.

2.3 Ensayos de procedencia

2.3.1 El mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal se aplica cuando el control de las fuentes parentales se combina con otras actividades de manejo del bosque, como la preparación o fertilización de lugar, para mejorar los rendimientos totales y la calidad de los productos de los terrenos forestales (Zobel y Talbert, 1988).

En las últimas décadas se comprobó que los árboles tienen capacidad de transferir característica a su descendencia. La capacidad de heredar las características que tienen los árboles a su progenie está íntimamente ligada a la variabilidad que en conjunto presentan las poblaciones de especies. Esta variabilidad constituye el acervo fundamental que dirige el manejo de recurso genético contenido en las especies y sus poblaciones, la cual al ser reconocido y evaluada en función de objetivos específicos, se puede manipular para obtener altas ganancias genéticas buscando su homogeneización al disminuir la variación y por otro lado se pueden proteger especies y poblaciones buscando la heterogeneizacion en poblaciones naturales o inducidas que contengan variabilidad y que mantenga una variación que induzca diversidad para garantizar descendencias que se aseguren esquemas nuevos de adaptación y fuerza evolutiva natural (Alba, 2007).

2.3.2 Ensayos de procedencias y su importancia

El ensayo de procedencias consiste en la recolección de semilla de alguna especie cualquiera en diferentes puntos geográficos o fuentes de origen, ubicados en el área de distribución natural, y su establecimiento y evaluación en parcelas experimentales en las localidades de interés, con el propósito de determinar la mejor procedencia para cada localidad en particular (Mendizábal *et al*., 1999).

Zobel y Talbert (1998) mencionan la importancia de este eslabón del programa de mejoramiento genético al indicar que con frecuencia un grupo de fenotipos se prueba en un solo ambiente y su rendimiento se extrapola a otros ambientes, cuando en realidad su rendimiento relativo podría ser distinto si se les cultivara bajo otras condiciones.

La plantación de árboles ofrece una oportunidad valiosa para considerar cuidadosamente la elección de las especies que se van a usar y su procedencia. Además de ajustar las especies y procedencias a las condiciones ambientales y las exigencias del uso final, aumenta las posibilidades de mejorar gradualmente la calidad genética de las poblaciones de árboles establecidas. Por otra parte el uso de material seleccionado para plantar que sea de alta calidad fisiológica y genética, junto con un manejo cuidadoso, asegurará una alta supervivencia, facilitará las operaciones de cuidado, silvicultura y cultivo posteriores y puede aumentar bastante la producción. Los avances logrados en cuanto a adaptación al lugar, rendimiento y, cuando sea aplicable, a uniformidad del material producido, pueden multiplicarse mediante mayor selección y mejoramiento genético (Palmberg *et al*., 1998).

Los ensayos de procedencia tienen una justificación económica, cuya explicación se basa en el aspecto biológico, ecológico y genético. Dentro de cada especie existen razas, variedades, formas, etc., como respuesta a las diferentes condiciones ambientales. Estas diferencias en muchos casos son genéticas, los cuales se reconocen más fáciles cuando los materiales (especies, procedencias, progenies, etc.,) se reúnen o se hacen crecer en un ambiente común, debido a que cada genotipo, o grupos de individuos que comparten ciertos genes, están adaptados para responder a ciertos estímulos ambientales. En resumen se puede decir que los ensayos de procedencia nos permite decidir que especies y/o procedencia es o son la más adecuadas para cada sitio, basados en experimentos científicos que da un margen de más amplia de confiabilidad.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de las áreas de experimentación

El ensayo se estableció en septiembre de 2009 en el rancho denominado Mene-Mene, perteneciente a la empresa Agropical S.A de C.V. Está ubicado en la localidad de Sabana Larga (Unidad Modelo), Huimanguillo, Tabasco, México a una distancia aproximada de 38 km al oeste de la cabecera municipal del mismo municipio; tiene las coordenadas geográficas 17° 51.96´N y 93° 40.92 W. La fórmula climática es Am (f) w" (i') g que corresponde a un clima cálido-húmedo, con lluvias abundantes en el verano, decreciendo ligeramente en invierno. La temperatura media anual es de 26.2 °C. La precipitación media anual es de 2290.3 mm anuales. El suelo está clasificado como acrisol que son ácidos, ricos en materia orgánica, y deficientes en fósforo y bases intercambiables (SEGOB, 1987). Los sitios de experimentación son suelos delgados, con baja fertilidad, alta acidez (pH 5.12-5.21), toxicidad por aluminio (Al) y deficientes en fósforo (P). No presenta pendiente significativa, tienen una altura promedio de 30 metros sobre el nivel del mar y la vegetación de la región es selva mediana y sabana.

3.2 Análisis del suelo

El análisis de suelos se realizó antes de planear y establecer los experimentos. No se tiene un análisis de los suelos de los sitios de manera exacta. Estos resultados son de puntos cercanos y parecidos a las áreas donde están establecidos los experimentos (Cuadro 2). No se tiene la información completa de cuántos puntos de muestreos se realizaron, ni de la profundidad a la que se tomaron las muestras.

Cuadro 2. Resultados del análisis de suelos para los sitios uno y dos, realizado previo al establecimiento de los experimentos.

No.	Muestra	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	pH	M.O %	Nt %	P ppm	Al	Ca	Mg	K	Fe
											me/100g			
1	sitio 1	73.84	16.6	10	Franco-arenoso	5.21	2.4	0.14	11.9	1.75	0.63	0.22	0.02	29.6
2	sitio 2	66.02	20.16	13.8	Franco-arenoso	5.12	1.8	0.11	1.3	1.25	0.36	0.3	0.03	14.2

Fuente: INIFAP, Huimanguillo.

METODOLOGÍA: **pH**, Potenciómetro (Suelo: agua 1:2); **MO**, Walkley y Black, NH4 Titulación; **NO3**, Colorimetría.
P, Bray; **C.I.C. Ca, Mg y K**, (AcOMH4 1N PH 7.0). Espectrofotometría de absorción atómica;
Fe, Cu, Mn y Zn, (DTPA 0.005 M pH 7.3). Espectrofotometría de absorción atómica; **B**, Colorimetría

3.3 Preparación del experimento

La semilla para el ensayo se germinó y la planta se preparó en vivero dos meses antes de establecerla en campo. La etapa de vivero se comenzó en abril de 2009. A la semilla se le dio un tratamiento pre-germinativo que consiste en sumergir las semillas protegidas por un paño, dentro de agua hirviendo por 30 segundos, luego de la inmersión en agua hirviendo, la semilla se dejó reposar en agua fresca por 24 horas, después germinarlas en camas apropiadas y repicarlas en tubetes cónicos de 100 ml para su desarrollo inicial. El sustrato utilizado fue una mezcla de 60% de peat moss, 20% de vermiculita y 20% de perlita. En vivero se fertilizó la planta con osmocote, que es un fertilizante de lenta liberación, el transporte de la planta del vivero a campo se realizó de manera cuidadosa, clasificando y separando las plantas en vivero, para una exacta identificación en campo de acuerdo a su código destinado.

3.4 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en eliminar la parte aérea y radicular de los árboles de naranjos, ya que el suelo se dedicaba a la producción frutícola. Se construyeron más de 3 km de drenes y se rastreó, subsoleó y bordeó en ambos sitios. En el área del primer ensayo se realizó la aplicación de cal agrícola en una cantidad de 2 toneladas por hectárea. En el área del segundo sitio también se aplicó cal agrícola en proporción de 2 toneladas por hectárea y además roca fosfórica (0-12-0) a razón de 1.5 toneladas por hectárea; esto para observar alguna diferencia entre la respuesta de las variables a medir entre los dos sitios de experimentación. La plantación se realizó de manera manual, la apertura de las cepas se hizo con una estaca de 5 cm de grosor, inmediatamente se colocaron las plantas. En el manejo de la plantación, hasta el momento de la medición, se realizaron dos etapas de fertilización. La primera a un mes del establecimiento, con 30 gr/planta de triple-17 (17-17-17) granulado. La segunda fue a los seis meses, con una dosis de 70 gr/planta del mismo fertilizante, ambos

aplicados en periodos de lluvia. Dentro del primer mes inmediato al establecimiento, se evaluó la mortalidad y se sustituyeron los individuos muertos.

El control de la maleza se realizó de manera química (glifosato) y mecánica. Se aplicó la primera poda de formación de manera oportuna, antes del primer año de edad.

3.5 Diseño experimental

En octubre de 2009 se estableció el primer ensayo con un diseño de bloques completos al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones. La parcela fue cuadrada de 49 árboles con un distanciamiento de 3 m x 3 m (filas de 7 x 7 árboles), y la parcela efectiva de 25 árboles (5 x 5 árboles), de tal manera que se usaron dos filas de borde entre sitio y sitio, a la vez que se usaron dos filas de borde alrededor de todo el experimento. En total se plantaron inicialmente para este ensayo, 2940 árboles de los cuales 1500 son para evaluar, el resto son de borde.

El ensayo número dos, también se estableció en octubre de 2009, con un diseño experimental de bloques completos al azar. Se usaron 18 tratamientos de las 20 del primer sitio, con tres repeticiones. De igual manera se usaron parcelas cuadradas de 7 x 7 árboles dejando dos de borde, para tener parcelas efectivas de 5 x 5 árboles. La distancia de siembre fue de 3 m x 3 m. Inicialmente se plantaron 2646 árboles de los cuales 1350 son para evaluar, el resto están en las líneas de bordes.

3.6 Información de las procedencias

Las semillas se compraron a principios del año 2009 en el banco de semillas de CSIRO, ubicado en Australia. Los datos que se muestran en el Cuadro 3 y es la información que el banco de semillas proporcionó. Las semillas

se recibieron y se germinaron, se les asigno la clave Agropical para el manejo interno. Es importante mencionar que se tuvieron problemas de viabilidad en las procedencias 2 y 8, la cual repercutió en el abastecimiento de plantas para el experimento, por eso dichas procedencias no están presentes en el sitio dos.

Cuadro 3. Información de las procedencias que se importaron del banco de semillas de CSIRO, Australia (2009), y la clave Agropical para la identificación del material.

Clave Agropical	Procedencia	Latitud (grad, min)	Longitud (Grad, min)	Altitud (msnm)
Am-02	NA	NA	NA	NA
Am-03	NA	NA	NA	NA
Am-04	Spa Malaysia PNG	NA	NA	NA
Am-05	Kuranda PNG nth	16º 49´S	145º 38´E	0
Am-06	SSO Sipitang PNG	05º 00´S	115º 30´E	100
Am-07	SSO Kuranda fn QLD	16º 45´S	145º 45´E	440
Am-08	NA	NA	NA	NA
Am-09	NA	NA	NA	NA
Am-10	NA	NA	NA	NA
Am-11	NA	NA	NA	NA
Am-12	SSO Lingao, China	19 º 34´N	109 º 26´E	50
Am-13	SOO Hainan, China	NA	NA	NA
Am-14	SSO Siloo	08º 25´S	124º 57´E	600
Am-15	SSO, China	NA	NA	NA
Am-16	NA	NA	NA	NA
Am-17	CSO Bau Bang	11º 51´ N	107º 00´E	4
Am-18	SSO Lannercost PNG n	18º 38´S	145º 52´E	50
Am-19	SSO Lad Krating, Sanam Chaikhet	18º 22´S	146º 06´E	20
Am-20	Chancheongsao, Thailandia	13º 45´N	101º 06´E	150
Am-21	Colombia	NA	NA	NA

Fuente: CSIRO, Australia

3.7 Medición de variables

Las variables a medir son aquellas que permiten valorar el estado y respuesta de las procedencias de la forma real, representativa y objetiva.

Para este experimento se tomaron las medidas en campo para cada individuo. Las variables son: sobrevivencia, altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza (2.5 m), sinuosidad y bifurcación. Estas mediciones se realizaron del 25 al 29 de agosto de 2010 en el primero ensayo y, del 14 al 18 de septiembre de 2010 en el segundo ensayo.

Para la sobrevivencia se contaron los árboles vivos en relación a los que se plantaron inicialmente. La fórmula usada fue:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{Número\ de\ plantas\ al\ momento\ de\ la\ evaluación}{Número\ de\ plantas\ iniciales} * 100$$

La altura total se midió en metros desde la base del árbol hasta el ápice superior. Se midió con un clinómetro digital, configurado a manera de tomar la medida de la altura a 6 m de distancia y en caso de existir obstáculos, a los 9 m.

El diámetro a la altura del pecho (1.30 m) se midió con un pie de rey graduado hasta milímetros. Para casos donde resultó pequeño, se usó la cinta diamétrica. No existió mayor problema debido a que no existe pendiente en el terreno.

Para evaluar las variables de calidad, (calidad de primera troza, sinuosidad y bifurcación), se utilizó la metodología de Murillo (2003). Utilizada en Instituto Tecnológico de Costa Rica, en la evaluación de plantaciones forestales comerciales. Consiste en visualizar las siguientes características de la troza y determinar una valoración numérica en base a la calificación visual.

1. Sinuosidad: Característica importante a evaluar. Principalmente para el objetivo de la plantación, que es para aserrío. La causa es generalmente genética, aunque también puede ser por daños físicos o mecánicos. Se visualiza el grado de sinuosidad.

2. Inclinación del fuste: Es un ángulo que tiene la planta con respecto a un eje vertical imaginario y no deberá superar los 30º. Es importante visualizar y determinar el grado de inclinación, ya que si existe creara madera de reacción, disminuyendo la calidad del fuste. Pueden ser por causa física o mecánica.

3. Grosor de ramas: Esta característica es indeseable para plantaciones con fines de aserrío. Entre más ramas gruesas, será necesario un mayor manejo con podas, aumentando la inversión a la vez que disminuye la calidad de la madera. Para determinar una calificación es importante ver el número de ramas gruesas existentes.

4. Bifurcación: Es la presencia de más de un ápice dominante. Esta característica no es deseable en plantaciones con fines de aserrío, donde se busca un solo fuste. Se visualiza si existe o no bifurcación.

5. Ramas de reiteración: Es la presencia de ramas en la parte alta de la copa que compiten con el ápice principal y en un futuro puede llegar a dominar, y bifurcar el árbol. Se califica a partir de la existencia o no de ramas de reiteración.

6. Estado fitosanitario: El estado fitosanitario se refiere a la presencia o ausencia de plagas y/o enfermedades que puedan dañar la calidad del árbol. Es importante ver el estado fitosanitario para poder emitir una calificación en la variable calidad de la primera troza.

Calidad de la primera troza (CPT). Esta es una calificación que engloba todas las características descritas anteriormente. En base a la calificación visual se determinó una calificación numérica de 1-4 descrita en el Cuadro 4, determinando la troza de mejor calidad con la valoración uno y la valoración cuatro como la troza de menor calidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calificación asignada a la troza de acuerdo a su descripción, esto para determinar los valores de la variable Calidad de la Primera Troza (CPT).

Valor Asignado	Descripción
Calidad 1	Troza completamente limpia. Aprovechable en un 100%
Calidad 2	Troza con solamente uno de los defectos mencionados. Aprovechable en un 75%
Calidad 3	Troza con dos defectos o más. Aprovechable en un 50%
Calidad 4	Troza con muchos defectos. No aprovechable.

Nota: troza aprovechable en aserrío. Fuente: datos de campo

La variable sinuosidad es un desglose de la calidad de la primera troza, sin embargo es importante analizarla por separado porque es una característica sumamente importante a conocer porque es muy importante para conseguir los objetivos de la plantación, esto porque *Acacia mangium* es una especie que tiende a crecer con mucha sinuosidad en sus primeros años de crecimiento (National Research Council, 1983).

Esta variable se evaluó visualmente, y se asignaron tres valores numéricos para determinar en qué grado se presenta la sinuosidad en el individuo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valoración para Sinuosidad. Se toma el valor uno como el que no presenta sinuosidad y el tres como altamente sinuoso.

Valor asignado	Descripción
1	No existe sinuosidad. Fuste completamente derecho.
2	Sinuosidad presente, poco significativa
3	Muy sinuoso

Fuente: datos de campo

La bifurcación es indeseable en una plantación forestal con fines de aserrío. En *Acacia mangium* es común la presencia de mucha ramificación en sus

primeros años de crecimiento. Es muy importante evaluar el grado con que se presenta en la plantación, después de realizado una poda de formación, antes del primer año de edad (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valoración de la bifurcación, característico en *Acacia mangium* Wild.

Valores asignados	Descripción
1	No existe bifurcación
2	Existe bifurcación

Fuente: datos de campo

3.8 Transformación de las variables

Para un mejor análisis, manejo y comprensión de los resultados, fue necesario transformar los datos originales.

Los valores se transformaron de ordinales a porcentajes, esto para una mejor comprensión de los resultados (Cuadros 7, 8 y 9).

Calidad de la Primera Toza

Cuadro 7. Evaluación de calidad de la primera troza en porcentaje; medida que disminuya, menor es la calidad de la troza.

Valor original	Valor transformado %
1	100
2	66
3	33
4	0

Fuente: datos de campo

Sinuosidad

Cuadro 8. Sinuosidad interpretada en porcentaje. A medida que el valor aumente, mayor será el grado de sinuosidad.

Valor original	Valor transformado %
1	0
2	50
3	100

Fuente: datos de campo

Bifurcación

Cuadro 9. Bifurcación representada en porcentaje. A medida que aumenta el valor, aumenta el grado de bifurcación.

Valor original	Valor transformado %
1	0
2	100

Fuente: datos de campo

3.6 Modelo experimental y análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Statical Analysis System (SAS) versión 9.0. La base de datos inicialmente fue capturada en Microsoft Excel y posteriormente transportado al SAS.

Para presentar los datos se realizaron figuras y cuadros en Excel, a partir de los datos obtenidos en el SAS. Otra operación importante en el análisis estadístico es la comparación de medias realizadas por la prueba de Tukey, si bien el ANOVA indica si hay diferencias estadísticas significativas, la agrupación de las medias, muestra dónde están esas diferencias y sus componentes.

El análisis se realizó considerando dos ensayos diferentes, pero con las mismas procedencias usadas en ambos.

El presente trabajo se realizó mediante el diseño de bloques completamente al azar. Considerando dos ensayos; el primer ensayo es de 20 tratamientos y tres repeticiones y el segundo de 18 tratamientos y tres repeticiones.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico (Wayne, 1987).

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + P_j + \epsilon_{ij}$$

i= 1,2,…….n; j= 1,2,……..k;

En donde:

X_{ij} = es un valor típico de la unidad experimental.

μ = es una constante (media general).

βi = representa el efecto del i-ésimo bloque.

Pj = representa un efecto de tratamiento de la j-ésima procedencia.

ϵ_{ij} = es un componente residual que representa toda las fuentes de variación que no sean de las procedencias o de los bloques.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en análisis por sitio, procedencias e interacción procedencia*sitio. Los niveles de significancia pueden ser altamente significantes (α<0.0001), significantes (0.0001 > α< 0.05), y no significantes (α>0.05).

4.1 Diferencias entre sitios

En el análisis de los datos a nivel de sitios, casi todas las variables fueron altamente significativas (α<0.0001), estos son: altura, diámetro, calidad de primera troza, sinuosidad y bifurcación. En el sitio uno se encontró valores de diámetros más altos, sin embargo para el sitio dos se encontró que la altura, la calidad de la primera troza, la sinuosidad y la bifurcación, fueron las mejores.

Cuadro 10. Promedio de Sitios o localidades para las variables evaluadas a 13 meses de edad de la plantación, de 20 y 18 procedencias respectivamente en los sitios uno y dos en Sabana Larga, Huimanguillo, Tabasco, México.

Variables Sitios	Altura (m)	DAP (cm)	CPT (%)	SIN (%)	BIF (%)	SOBR (%)
	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom
1	4.8 B	6.1 A	35.6 B	43 A	27.0 A	94 A
2	6.1 A	4.7 B	45.9 A	31 B	8.68 B	93 A

Letras iguales no son significativamente diferentes con Tukey α=0.05 Fuente: datos de campo

Donde:

DAP= Diámetro a la Altura del Pecho.

CPT= Calidad de la Primera Troza.

SIN= Sinuosidad.

BIF= Bifurcación.

SOBR= Sobrevivencia.

Prom= Promedio.

La única variable que no es significativa es el porcentaje de sobrevivencia. Esto se ve influenciado por la replantación a los 15 días del establecimiento. Por otro lado esta variable perderá importancia en futuras evaluaciones, debido a que las actividades culturales para las áreas experimentales dentro del proyecto forestal, son las mismas que se aplicarán a la plantación en general, se realizaran aclareos para mejorar la calidad de los individuos.

Los crecimientos son diferentes en ambos sitios y muy notables. La diferencia entre las medias del sitio uno y dos en altura es de 1.29 metros. La diferencia en diámetro entre las medias de ambos sitios es de 1.35 cm. Otra variable que destaca por su gran diferencia es el porcentaje de bifurcación; en el sitio uno es de 27% y en el dos de 8.66%.

Un fenómeno que es importante señalar es el comportamiento de las variables, diámetro y altura en ambos sitios. El árbol promedio en el sitio uno tiene 4.8 m de altura y 6.8 cm de diámetro. El árbol promedio en el sitio dos tiene 6.12 m de altura y 4.7 cm de diámetro. Esto significa que en el sitio uno los árboles tienen menor altura pero mayor diámetro y en el sitio dos, son más altos pero con menor diámetro en comparación al sitio uno.

Las variables altura y diámetro son llamadas variables de crecimiento, y las variables de CPT, sinuosidad y bifurcación son llamadas variables de calidad (Zobel y Talbert, 1988).

Estas varianzas se pueden atribuir a la variación ambiental. Las variables ambientales como la precipitación, la temperatura, acción del viento, profundidad del suelo, aspectos y muchos componentes del ambiente del árbol, son poco afectados por el hombre, pero todas esas fuerzas afectan al fenotipo del árbol. Las fuerzas ambientales son la causa más importante de la variabilidad en algunas características especialmente las relacionadas con el crecimiento (Zobel y Talbert, 1988).

De acuerdo con Zobel y Talbert (1988), las variables de calidad y crecimiento principalmente, fueron determinados por factores ambientales, descritas en el párrafo anterior. Analizando esas variables, es fácil descartar las que no afectaron en este experimento. La precipitación, temperatura, acción del

viento, y factores como altura sobre el nivel del mar, pendiente y exposición, son fácilmente descartadas ya que los dos sitios están dentro de una misma zona (terrenos del rancho), donde no pueden existir grandes fluctuaciones en las variables ambientales descritas, pero no se pueden descartar las variables edáficas. En la preparación del suelo se le aplicó a ambos sitios cal agrícola a razón de 2 toneladas por hectárea, pero solamente al sitio dos se aplicó roca fosfórica a razón de 1.5 ton/ha. Esta es la principal razón a la que se puede atribuir las varianzas muy significativas entre los sitios para las variables de altura, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza, sinuosidad y bifurcación.

Acacia mangium es una especie que difiere de otras especies forestales comerciales en cuanto a las condiciones edáficas en las cuales puede crecer de manera óptima. En un estudio realizado en Centroamérica se desarrolló una matriz de correlación, entre los índices de sitios y los factores del sitio. A través de la matriz y de los coeficientes encontrados se identificaron algunos factores que influyeron positivamente o negativamente en el índice de sitio. Se encontraron las siguientes correlaciones (significativas a un nivel de error de 5%). El potasio (K), contenido de cobre (Cu) y pH, correlacionaron positivamente con el índice de sitio. El numero de meses secos (meses con < 100 mm), correlacionó negativamente con el índice de sitio La variable Edáfica que mejor correlacionó fue el contenido de potasio (K), esto indica que a mayor contenido de Potasio en el suelo, el índice de sitio fue más alto. Los otros elementos mostraron correlación positiva, lo que indica que mientras aumente el contenido de estos elementos en el suelo, serán mayores los índices de sitios (Oliva, 1990).

Esta especie ha sido probada en regiones de América central y se han encontrado buenos resultados en sitios con suelos de tipo entisol, ultisol, alfisol y andosol, con pH de hasta 4.5 y altos contenidos de aluminios, arcillas y poca profundidad, y compactadas por el pastoreo (CATIE, 1986). Liang (1986) reporta que mangium tiene la habilidad para crecer en suelos ácidos con pH de hasta 4. Por lo que es una especie muy adaptable a diversas condiciones.

El análisis de suelos realizados previo al establecimiento de los experimentos revelan que tienen la misma textura (franco-arenoso), Para el sitio

uno se tiene un pH de 5.21 y para el sitio dos un pH de 5.12. Por lo tanto la diferencia es la cantidad de fósforo aplicada en la preparación del terreno.

Este mismo análisis muestra que en el sitio uno hay baja cantidad de fósforo (2ppm). Se ha reportado que *Acacia mangium* puede crecer en suelos con bajo contenido de fósforo (2ppm) aunque su crecimiento es lento (National Research Council, 1983).

Se reportan diferencias entre sitios en un estudio realizado por Paraguirre (1991) en varios países de Centroamérica. Lo sitios comparados fueron INFOP, Honduras, La Máquina, Guatemala y los Uveros, Panamá. Se evaluó a los 19 meses de edad y se encontró diferencias significativas en el incremento medio anual en altura total. El más alto fue el sitio de INFOP, Honduras, con un IMA de 2.4 m (A), seguido de La Máquina, Guatemala con 1.2 m (B) y Los Uveros, Panamá con 0.9 m (C). Las diferencias se atribuyen a las diferencias edáficas y en específico al pH. En La máquina Guatemala tiene un pH de 6.8-7.1 y en INFOP, Honduras un pH de 5.6 (Paraguirre, 1991).

En el proyecto llamado Madeleña, realizado por el CATIE, Salazar *et. al* (1988), estableció dos ensayos de procedencias de *Acacia mangium* en Santa Clara y Puriscal en Costa Rica. Ambos sitios con precipitación arriba de los 2400 mm y con elevaciones de 170 y 960 msnm respectivamente. Los resultados indican crecimientos similares en ambos sitios, ya que se obtuvo un IMA en DAP de 2.4 y 2.8 cm correspondientemente y un IMA en altura de 2.3 y 2.6 m para Santa Clara y Puriscal, respectivamente.

4.2 Diferencias entre procedencias

En ninguno de los sitios se encontró diferencias significativas en sobrevivencia, a nivel de procedencias. El porcentaje de mortalidad mínima fue de 74.6% en el sitio uno para la procedencia número 10 y en el sitio dos el porcentaje mínimo fue de 84% para la procedencia 4, pero no fue significativa.

En el sitio uno se encontró diferencias altamente significativas para las variables altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza y sinuosidad. Mientras que en el sitio dos solamente se encontraron diferencias significativas para las variables altura y diámetro a la altura del pecho.

Se encontró que la procedencia 5 fue la que mostro mayor altura en ambos sitios, con 5.5 en el sitio uno y con 6.83 m de altura en el sitio dos. La procedencia con menor altura encontrada en el sitio uno, fue la número 13, con 4.02 m de altura; en el sitio dos esta misma procedencia es la penúltima más baja, sin embargo la de menor altura fue la procedencia 3 con 4.7 metros de altura.

Es notable la presencia de la variable 5, en altura y diámetro. En ambos sitios aparece como la del valor más alto, aunque con valores muy diferentes. Esto es rescatable ya que existe diferencia entre sitios, demostrada en el apartado anterior, pero se mantiene la estabilidad genética.

Para las variables de calidad es importante la estabilidad de la procedencia 4, ya que se hace presente como la mejor en calidad de primera troza, sinuosidad y la segunda en bifurcación en el primer sitio. En el sitio dos es primera en calidad de primera troza, la menos sinuosa y la cuarta menos bifurcada. Esta misma procedencia estuvo dentro de las tres mejores procedencias en altura y diámetro en ambos sitios.

La procedencia 5 fue la primera en las variables de altura y diámetro en ambos sitios, sin embargo en las variables de calidad, no estuvo entre las mejores procedencias, más bien toma valores promedios, esto hace que sea una procedencia con una importancia a considerar Estos resultados se reflejan mejor en los Cuadros 11 y 12.

Las diferencias máximas (procedencia con mayor altura menos la de menor altura) son una forma de ver la varianza entre las procedencias, al igual que las diferencias entre el valor mínimo y el máximo en relación al valor promedio, para todas las variables evaluadas (Cuadro 13).

En otros experimentos se ha reportado varianzas significativas entre procedencias de *Acacia mangium.* En La maquina Guatemala, los resultados de análisis de varianza entre 11 procedencias, demostró diferencias significativas a

los 20 meses de edad (P<0.05), para la variable altura total. Este mismo sitio, se evaluó a los 44 meses de edad y las diferencias fueron altamente significativas (P<0.01), para 5 variables analizadas que fueron: sobrevivencia (%), altura total (m), altura de fuste limpio (m), diámetro a la altura del pecho (cm), área basal (m^2/ha) y volumen (m^3/ha). En este experimento se observo que a medida que la edad aumenta, las diferencias son mayores. A los 9 meses de edad la diferencia entre la mejor procedencia y el promedio general fue de 0.2 m (23%); a los 44 meses esta diferencia fue de 2.6 m (44%). Las diferencias máximas en altura total entre la mejor procedencia (Boite) y la de menor desarrollo (Brumas) fue de 0.4 m (47%) a los 9 meses de edad, mientras que a los 44 meses esta diferencia se incremento a 5.7 m (180%). El promedio general en altura a los nueve meses de edad fue de 1 metro y a los 44 fue de 5.9 m. Para el diámetro las diferencias entre la mejor procedencia y el promedio general fue de 1.5 cm (40%), a los 33 meses y de 2.1 cm (36%) a los 44 meses, para la misma procedencia; las diferencias entre la mejor procedencia y la de menor desarrollo fueron de 2.7 cm (107%) a los 33 meses y de 4.1 cm (108%) a los 44 meses. El promedio general en diámetro fue de 3.8 cm a los 33 meses y de 5.8 cm en 44 meses (Paraguirre, 1991).

Se realizó un experimento en Santa Teresa, el Salvador; establecido en terrenos agrícolas, en específico frijol. Esto favoreció el establecimiento de la plantación, ya que las actividades culturales propias del cultivo agrícola lo favorecieron. El análisis de varianza para altura total, altura de fuste, diámetro, área basal y volumen, no presentaron diferencias significativas entre procedencias para las variables evaluadas. El promedio general en altura total a los 32 meses fue de 9.2 m. la procedencia de Oriomo river, superó al promedio general en 1.2 m (13%). Las diferencias entre la mejor y la peor procedencia en todos los casos no fueron mayores de 30% (Paraguirre, 1991).

En el experimento realizado en Santa Clara, Costa Rica se reporta un crecimiento muy bueno, con incrementos medios anuales de 3 m en altura y 3 cm en diámetro a los 38 meses. Esta respuesta se debe a las condiciones climáticas, sobre todo la cantidad y distribución de la precipitación, ya que no presenta meses con menos de 100 mm de lluvia, así como a las características del suelo, ya que el pH es ligeramente ácido, propio para el desarrollo de esta especie. El análisis de varianza obtenido en este sitio fue altamente significativo para las

variables altura total, altura de fuste, diámetro, área basal y volumen, mientras que para la altura de fuste limpio no se presentó diferencia significativa. En altura total a los 38 meses la mejor procedencia fue de Abergowrie con 12.5 m de altura promedio, mientras que el promedio general estuvo 2.7 m (27%) por debajo de la mejor procedencia, y la procedencia de menor desarrollo (Walsh`s Pyramid), tuvo 5.1 m (69%) menos altura que Abergowrie (Paraguirre, 1991).

Cuadro 11. Promedios y agrupación de Tukey para 18 procedencias en el sitio uno, a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México.

Altura (m)			DAP (cm)			CPT (%)			Sinuosidad (%)			Bifurcación (%)			Sobrevivencia (%)		
Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom	
5	5.5	A	5	6.9	A	4	48	A	12	56	A	9	38	A	20	100	A
4	5.3	AB	9	6.9	A	20	45	AB	15	53	AB	16	35	A	13	98.7	A
14	5.2	AB	4	6.7	A	7	42	ABC	18	51	AB	19	35	A	7	98.7	A
19	5.1	AB	20	6.5	A	11	40	ABC	10	50	AB	17	35	A	19	98.7	A
9	5.1	ABC	14	6.5	A	6	39	ABC	14	49	AB	15	34	A	5	97.3	A
17	5.1	ABC	16	6.5	A	3	38	ABC	5	49	AB	20	32	A	21	97.3	A
20	5	ABC	17	6.4	A	21	37	ABC	19	47	AB	14	32	A	12	97.3	A
18	4.9	ABCD	19	6.4	A	13	36	ABC	17	43	AB	11	31	A	15	97.3	A
6	4.9	ABCD	11	6.3	AB	9	36	ABC	13	41	AB	5	30	A	11	97.3	A
16	4.9	ABCD	7	6.2	ABC	10	34	ABC	16	41	AB	21	29	A	14	96	A
7	4.9	ABCD	21	6	ABCD	16	34	ABC	21	41	AB	6	25	A	9	96	A
11	4.9	ABCDE	10	5.9	ABCDE	5	33	ABC	9	40	AB	13	21	A	6	96	A
21	4.8	ABCDE	6	5.9	ABCDE	17	32	ABC	3	38	AB	10	20	A	4	93.3	A
10	4.6	BCDEF	18	5.9	ABCDE	18	32	ABC	7	38	AB	3	19	A	16	92	A
15	4.3	CDEF	12	5.2	BCDE	19	32	ABC	11	36	AB	12	18	A	17	90.7	A
3	4.2	DEF	15	5.1	CDE	14	30	ABC	6	35	AB	7	16	A	3	89.3	A
12	4.1	EF	13	5	DE	15	29	CB	20	32	AB	4	16	A	18	88	A
13	4	F	3	4.8	E	12	25	C	4	29	B	18	15	A	10	74.6	A
Promedio	4.82			6.06			35.64			42.73			26.7			95.24	

Letras iguales no son estadísticamente diferente de acuerdo a la prueba de Tukey con α=0.05 Fuente: datos de campo

Cuadro 12. Promedios y agrupación de Tukey para 18 procedencias en el sitio dos, a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México.

Altura (m)			DAP (cm)			CPT (%)			Sinuosidad (%)			Bifurcación (%)			Sobrevivencia (%)		
Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom		Proc	Prom	
5	6.83	A	5	5.23	A	4	57.35	A	9	41.49	A	10	13.29	A	3	98.7	A
4	6.68	A	11	5.07	A	20	55.50	A	16	39.73	A	16	12.72	A	11	97.3	A
9	6.59	A	4	4.99	A	6	53.16	A	13	39.14	A	5	12.72	A	14	97.3	A
11	6.58	A	20	4.95	AB	5	52.26	A	12	37.68	A	15	11.35	A	16	97.3	A
14	6.57	A	7	4.94	AB	21	50.04	A	10	36.11	A	7	11.75	A	15	96	A
15	6.54	A	18	4.94	AB	11	48.29	A	17	35.99	A	6	10.27	A	5	96	A
20	6.52	A	16	4.92	AB	7	45.57	A	14	34.31	A	14	9.61	A	12	94.7	A
21	6.44	AB	14	4.91	AB	3	45.13	A	18	33.47	A	18	9.56	A	7	94.7	A
7	6.42	AB	17	4.87	AB	19	45.12	A	19	33.41	A	9	8.96	A	20	94.7	A
18	6.37	AB	21	4.81	AB	15	44.78	A	15	32.21	A	12	8.46	A	13	93.3	A
17	6.31	AB	9	4.81	AB	18	43.38	A	3	31.58	A	21	8.12	A	17	93.3	A
6	6.26	AB	15	4.78	ABC	14	43.35	A	6	30.56	A	17	7.17	A	10	92	A
10	6.19	ABC	6	4.72	ABCD	17	42.78	A	7	30.16	A	13	6.92	A	6	90.7	A
16	6.02	ABC	10	4.69	ABCDE	12	41.13	A	5	27.48	A	3	6.72	A	21	89.3	A
12	5.23	BCD	12	4.28	BCDE	10	40.72	A	11	26.14	A	4	6.44	A	9	88	A
19	4.97	CD	19	4.1	CDE	13	40.16	A	21	23.42	A	19	6.01	A	19	88	A
13	4.91	CD	13	4.05	ED	16	39.78	A	20	16.58	A	20	4.05	A	18	86.7	A
3	4.7	D	3	4.01	E	9	36.70	A	4	13.84	A	11	2.72	A	4	84	A
Promedio	6.12			4.73			45.8			31.3			8.71			93	

Letras iguales no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey con α=0.05 Fuente: datos de campo

Cuadro 13. Diferencias entre valores extremos para cada variable de los sitios uno y dos en Huimanguillo, Tabasco, México.

		Variables																					
		Altura			DAP			CPT			Sinuosidad			Bifurcación			Sobrevivencia					
Sitio			↑ %	↓ %		↑ %	↓ %		↑ %	↓ %		↑ %	↓ %		↑ %	↓ %		↑ %	↓ %			
1	Prom	4.82			6.06			35.6			42.7			26.7			95.2					
	Proc >	5.5	14		4.8	14		48	34		56	32		38	42		100	5				
	Proc <	4		17	6.9		21	25		31	29		33	15		43	75		22			
	Dif	1.5			2.1			23			27			23			25					
	Dif %	27.3			34.7			64.5			63.2			86.1			26.7					
2	Prom	6.12			4.73			45.8			8.71			8.71			93					
	Proc >	6.83	12		5.23	11		57.4	25		13.3	33		13.29	53		99	7				
	Proc <	4.7		23	4.01		15	36.7		20	2.72		56	2.72		69	84		9			
	Dif	2.13			1.22			20.7			10.6			10.57			15					
	Dif %	34.8			25.8			45.1			121			121.4			16					

Fuente: datos de campo

Donde:

DAP: Diámetro a la altura del pecho.
CPT: Calidad de la primera troza del fuste (2.5 m).
Prom: Promedio de la variable a nivel de procedencia .
Proc: Procedencia.
Proc >: procedencia con el valor más alto.
Proc <: procedencia con el valor más bajo.
Dif: Diferencia entre valores extremos.
Dif %: Diferencia entre valores extremos en porcentaje con relación al valor promedio.
↑ %: Diferencia en porcentaje de la procedencia con mayor valor y el valor promedio.
↓ %: Diferencia en porcentaje de la procedencia con menor valor y el valor promedio.

4.3 Interacción procedencia por sitio

El principal objetivo de este análisis fue identificar si existe interacción procedencia*sitio y si es significativa. Esta información es importante para definir las estrategias de mejoramiento a seguir en el futuro. No obstante es importante señalar que los resultados obtenidos son preliminares, porque las plantas no están ni a la mitad del turno y los resultados pueden variar cuando los ensayos lleguen a la edad adulta, pero importante dar seguimiento a las tendencias desde temprana edad.

La interacción procedencia*sitio para la variable altura total fue altamente significativa (Anexo 4). La tendencia general fue que en el sitio dos se registraron las mayores alturas que en el sitio uno. La variación se expresa por procedencias como la 19, que en el sitio uno fue la cuarta mejor procedencia, pero no presento la misma tendencia de crecimiento y en el sitio dos ocupó el lugar 16. Otras tendencias como la procedencia 15 en el sitio uno ocupó el lugar 15 entre las procedencias, pero en el sitio dos, superó a varias procedencias para ser la sexta mejor (Figura 8).

Para el diámetro a la altura del pecho se encontraron diferencias altamente significativas (Anexo 4). Para esta variable los valores más altos se registraron en el sitio uno, para todas las procedencias. La alta significancia en interacción procedencia*sitio se debe a procedencias como la 19 que en el sitio uno fue la octava mejor procedencia, pero en el sitio dos ocupó el lugar 16 de las 18 procedencias evaluadas, por lo tanto se convierte en la interacción más evidente. Otras procedencias que tienen una tendencia no paralela en ambos sitios, fueron la 15, 18 y la 11, que no son tan evidentes pero son significantes (Figura 9).

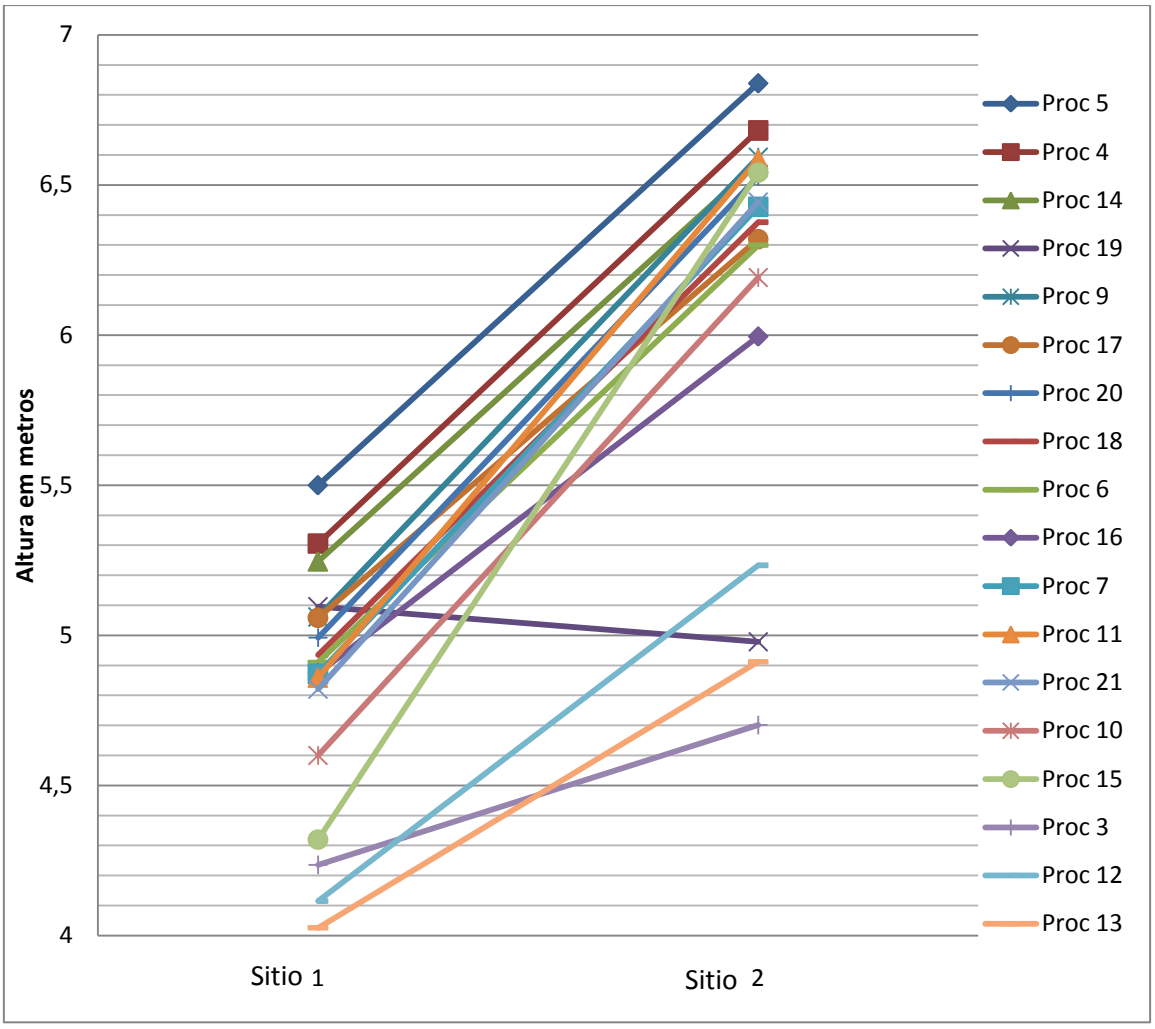


Figura 6 Tendencia de crecimiento en altura total en dos sitios, para 18 procedencias de *Acacia mangium* Wild de 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México.

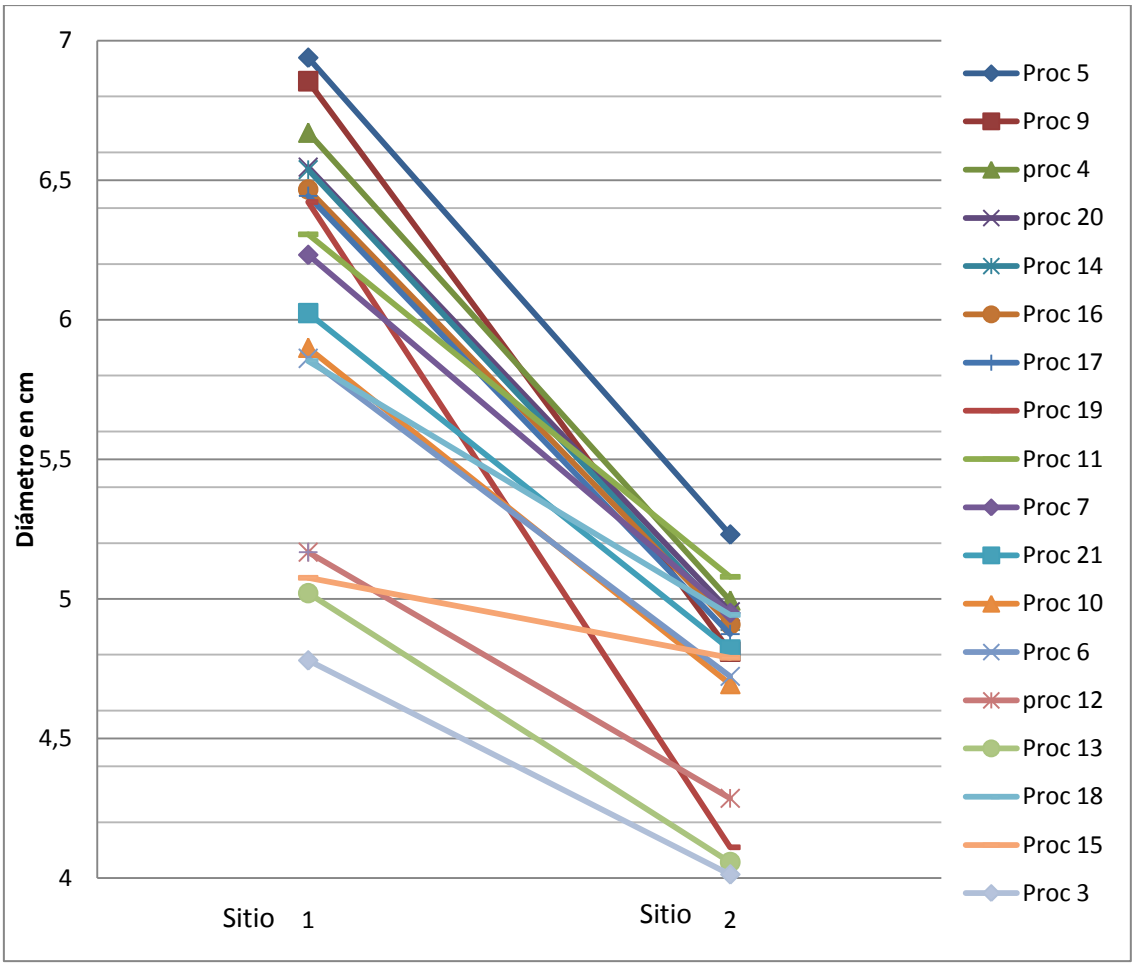


Figura 7. Tendencia en crecimiento en Diámetro a la Altura del Pecho en dos sitios, para 18 procedencias de *Acacia mangium* Wild a los 13 meses de edad en Huimanguillo, Tabasco, México.

La interacción procedencia*sitio solamente se presentó en las variables de crecimiento, esto es altura y diámetro. Las razones podrían estar relacionadas con la preparación del sitio, explicadas anteriormente. O tal vez podría estar relacionada con la genética de la especie. Zobel y Talbert (1988) relacionan las fuerzas ambientales como precipitación, temperatura y los factores edáficos, como los que más determina la variabilidad en las características genotípicas, especialmente las de crecimiento, en este caso, altura total y diámetro a la altura del pecho.

En un experimento realizado en un ensayo de 5 procedencias en tres sitios de América central (Honduras, Guatemala y Panamá), se evaluó el IMA en altura

total a los 19 y 30 meses de edad. A pesar de que se encontraron diferencias altamente significativas entre sitios para las dos edades, solamente se encontró interacción procedencia*sitio a los 19 meses de edad y, se debe a la procedencia Brumase que, en el sitio de la Máquina, Guatemala fue el de incremento menor y en los Uveros, Panamá fue el que presentó mayor incremento. Esta variación fue explicada por el efecto de los sitios y se debió a que las condiciones ambientales de los lugares comparados son muy diferentes, sobre todo en relación al clima y el suelo (Paraguirre, 1991).

En otro análisis reportado por el mismo autor, realizado entre cuatro procedencias en dos sitios (La Máquina, Guatemala y Santa Clara, Costa Rica), para las variables IMA en altura, IMA en diámetro e IMA en volumen, Reporta diferencias altamente significativas entre sitios y procedencias en diámetro y altura, sin embargo para interacción procedencia*sitio, solamente encontró diferencias estadísticas significativas para el IMA en diámetro. La diferencia significativa para diámetro se debe al comportamiento de la procedencia Piru ceram, Indonesia, que en La Máquina, Guatemala ocupó el último sitio de las procedencias comparadas y, en Santa Clara, Costa Rica se encontró en el tercer lugar superando a otras procedencias como la de Ellemberg, Queensland, Australia. De acuerdo con el cuadro de análisis de varianza, la variación se atribuye en un 85% al sitio (Paraguirre, 1991).

La interacción es una respuesta diferente debido a los factores genotipo-ambiente así como también se le puede conocer como la falta de paralelismo en la respuesta (Spurr y Barnes, 1982).

V CONCLUSIONES

La variable porcentaje de mortalidad no fue estadísticamente diferente entre sitios, procedencias ni tampoco se encontró en interacción procedencia*sitio.

Las diferencias entre sitios fueron altamente significativa a los 13 meses de edad, para la especie *Acacia mangium.* Las respuestas de las variables: altura total, diámetro a la altura del pecho, calidad de la primera troza, sinuosidad y bifurcación, fueron mejores en el sitio dos, en comparación al sitio uno. Se atribuye como principal causa de la diferencia a la roca fosfórica (fósforo 0-12-0), aplicada al momento de la preparación del terreno.

Las procedencias son más homogéneas en el sitio dos para todas las variables de crecimiento y calidad que se evaluaron.

En el sitio uno existen diferencias estadísticas para todas las variables de calidad, efecto que no se presento en el sitio dos.

Las variables de crecimiento presentaron interacción procedencia*sitio debido a las procedencias 15, 19 y 16 que no mostraron paralelismo en crecimiento de altura y diámetro.

Las procedencias 5 y 4 son las que mostraron mayor estabilidad en crecimiento y calidad, ya que están presentes como las mejores procedencias en las variables de crecimiento y calidad en ambos sitios.

VI RECOMENDACIÓNES

No perder la secuencia de las mediciones anuales para tener una información más completa y al final del turno poder evaluar correctamente las procedencias y los sitios. Esto tiene repercusiones económicas, que al final de cuentas es lo más importante para la empresa.

Añadir a las próximas mediciones en campo, la variable altura de fuste limpio. Esta información será ser útil para evaluar la eficacia de las podas y para la cosecha final.

Obtener el porcentaje de individuos en la escala usada en la calidad de la primera troza, para saber a qué nivel se encuentra la mayoría de los individuos. De igual manera para las variables sinuosidad y bifurcación.

Realizar una selección de los mejores individuos, de las mejores procedencias, e irlos introduciendo en un programa de propagación vegetativa con el fin de establecer plantaciones clonales y mejorar la calidad y productividad de las plantaciones a futuro.

En futuras evaluaciones evaluar las propiedades de la madera, tales como peso, dureza y color.

Realizar estudio de suelos en los sitios de experimentación para monitorear los nutrientes, e ir conociendo los requerimientos del cultivo.

Estudiar más detalladamente la función de la roca fosfórica en la fertilización de *Acacia mangium.* Empezando con realizar análisis de suelos exactamente en los sitios donde están establecidos los experimentos.

VII LITERATURA CITADA

Alba L., J., Mendizábal-Hernández L., R. Márquez J. 2008. El mejoramiento genético forestal y las pruebas establecidas en Veracruz. Revista Foresta Veracruzana. 10(1): 25-29.

Anuar, M. 1987. Growth of Acacia on logged-over forest in Sabah. In Australian Acacias in developing countries; proceedings of an international Workshop, Gympie, Queensland, 1986. Ed J. W. Turnbull. Camberra, Australia ACIAR. P 167-169. (ACIAR proceedings No. 16)

Boland D., M. Brooker., G. Chippendale., N. Hall., B. Hyland., R. Johnston., D Kleinig., J. Urner. 1985. Forest trees of Australia. 4ed. Australia, CSIRO. 687 p.

Capó A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P.15.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Departamento de Recursos Naturales Renovables. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 86. 228 p.

Cornejo O., E., Z. Bucio E., E. Gutiérrez V. B., S. Valencia M., C. Flores L. 2009. Selección de árboles y conversión de un ensayo de procedencias a un rodal semillero. Revista Fitotecnia Mexicana. 32(2): 87-92.

Doran J., Skelton. 1982. Recolección de semillas de *Acacia mangium* para ensayos internacionales de procedencias. Información sobre recursos genético forestales No. 11 FAO. Roma, Italia P 47-53.

Enda Caribe. s.f. *Acacia mangium:* un árbol maderable de crecimiento rápido. Santo Domingo, República Dominicana. s.p. (Agroforestería y conservación. Estudios y experiencias). 70 p.

FAO, 2006. Situación de los bosques del mundo. Subdivisión de políticas y Apoyo de Publicación Electrónica. División de Comunicación. FAO. Roma, Italia.180 p.

FAO, 2009. Situación de los bosques del mundo. Subdivisión de políticas y Apoyo de Publicación Electrónica. División de Comunicación. FAO. Roma, Italia 2009. 176 p.

FAO, 2011. La situación de los recursos forestales, análisis regional. Subdivisión de políticas y Apoyo de Publicación Electrónica. División de Comunicación. FAO. Roma, Italia. 2011. 30 p.

FRA, 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Departamento forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), Roma, Italia, 12 p.

Francis, J. 2002. Tropical Trees Seed Manual, USDA Forest Service, Agriculture Handbook 721. 256-257 p.

Joker, D. 2000. *Acacia mangium* Wild. Rev. Forest and Landscape. Horsholm, Denmark. 3(1):20-21.

Kessy B., S. 1987 Growth of Australian acacias in Tanzania. In Australian Acacias in developing countries; Proceedings of an international workshop, Gympie, Queensland, 1986. Ed. J. W. Turnbull. Camberra, Australia ACIAR. P 123-125. (ACIAR proceedings No. 16).

LGDFS, 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. [En línea]. Documento de la cámara de diputados. [Fecha de consulta: 20 abril 2011]. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259.pdf. p 70.

Little e. 1987. Australian acacias for pulpwood. In Australian acacias in developing countries; proceedings of an international workshop, Gympie, Queenslad, 1986. Ed J.W. Turnbull. Camberrra, Australia, ACIAR. P 164-166. (ACIAR Procedings no. 16).

Logan, A., Baldois V. 1982. Pulping and papermaking Characteristics of plantation-grown *Acacia mangium* from Sabah. The Malaysian forester (Malasia). 45(2): 217-236.

Martínez R., R. Azpíroz., Rodríguez de la O., A. Cetina., E. Gutiérrez. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. Revista Ra *Ximhai.* Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, Sinaloa, México. 2(3):815-846.

Mendizabal H., L., J. Alba., V. Robillo C. 1999. Prueba de procedencias/progenie en *Pinus oocarpa* Shiede en el municipio de Zapata, Veracruz, México. Revista Foresta Veracruzana. 1(2): 9-12.

Mesén, F. 1990. Evaluaciones de ensayos de procedencia en Costa Rica. (en prensa).

Midgley y Vivekananadan, 1987. Australian Acacias in Sri Lanka. In Australian Acacias in developing countries; Queensland, 1986. Ed. J.W. Turnbull. Camberra, Australia ACIAR. P. 132-135. (ACIAR proceedings No. 16).

Monreal, R. 2010. Cultivando madera para el México del Futuro. Memorias de la primera reunión nacional de plantadores forestales (AMEPLAFOR). Villa Hermosa, Tabasco, México. 12 p.

Murillo, O., V. Badilla., A. Callejos. 2003. Calidad en el establecimiento de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. 36 p.

National Research Council. 1983. Mangium and other Acacias for the humid tropics. National Academy Press, Washington, D.C. 62 p.

Nieto, V., R. Ipinza. 1988. Mejoramiento Genético Forestal. Serie Técnica No. 42. Santafé de Bogotá. 162 p.

Nitrogen Fixing Tree Associatión. 1987. Acacia mangium a fast-growing tre for the humid tropics. Nitrogen Fixing Tree Highlights. 2 p.

Oliva E., H. 1990 Comportamiento en plantación de mangium (*Acacia mangium* Wild) y Aripin (*Caesalpinia velutina* (ByR) Standl) en América Central. Tesis magister. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 1990. 135 p.

Palmberg L., C. J., B., Ball. 1998. Establecimiento, manejo y protección de las plantaciones. Memorias del primer congreso Latinoaméricano IUFRO/FAO: El manejo sustentable de los recursos Forestales, desafío del siglo XXI. Valdivia Chile. 90-115 p.

Parraguirre L., C. 1991. Comportamiento juvenil de varias fuentes de semillas de *Acacia mangium* en América Central. Tesis magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 116 p.

Phe. T.; Khoo.; T. Le T. 1982. Sulfate pulping of Acacia mangium and Cleistopholis grlauca from Sabah. The Malaysian forester (Malaysia). 5(3): 404-418.

Racz J., I. Zakaria. 1987. Growth of *Acacia mangium* in peninsular Malaysia. In developing countries; proceedings of an international Workshop, Gympie, Queensland, 1986. Ed J. W. Turnbull. Canberra, Australia ACIAR. P 154-156. (ACIAR proceedings No. 16).

Salazar, R. 1989. Genetic variation of 16 provenances of Acacia mangium at nursery level in Turrialba, Costa Rica, Commomw. For. Rev. 68(4): 253-272.

Sandoval G., R. 2010. Crecimiento en diámetro y altura de tres especies tropicales de plantaciones comerciales en Pochutla, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 68 p.

Sánchez, L. 2010. Establecimiento de plantaciones forestales. Memoria de la primera reunión nacional de plantadores forestales (AMEPLANFOR, 2010). Villa Hermosa, Tabasco, México. 26 p.

Secretaria de Gobierno y Gobierno del estado de Tabasco. 1987. Colección de los municipios de México. 1ª edición. México, D.F. 114 p.

Skelton D., J. N., J. Howcroft. 1987. Seed production and silvicultural trial of Acacia in Papua, New Guinea. In Australian Acacias in developing countries; Proceedings of an international workshop, Gympie, Queensland, 1986. ACIAR p 188-190. (ACIAR proceedings No. 16).

Spurrs H., B., V. Barnes. 1982. Ecología forestal. Editorial A.G.T. México, 690 p.

Trujillo, E. 2003. El semillero: presentación en el primer seminario de plantaciones forestales. Abril 2003. Bogotá, Colombia.

Trujillo, E. 2008. Especies para la reforestación productiva: ¿Cuáles son?. ¿Para cuál nativa hay lugar?. III seminario de actualización reforestación. Bogotá, Colombia, 27 p.

Thomas, k., G. Kent. 1987. Growth of *Acacia mangium* through Sabah. In Australian Acacias. In developing countries; proceedings of an international Workshop, Gympie, Queensland, 1986. Ed J. W. Turnbull. Camberra, Australia ACIAR. P 160-163. (ACIAR proceedings No. 16)

Villa S., A. 2011. Plantaciones forestales comerciales en México: Desarrollo histórico, logros y perspectivas. Memorias de la primera reunión nacional de plantadores forestales (AMEPLANFOR). Villa Hermosa, Tabasco, México. 18 p.

Wayne W., D. 1987. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3ª edición. Limusa. México 667 P.

Yap S., K., S. Wong. 1983. See Biology of *Acacia mangium, Albizia falcataria, Eucalyptus spp. Gmelina arborea, Maesopis eminii, Pinus caribeae and Tectona grandis*. The Malaysian forester (Malasia) 46 (1): 26-45.

Zobel, B., J.J. Talbert, 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa, México. 545 p.

VIII APÉNDICE

Anexo 1. Tabla de análisis de varianza entre sitios, para todas las variables evaluadas (Agosto, 2010)

Variable	F.V	DF	SC	CM	F	Pr>F
Altura						
C.V.	Modelo	1	47.61	47.61	128.5	<0.0001
11.18%	sitio	1	47.61	47.61	128.5	<0.0001
Promedio	Error	112	41.49	0.37		
5.44	Error correcto	113	89.1			
Diámetro						
C.V.	Modelo	1	51.36	51.36	154.7	<0.0001
10.59%	Sitio	1	51.36	51.36	154.7	<0.0001
Promedio	Error	112	37.19	0.33		
5.44	Total Correcto	113	88.55			
CPT						
C.V.	Modelo	1	2.76	2.75	45.36	<0.0001
3.41%	Sitio	1	2.76	2.75		<0.0001
Promedio	Error	112	6.8	0.06		
7.23	Total correcto	113	9.56			
Sinuosidad						
C.V.	Modelo	1	1.52	1.52	26.41	<0.0001
10.66%	Sitio	1	1.52	1.52	26.41	<0.0001
Promedio	Error	112	6.46	0.05		
2.25	Total Correcto	113	7.99			
Bifurcación						
C.V.	Modelo	1	0.94	0.94	71.61	<0.0001
6.33%	Sitio	1	0.94	0.94	71.61	<0.0001
Promedio	Error	112	1.48	0.01		
1.81	Total Correcto	113	2.45			
Sobrevivencia						
C.V.	Modelo	1	23.59	23.59	0.34	0.559
8.88%	Sitio	1	23.59	23.59	0.34	0.559
Promedio	Error	112	7714.93	68.88		
93.37%	Total Correcto	113	7738.53			

Simbología: F.V: fuente de variación. GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: Valor de F, Pr>F: valor calculada de F. Sit: sitio. Proc: procedencia. Rep: repetición. Sit*proc: interacción procedencia* sitio.

Anexo 2. Tabla de análisis de varianza por procedencias en el sitio uno, para todas las variables evaluadas (agosto.2010).

Variable	F.V	DF	SC	CM	F	Pr>F
Altura	Modelo	19	9.27325	0.4881	8.13	<0.0001
C.V	Proc	17	8.68934	0.5111	8.52	<0.0001
5%	Rep	2	0.58391	0.292	4.87	0.01139
Promedio	Error	34	2.04012	0.06		
4.82 m	Total correcto	53	11.3134			
DAP	Modelo	19	23.26	1.2247	8.36	<0.0001
C.V	Proc	17	22.11	1.3006	8.87	<0.0001
6.31%	Rep	2	1.15886	0.5794	3.95	0.0286
Promedio	Error	34	4.98311	0.1466		
6.06	Total correcto	53	28.2528			
CPT	Modelo	19	2208.44	106.23	3.38	0.001
C.V	Proc	17	1660.50	97.676	2.84	0.0047
16.45%	Rep	2	547.93	273.96	7.96	0.0015
Promedio	Error	34	1169.61	34.400		
35.64%	Total correcto	53	3378.05			
Sinuosidad	Modelo	19	4768.72	250.98	3.12	0.0019
C.V	Proc	17	3006.94	176.87	2.2	0.024
20.99%	Rep	2	1761.78	880.89	10.94	0.0002
Promedio	Error	34	2737.08	80.502		
42.73	Total correcto	53	7505.80			
Bifurcación	Modelo	19	7089.87	373.15	2.53	0.009
C.V	Proc	17	3143.54	184.91	1.25	0.28
45.54%	Rep	2	3946.32	1973.1	13.36	<0.0001
Promedio	Error	34	5021.05	0.0148		
26.65%	Total correcto	53	12110.9			
Sobrevivencia	Modelo	19	2312.29	121.69	1.67	0.0931
C.V	Proc	17	1840.59	108.27	1.49	0.157
9.03%	Rep	2	471.7	235.85	3.24	0.0514
Promedio	Error	34	2472.29	72.71		
94.37	Total correcto	53	4784.59			

Simbología: F.V: fuente de variación. GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: Valor de F, Pr>F: valor calculada de F. Sit: sitio. Proc: procedencia. Rep: repetición. Sit*proc: interacción procedencia* sitio.

Anexo 3. Tabla de análisis de varianza por procedencias en el sitio dos, para todas las variables evaluadas (agosto, 2010).

Variable	F.V	DF	SC	CM	F	Pr>F
Altura	Modelo	19	23.744	1.2497	7.16	<0.0001
C.V	Proc	17	23.2058	1.365	7.82	<0.0001
6.82%	Rep	2	0.53829	0.2691	1.54	0.2287
Promedio	Error	34	5.93694	0.1746		
6.12	Total correcto	53	29.681			
DAP	Modelo	19	6.92096	0.3643	7.37	<0.0001
C.V	Proc	17	6.74828	0.397	8.03	<0.0001
4.70%	Rep	2	0.17268	0.8634	1.75	0.1897
Promedio	Error	34	1.68114	0.4945		
4.73 m	Total correcto	53	8.60211			
CPT	Modelo	19	1747.97	91.998	1.44	0.1716
C.V	Proc	17	1707.23	100.42	1.58	0.1271
17.41%	Rep	2	40.740	20.370	0.32	0.7276
Promedio	Error	34	2167.33	63.745		
45.84%	Total correcto	53	3915.31			
Sinuosidad	Modelo	19	2933.08	154.37	0.97	0.5118
C.V	Proc	17	2903.18	170.77	1.08	0.413
40.25%	Rep	2	29.9008	14.950	0.09	0.9104
Promedio	Error	34	5396.95	158.73		
31.29%	Total correcto	53	8330.04			
Bifurcación	Modelo	19	795.519	41.869	1.2	0.3096
C.V	Proc	17	450.510	26.500	0.76	0.797
67.85%	Rep	2	345.008	172.50	4.96	0.0129
Promedio	Error	34	1181.84	34.760		
8.68%	Total correcto	53	1977.36			
sobrevivencia	Modelo	19	1194.6	62.87	1.62	0.1086
C.V	Proc	17	917.33	53.96	139	0.2031
6.71%	Rep	2	277.33	138.66	3.56	0.0393
Promedio	Error	34	1322.6	38.9		
92.88	Total correcto	53	2517.33			

Simbología: F.V: fuente de variación. GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: Valor de F, Pr>F: valor calculada de F. Sit: sitio. Proc: procedencia. Rep: repetición. Sit*proc: interacción procedencia* sitio.

Anexo 4. Tabla de análisis de varianza para interacción procedencia*sitio, para todas las variables.

Variable	F.V	DF	SC	CM	F	Pr>F
Altura	Modelo	35	77.6213	2.2178	17.55	<0.0001
C.V	Sit	1	45.7261	45.726	361.82	<0.0001
6.49%	Proc	17	25.349	1.4911	11.8	<0.0001
Promedio	Sit*proc	17	6.54617	0.3851	3.05	0.0005
5.4742 m	Error	72	9.09916	0.1264		
	Total correcto	107	86.7205			
DAP	Modelo	35	76.5699	2.1877	19.7	<0.0001
C.V.	Sit	1	47.7108	47.711	429.62	<0.0001
6.18%	Proc	17	22.8769	1.3457	12.12	<0.0001
Promedio	Sit*proc	17	5.98224	0.3519	3.17	0.0003
5.39 cm	Error	72	7.99579	0.1111		
	Total correcto	107	84.5657			
CPT	Modelo	35	6177.56	176.50	3.24	<0.0001
C.V	Sit	1	2809.82	2809.8	51.58	<0.0001
3.09%	Proc	17	2745.14	161.47	2.96	0.0007
Promedio	Sit*proc	17	622.595	36.623	0.67	0.8198
7.2347	Error	72	3925.63	54.522		
	Total correcto	107	10103.1			
Sinuosidad	Modelo	35	9442.16	269.77	1.96	0.0083
C.V	Sit	1	3532.03	3532.0	25.62	<0.0001
10.39%	Proc	17	4657.36	373.96	1.99	0.0234
Promedio	Sit*proc	17	1252.77	73.692	0.53	0.9261
2.25	Error	72	9925.71	269.77		
	Total correcto	107	19367.8			
Bifurcación	Modelo	35	12313.1	351.80	2.41	0.0008
C.V	Sit	1	81719.1	8719.1	59.82	<0.0001
6.62%	Proc	17	1696.38	99.787	0.68	0.8076
Promedio	Sit*proc	17	1897.66	111.62	0.77	0.7246
1.8232	Error	72	10494.2	145.75		
	Total correcto	107	22807.3			
Sobrevivencia	Modelo	35	2817.19	80.491	1.28	0.1908
C.V	Sit	1	59.2593	59.259	0.94	0.3358
8.48%	Proc	17	1515.85	89.168	1.41	0.1562
Promedio	Sit*proc	17	1242.07	73.063	1.16	0.3207
93.62%	Error	72	4544	63.111		
	Total correcto	107	7361.19			

Simbología: F.V: fuente de variación. GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: Valor de F, Pr>F: valor calculada de F. Sit: sitio. Proc: procedencia. Rep: repetición. Sit*proc: interacción procedencia* sitio.