



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS  
José Martí Pérez



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

## TRABAJO DE DIPLOMA

Comportamiento de *Acacia mangium* Willd. en plantaciones coetáneas establecidas en tres sitios de la Empresa Agroforestal Sancti Spiritus

Autora: Ilianet Ruiz González

2019

“Año 61 de la Revolución”

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS “JOSÉ MARTÍ PÉREZ”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

*Presentado en opción al título académico de Ingeniera Forestal*

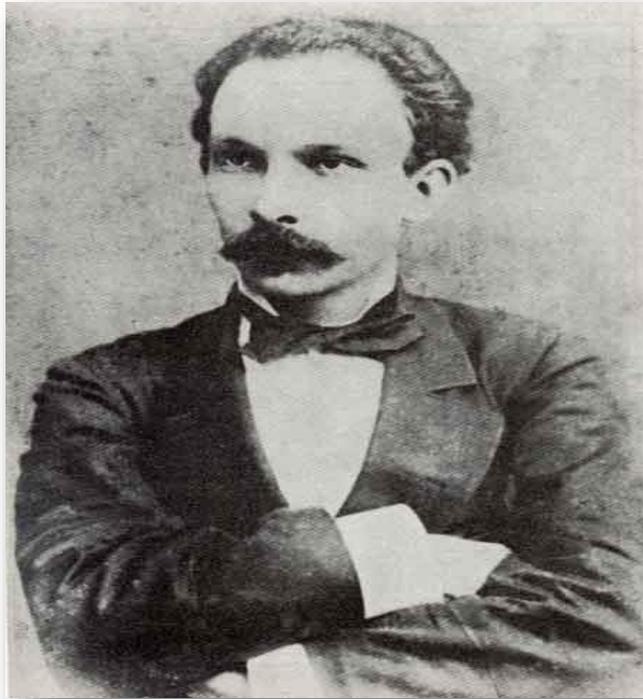
Comportamiento de *Acacia mangium* Willd. en plantaciones coetáneas  
establecidas en tres sitios de la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus

Autora: Ilianet Ruiz González

Tutor: Ing. Jorge Félix Lorenzo Évora

Sancti Spíritus, 2019

“Año 61 de la Revolución”



*“El cultivador necesita conocer la naturaleza, las enfermedades, los caprichos, las travesuras mismas de las plantas para dirigir el cultivo de modo de aprovechar las fuerzas vegetales, y evitar sus extravíos”.*

José Martí

## **DEDICATORIA**

- A mi Mamá
- A mi Papá
- A mi hermano
- A mi novio

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Revolución, por darme la oportunidad de convertirme en una profesional.

Al claustro de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, en específico al de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por el apoyo brindado en mi superación profesional.

A mi tutor Ing. Jorge Félix Lorenzo Évora por su apoyo INCONDICIONAL en varios años de mi carrera, por guiarme e impulsarme en la investigación y enseñarme siempre el camino.

ESPECIALMENTE A: mi madre Iliana, mi padre Marcos y mi querido hermano Irenaldo; gracias a todos por prestarme su ayuda y permitir que este sueño sea hoy una hermosa realidad.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para la realización del presente trabajo, ¡Muchas Gracias!

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de la especie *Acacia mangium* Willd. en tres sitios de plantación con diferentes condiciones edáficas, pertenecientes a la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus. Para ello, se establecieron parcelas temporales de muestreo que se distribuyeron al azar en plantaciones de 7 años de edad. A los árboles incluidos en cada parcela se les midieron las variables dasométricas altura y diámetro a 1.30 m, a partir de las cuales se determinó el área basal y el volumen, también se evaluó la supervivencia mediante la relación entre las plantas vivas y las probables por área según el marco de plantación. Además se estimaron los incrementos medios anuales de las variables dasométricas y se determinó la relación entre estas mediante un análisis de correlación. La plantación establecida en el Sitio 1 (“El Modelo”) presentó los mejores resultados con diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) respecto a las plantaciones de los otros sitios en cuanto a altura, área basal y volumen, resultados que están relacionados con la mejor calidad de sitio que presenta esta área. También en esta plantación se obtuvieron los mejores incrementos medios anuales de altura, diámetro y volumen, con valores de  $2.05 \text{ m año}^{-1}$ ,  $2.04 \text{ cm año}^{-1}$  y  $19.922 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  respectivamente, los cuales se encuentran en el rango reportado para la especie en otras regiones de América Central. Estos resultados permitieron estimar un primer turno para la especie a los 12 años en condiciones similares a las de este sitio, extendiéndose a 15 y 20 años para sitios más pobres.

**Palabras claves:** *Acacia mangium*, Incremento Medio Anual (IMA), Supervivencia, Diámetro a la altura del pecho (DAP), parcelas temporales de muestreo (PTM).

## ABSTRACT

This research was carried out with the objective of evaluating the behavior of *Acacia mangium* Willd. specie in three plantation placed on sites with different edaphic conditions, from Agroforest Enterprise of Sancti Spíritus. For that, temporary sampling parcels were random distributed in 7 years-old plantations. Dasometric variables height and 1.30 m diameter were measured in trees included in each parcel, from which, basal area and volume was determined; the survival was also evaluated by means of the relationship between the alive plants and the probable ones for area according to the plantation mark. Medium annual Increments of dasometric variables were also considered, and the relationship among these, was determined by means of a correlation analysis. The plantation settled down in the Place 1 ("El Modelo") presented the best results with significant statistical differences ( $p \leq 0.05$ ) regarding the plantations of the other places for height, basal area and volume; these results are related with the best place quality that presents this area. The best medium annual increments of height, diameter and volume were also obtained in this plantation, with values of  $2.05 \text{ m year}^{-1}$ ,  $2.04 \text{ cm year}^{-1}$  and  $19.922 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  respectively, which are in the reported range for the specie in other regions of Central America. These results allowed estimating a first shift for the specie to 12 years under similar conditions to those of this place, extending to 15 and 20 years for poorer places.

Keywords: *Acacia mangium*, Medium Annual Increment, Survival, Diameter to the height of the chest, temporary sampling parcels.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</b> .....	5
2.1 Generalidades sobre la especie <i>A. mangium</i> .....	5
2.2 Origen y distribución.....	5
2.3 Clasificación taxonómica y descripción botánica de la especie .....	6
2.4 Características y usos de la madera.....	7
2.5 Otros usos de la especie .....	8
2.6 Plantación .....	9
2.7 Plagas y enfermedades.....	10
2.8 Crecimiento y desarrollo.....	12
2.9 El sitio forestal y su relación con la productividad de las plantaciones.....	14
2.10 Importancia del análisis del crecimiento de los árboles en plantación .....	16
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
3.1 Ubicación y caracterización de las áreas de estudio .....	18
3.2- Muestreo .....	20
3.3 Determinación de las variables dasométricas.....	21
3.3.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm).....	21
3.3.2 Altura (h) (m).....	21
3.3.3 Cálculo del Área basal (G) y el Volumen (V).....	21
3.3 Supervivencia y rendimiento de las plantaciones .....	22
3.4 Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables dasométricas .....	23
3.5 Procesamiento estadístico .....	23
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
4.1- Comportamiento de las variables dasométricas en las plantaciones de <i>A. mangium</i> .....	24
4.2- Comportamiento de la supervivencia y el rendimiento en las plantaciones de <i>A. mangium</i> . .....	26
4.3- Correlaciones entre las variables evaluadas .....	27
4.4- Estimación de los Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables evaluadas en las plantaciones de <i>A. mangium</i> .....	30
4.5 Análisis de la distribución diamétrica en cada plantación .....	32
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	35
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	36
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO, (2016), después del petróleo y el gas, el mercado forestal es el tercero por su volumen, en el mundo. En los últimos años, se ha venido realizando en Cuba un proceso de redimensionamiento en la rama de la Agricultura, en virtud del cual, las áreas poco productivas para la explotación agrícola, han ido pasando a la producción forestal, por ser también el fomento de bosques una prioridad para el Estado cubano. De esta manera, cada provincia del país tiene una meta hasta el 2020 en cuanto a la cobertura boscosa que debe alcanzar, en el caso de Sancti Spíritus, se espera llegar a un 22,4% (SEF, 2018).

Uno de los principales problemas que se han enfrentado en Cuba en este sentido, es el uso de un número reducido de especies para la explotación forestal (pinos, eucaliptos y otras en menor escala), lo cual puede conducir a desastres por aparición de plagas y enfermedades, así como limitaciones en los surtidos que se pueden obtener a partir del bosque, sea este natural o artificial (Rodríguez *et al.*, 2004); por lo que se hace necesario evaluar otras especies cuya inclusión en los planes de reforestación sea viable desde el punto de vista económico y ecológico.

Actualmente en Cuba, existe gran interés en la especie *Acacia mangium* Willd., cuya historia en tierras latinoamericanas empieza en la década de los 80, cuando fueron introducidas especies traídas de Asia, con el fin de realizar ensayos para establecer plantaciones forestales sostenibles y productivas (Tsukamoto y Sabang, 2005).

Dichos estudios se adelantaron principalmente en Costa Rica a través de plantaciones en zonas de pastoreos, cuya baja calidad les originaba problemas de alimentación y nutrición en el ganado. En Cuba fue introducida en 1984 a nivel de parcelas experimentales como parte de estudios de especies y procedencias en varias localidades de la isla, incluidas en las Estaciones Experimentales Agroforestales de Itabo en Matanzas, Villa Clara, Viñales en Pinar del Río entre otras (Ortiz, 2004 citado por Hernández, 2016).

Los excelentes resultados de estas plantaciones mostraron una alternativa económica y ecológica para los sistemas silvopastoriles y agroforestales al lograrse la recuperación

de los suelos, hecho que provocó que la especie fuera introducida también en otras regiones de América Latina con un doble propósito: madera y recuperación del suelo (Tsukamoto y Sabang, 2005)

En este sentido, dentro de los objetivos de los planes de reforestación hasta el 2030 se propone incrementar las poblaciones de *A. mangium*, teniendo en cuenta la adaptación de esta planta a las diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba, así como su rápido crecimiento y adaptabilidad a los suelos relativamente pobres (Licea, 2017).

Una de las grandes virtudes de la especie, es su valor como regeneradora de suelos en alto grado de desgaste o erosión, en los que actúa como fijadora de nitrógeno y fósforo permitiendo que éstos recuperen su estado natural y sus propiedades para que sean aprovechados en diferentes actividades agrícolas. Frente a otras especies, usadas también como regeneradoras de suelos, *A. mangium* presenta ventajas adicionales como su rápido crecimiento y su fácil adaptación a suelos con baja acidez en diversidad de condiciones climáticas, hecho que la hace favorita entre los propietarios de pequeñas y grandes fincas en Latinoamérica, pues ven en ella una magnífica solución para mantener la estabilidad o mejorar la producción mediante su uso como sistema de regeneración del suelo. A su vez actúa como especie propicia para la conservación de la biodiversidad (CONIF, 2016; UPRA, 2015).

A pesar de las potencialidades de esta especie, en las condiciones cubanas se han realizado pocas investigaciones sobre su crecimiento y rendimiento en plantaciones comerciales, lo cual constituye un problema para las empresas, al no conocer los diferentes surtidos que se pueden obtener a partir de las plantaciones a una edad determinada y en correspondencia con las características de los sitios donde son establecidas.

En este orden de ideas, no se puede olvidar que la productividad forestal generalmente se define en mayor medida por la calidad del sitio, en función de la máxima producción de madera que la plantación produce en un tiempo determinado (Pérez *et al.*, 2017). Igualmente, la calidad del sitio forestal, es el factor más importante para determinar la productividad del mismo, siendo las palabras buenos, regulares y malos, en sentido

general las más empleadas para calificar su calidad relativa, y en correspondencia con ello su alta o baja productividad potencial (Sotolongo, Geada y Cobas, 2010).

En la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus (EAF SS) se introdujo la *A. mangium* en el año 2011, por estrategias del país y los resultados experimentales obtenidos, con los propósitos de producción de madera y recuperación de los suelos con algún grado de deterioro, la cual fue plantada en los sitios que la empresa tenía disponibles, sin que se realizara un estudio detallado sobre las características de los mismos, por lo que se hace necesario determinar el comportamiento de esta especie tanto en la supervivencia como en los indicadores de crecimiento y los incrementos de los volúmenes de madera, ya sea en Bosques de protección de las aguas y los suelos como en Bosques de producción.

Problema científico: ¿Cómo se comporta la especie *A. mangium* en plantaciones coetáneas establecidas en sitios con diferentes condiciones edáficas de la Empresa Agroforestal de Sancti Spíritus?

Hipótesis: El comportamiento de la especie *A. mangium* varía significativamente en cuanto a supervivencia, productividad e incrementos medios anuales en plantaciones coetáneas establecidas en sitios con diferentes condiciones edáficas de la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus.

Considerando la problemática anterior, el objetivo general de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la especie *A. mangium* en plantaciones coetáneas establecidas en tres sitios con diferentes condiciones edáficas de la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus.

Y los objetivos específicos son:

1. Evaluar las variables dasométricas y la supervivencia en plantaciones coetáneas de *A. mangium* establecidas en los sitios El Modelo, Capitolio y Nazareno.
2. Estimar el rendimiento y los incrementos medios anuales de las variables dasométricas en las plantaciones objeto de estudio.

3. Determinar las relaciones entre las variables evaluadas y las distribuciones diamétricas en las plantaciones.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Generalidades sobre la especie *A.mangium*

Es una especie exótica que actualmente tiene un alto valor ambiental y comercial dado su importancia, más como especie apta para la forestación, ya que ayuda a recuperar suelos, que por la utilidad de su madera o la obtención de subproductos (Obregón, 2005).

*A. mangium*, es una de las principales especies de uso múltiple y crecimiento rápido usada en las plantaciones de los programas de forestaría, a través de Asia y del Pacífico. Debido a su rápido crecimiento y tolerancia a suelos muy pobres, la especie está jugando un rol cada vez más importante en los esfuerzos para sostener el abastecimiento comercial de los productos forestales y al mismo tiempo reduce la presión en los ecosistemas de bosques naturales (Licea, 2017).

Las razones para promover su uso están asociadas con el valor económico, social y ambiental de la especie, avalado por el crecimiento rápido y la adaptación y mejora de los sitios de características físicas y químicas de los suelos relativamente difíciles, con pocas opciones de producción forestal; además de los múltiples usos de su madera y otros productos no maderables (FACT Net, 1996).

### 2.2 Origen y distribución.

Es una especie nativa del noroeste de Queensland en Australia, la provincia occidental de Papúa Nueva Guinea, ampliamente distribuida en la península de York en Queensland, noroeste de Australia, en el sur de Papúa Nueva Guinea e Irán Occidental donde ocurre en Taliabu, la isla más occidental, en la isla Kai. Aru y Tanimbar, en Sanana, una isla del sur del grupo de las Islas Sula, cerca de Waesalan, en el Suroeste del grupo principal de Ceran, así como en la isla Maluca, la India, Nepal, Papúa Nueva Guinea, Vietnam, las Filipinas, Colombia, Cuba, Venezuela y España (Agrosoft Ltda, 2000).

Rodríguez y Clavero (1996) expresan que *A. mangium* fue introducida en Latinoamérica, junto a otras especies traídas desde Asia, en la década de los 80. Los primeros estudios de la especie se realizaron principalmente en Costa Rica, los que

arrojaron excelentes resultados como una alternativa económica y ecológica para los sistemas silvopastoriles y agroforestales, incentivando así su introducción en otras regiones de América Latina. Hoy la misma puede encontrarse en Panamá, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Nicaragua, República Dominicana, Honduras, y Cuba (Useche, 2013).

Según la FAO (2006), las plantaciones de *A. mangium* se han expandido en más de 2 millones de hectáreas alrededor del mundo en el primer lustro del presente siglo.

### **2.3 Clasificación taxonómica y descripción botánica de la especie**

La clasificación taxonómica de *A. mangium* según CONABIO-PRONARE, (2009), es:

Familia: Leguminosae

Sub-Familia: Mimosoidae

Género: Acacia

Sub-Género: Heterophyllum

Especie: *Acacia mangium*

Al describir la especie, Geilfus, (1989) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), (1992) han referido que es siempre verde, de porte variable de hasta 30m de altura, en sitios desfavorables de 10m o menos. Su fuste es recto y libre de ramas hasta la mitad de su altura y más. Ligeramente acanalado en la base, de hasta 90 cm de diámetro. Corteza en ejemplares adultos gruesa, áspera y fuertemente fisurada longitudinalmente, de color pardo claro a pardo oscuro. Copa abierta, globular, columnar en plantaciones. Hojas pinnadamente compuestas en las plántulas recién germinadas, pocas semanas después se transforman en folíolos que se forman a partir del desarrollo y expansión de los pecíolos, folíolos de hasta 25cm de largo y 5-10 cm de ancho, simples, verdes, oscuros, cartáceos cuando secos, con 3-4 nervaduras principales longitudinales las cuales se unen en el margen dorsal hacia la base nervaduras secundarias finas e inconspicuas. Sus flores son actinomorfas, sin hipanto, hermafroditas o unisexuales, de color crema o blanco y expiden una fragancia ligeramente dulce. Los sépalos, en número de 4-5, están soldados en la base y más o

menos obtusos. Los 4-5 pétalos son más largos que los sépalos, agudos, soldados en la base para formar un tubo. El androceo está compuesto por numerosos estambres, libres entre sí y con filamentos estaminales muy largos, cilíndricos, glabros; las anteras son ovoideas, con o sin glándulas. El ovario es sentado o pediculado, glabro o pubescente, con varios rudimentos seminales uniseriados o pluriseriados y con un estilo más o menos cilíndrico de estigma húmedo y embudado. Su fruto sentado o pediculado, es seco, dehiscente o indehiscente, de aplanado a subcilíndrico, generalmente con varias semillas más o menos discoidales, frecuentemente con funículo persistente, muy desarrollado y algo carnosos (arilo). Es una legumbre inicialmente recta de 3-5mm de ancho y casi 7,5 cm de largo, glabra. Al madurar se enrolla entrelazada formando racimos irregulares espiralados, verde cuando inmaduras, pardos-negruzcos al madurar y leñoso, septadas entre las semillas y dehiscentes por una sutura marginal, los mismos maduran desde fines del periodo de lluvias, hasta mediados del periodo seco. Según Jiménez y Picado, 1987 citados por Hernández, (2016), las semillas son brillantes, de color marrón oscuro a negro de 3 a 5 mm de largo y de textura dura, un kilogramo de semilla contiene de 80 000 a 110 000 semillas.

Su follaje es denso y su sistema de raíces es superficial, razón que la convierte en una especie muy susceptible al daño por el viento (Obregón, 2005).

#### **2.4 Características y usos de la madera**

De color café claro con bandas oscuras, se destaca por su gran belleza que posibilita buenos y finos acabados. Se caracteriza por ser una madera dura, resistente y densa, frecuentemente comparada con la madera de Teca (*Tectona grandis*) -de alta calidad- y en propiedades como la densidad, el módulo de elasticidad y la dureza es similar a la del Roble Blanco (*Tabebuia angustata*). Estas cualidades la han hecho atractiva en los mercados nacionales e internacionales para fabricar muebles finos, para ebanistería de alta calidad y en la construcción. También se emplea en la producción de pulpa para papel fino, cartulinas, bolsas y papeles de envoltura. Además, se incluye en la producción de miel, adhesivos y su leña se utiliza como combustible y carbón vegetal (Obregón, 2005).

La albura de color amarillo pálido a pardo claro, es delgada, su duramen es de color de pardo-oliva a pardo-grisáceo con bandas más oscuras. La textura es mediana. En madera seca al horno la contracción radial es de 2,5% y la tangencial de 8,5% (Agrosoft Ltda. 2000).

El duramen responde satisfactoriamente al tratamiento con preservativos utilizando técnicas estándar tal como: el método de célula llena, mientras la albura no presenta ninguna dificultad. La durabilidad natural de la madera es alta cuando se encuentra en sitios bien ventilados, pero poco durable en contacto con el suelo. es resistente a las termitas (Agrosoft Ltda. 2000).

Según CATIE, (1986) *A. mangium* es una especie que se adapta muy fácil a diversas condiciones de sitio, mientras que Sharma *et al.*, (2012) refieren que por las características de la madera (pesada, dura, fuerte, resistente y susceptible de deformarse y agrietarse), se utiliza para fabricar muebles, puertas y marcos de ventanas.

Maderadeaserrío: muebles decorativos, ebanistería de alta calidad, gabinetes, marcos para puertas, carpinterías, molduras, construcción pesada, construcción liviana y piezas para ventanas.

Maderaredonda: pulpa de fibra corta.

Es muy recomendada como leña, con un poder calórico entre 20 000 y 25 000 KJ/Kg, produciendo un carbón de gran calidad. Produce una madera dura y utilizable, con una gravedad específica de 0.65 a 0.69 (Martínez y Delgado, 2007). También se puede utilizar para plywood, contrachapados, "chips", postes para cercas.

Entre sus múltiples usos se encuentra la producción de pulpa para papel, considerándose tan buena como la de los mejores eucaliptos (Useche, 2013).

## **2.5 Otros usos de la especie**

Debido a su rápido crecimiento y tolerancia a suelos muy pobres, la especie está jugando un rol muy importante en el abastecimiento comercial de los productos

forestales y al mismo tiempo en la reducción de la presión en los ecosistemas de bosques naturales (FACT Net, 1996).

Las hojas constituyen un excelente forraje para el ganado y contiene un 42% de proteína, aplicaciones medicinales y taninos (Agrosoft Ltda. 2000).

Se puede incluir en la producción de miel, adhesivos y como árbol ornamental y de sombra para bordes de carretera y otros usos urbanos. Puesto que *A. mangium* puede crecer en suelos marginales, muchos finqueros deciden plantar esta especie para mejorar la fertilidad del suelo en áreas de barbecho o de pasturas. Los árboles de Mangium con diámetros de 7cm (2.76 pulg.), son capaces de resistir el fuego, así que esta especie puede ser usada en plantaciones, como barrera corta fuego (Fonseca, 2013).

## **2.6 Plantación**

La preparación del sitio no requiere de cuidados especiales, basta con una limpia inicial a ras del suelo. La especie es susceptible a la competencia de malezas; por lo que durante los primeros meses, hay que chapear con relativa frecuencia (dos a tres veces en el primer año); quizás una aplicación de herbicida sistémico, previa a la plantación, resulte rentable; puesto que controlaría malezas durante los primeros seis a nueve meses, sobre todo las gramíneas más agresivas (Mead y Miller, 1991).

Refiere Lee, (2005), que el trasplante se realiza manualmente, marcando previamente los sitios de plantación en campo durante la estación lluviosa. Los plantines se pueden plantar en líneas rectas en zonas planas y en curvas de nivel en terrenos con pendiente. Los huecos donde se ubican las plantas pueden medir 13 cm de diámetro y 20 cm de profundidad aproximadamente.

El espaciamiento inicial de la plantación, está en función de los objetivos de producción. En sitios como Sabah, Malasia, con fines de producir madera para aserrío, se emplean desde 1075 hasta 1680 árboles por hectárea, al plantar en sitios buenos y pobres, respectivamente (Mead y Miller, 1991).

El espaciamiento entre árboles en las plantaciones depende del uso que se quiere dar a las mismas, variando de acuerdo a si constituyen forestaciones puras para producción

de papel o bioenergía, para usos sólidos, o para conformar sistemas mixtos como silvopastoriles y agroforestales. Normalmente varían entre 2x2 y 4x4 m (FAO, 1987, Srivastava, 1993, Krishawati *et al.*, 2011).

Para utilizar la Acacia como banco de proteína se recomienda la siembra en dobles hileras separadas dos metros entre hileras y un metro entre plantas y la separación entre dobles hileras de un mínimo de 4m.

Para la producción de madera aserrable se recomienda plantarla a 3m x 3m, debido a tendencia natural de la especie a ramificar y a formar más de un eje, cuando el espaciamiento es muy amplio. Un espaciamiento menor, eleva los costos y otro mayor, favorece el crecimiento de ramas y ejes secundarios, lo cual reduce los rendimientos para madera aserrable y a la vez, eleva los costos por concepto de tener que podar con mayor frecuencia (Udarbe y Hepburn, 1987; Jiménez y Picado, 1987).

En esta especie, la alta densidad de plantación es muy importante para la producción de madera aserrada, ya que reduce la cantidad de ramas y el riesgo de enfermedades fungosas. Cuando se quiere obtener materia prima maderable para producción de energía, la densidad de la plantación disminuye para incentivar una mayor cantidad de ramas (Weinland y Zuhaidi, 1991).

## **2.7 Plagas y enfermedades**

Un aspecto de importancia para el establecimiento y conservación exitosa de plantaciones de especies arbóreas forestales lo constituye la observancia de su estado fitosanitario para conservar la integridad de dicha población y conseguir su productividad y beneficio sostenido (Berrios y Ortiz, 2004).

En América Central, *A. mangium* no ha presentado problemas serios de plagas ni enfermedades hasta ahora; aunque vale destacar una mancha de color blanca y fibrosa, rodeada por una mancha oscura en el duramen, que se encontró en el 12% de los árboles talados en una plantación de 3,7 años en Sabah. Algo similar se observó al talar árboles de 7 años en la zona norte de Costa Rica, los troncos de aproximadamente 25 cm de diámetro, presentaba una especie de médula agrandada por una podredumbre de color oscuro. (EE.UU/ NRC, 1983).

En Sabah, Malasia, se reporta la “enfermedad rosada”. Es una mancha rosada que aparece sobre el fuste, causada por *Corticiumlmoni color*, ocasionalmente propicia la muerte de la copa; se ha presentado en pocos árboles. (EE.UU/ NRC, 1983).

Desde los años ochenta se ha reconocido que esta especie propensa a Podredumbre del corazón, defecto del tallo estrechamente asociado a la infección por hongos de los muñones de las ramas, las heridas producidas por la poda (en especial la poda de tallos múltiples para dejar un solo tronco principal) y los daños producidos por horquillas (Ivory, 1988; Lee *et al.*, 1988).

El tipo más corriente de podredumbre que se encuentra en esta especie es la de aspecto blanco fibroso que puede presentarse en bolsitas o a lo largo del corazón de la madera y que solo es visible cuando se corta el árbol. En Malasia peninsular e Indonesia la enfermedad parece asociada a varios hongos basidiomicetos (Lee y Noraini, citados por Lee, 2005)

Una enfermedad de la raíz asociada con *Ganoderma philippiies* sin ninguna duda la mayor amenaza para las plantaciones de *A. mangium*. Esta enfermedad es muy grave en partes de Indonesia, donde la mortalidad es elevada alrededor del 20 por ciento (Lee, 2005). La mortalidad aumenta en plantaciones mucho más jóvenes de segunda y tercera rotación, en las que los árboles de apenas seis meses sucumben a la enfermedad. Numerosos árboles han perecido en plantaciones de diez años en Malasia peninsular. La mortalidad arbórea crece en general en las zonas en que la enfermedad está ya presente. Se considera que la intensidad y la difusión de la enfermedad dependen estrechamente en que la enfermedad está ya presente. Se considera pues que la intensidad y la difusión de la enfermedad dependen estrechamente de sus gérmenes presentes en el lugar (Old *et al.*, 2000; Ito, 1999; Lee, 2000).

La roya del filodio es otra enfermedad con efectos potencialmente devastadores en este país asiático, es una roya del filodio asociada con el hongo *Atelocauda digitata*. Esta enfermedad ha estado presente durante algún tiempo en su hábitat nativo en Australia y en las plantaciones de Acacia en Java, Sumatra y Kalimantan en Indonesia (Hadi y Nuhamara, 1997).

Según la bibliografía consultada se reporta una serie de plagas y enfermedades sobre la especie, siendo el cáncer de tronco y ramas una de las de mayor ocurrencia en el oeste y sur de Kalimantan, afectando árboles de más de seis años de edad (Hadi y Nuhamara, 1997).

En Cuba no había sido registrada la patología, por lo que se informa por primera vez, su ocurrencia en la localidad de San Juan, Itabo, Matanzas en una parcela experimental de 18 años de edad (Berrios y Ortiz, 2004).

## **2.8 Crecimiento y desarrollo.**

No es una especie exigente, puesto que crece casi en cualquier tipo de suelo (a excepción de los salinos o inundados). La especie se adapta y crece en forma promisorio en distintas áreas, aun en condiciones difíciles de suelo, ya sea porque son infértiles o porque presentan cambios de estructura provocados por el pisoteo del ganado (Nambiar y Harwood, 2014, Hardiyanto y Nambiar, 2014).

Crece también en suelos erosionados, con pendiente fuerte, pH hasta de 3,5 y soporta periodos de sequía hasta de 7 meses. Se desarrolla satisfactoriamente en suelos minerales, especialmente profundos de origen aluvial, aunque en suelos superficiales ha mostrado buen desarrollo (CATIE, 1992).

En su área de origen (Queensland, Australia), los árboles se desarrollan generalmente sobre ultisoles ácidos y esporádicamente, en suelos derivados de rocas básicas. En Indonesia se reportan individuos sobre ultisoles y oxisoles (Sein, 2011).

En América central, ha crecido en forma satisfactoria en suelos de los órdenes ultisol, alfisol, entisol, inceptisol y andisol; con pH de 4,5, bajos contenidos nutricionales, superficiales y arcillosos (Pavlotzky, 2012). Por ser una leguminosa, esta especie establece asociaciones simbióticas con microorganismos que la convierten en una efectiva fijadora de nitrógeno; las bacterias noduladoras incluyen géneros como *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (Osman, 2013). Así mismo, se ha demostrado el efecto benéfico en el crecimiento con ectomicorrizas como *Pisolithus albus* y *P. tinctorius* (Amadou, 2014).

La adaptación a períodos prolongados de sequía y valores de VPD altos favorece su aprovechamiento en muchas plantaciones forestales, donde crece rápidamente en altas densidades de población en competencia por recursos, mientras que, en condiciones naturales, crece en densidades poblacionales menores (Pinso y Nasi, 1991, Eamus y Cole, 1997, Eyles *et al.*, 2015).

Los requerimientos reportados por Hernando, (2011) para la especie son los siguientes:

Tabla 1. Requerimientos medioambientales de la *A. mangium*.

<b>Característica</b>	<b>Rangos</b>	<b>Óptimos</b>
<b>Altura m. s. n. m.</b>	0-1000	100-600
<b>Precipitaciones (mm)</b>	1000-4500	1500-2900
<b>Época seca (meses)</b>	2-4	3
<b>Temperatura media (°C)</b>	12-34	22-28
<b>Zona de vida</b>	Bosque seco tropical, Bosque húmedo tropical, Bosque muy húmedo tropical	Bosque húmedo tropical
<b>Profund. efectiva</b>	Desde los poco profundos hasta los profundos	Profundos sin limitaciones
<b>Suelos</b>	Arcillosos, Franco arcillosos, arenosos. pH=4.2 - 6.5	Arcillosos, franco arcillosos. pH= 4.8 - 6
<b>Vientos</b>		Resistencia media
<b>Forma del terreno</b>	De planos a inclinados	Planos-cincelados
<b>Pendiente (%)</b>	0 - 50	0 - 25

Esta especie presenta una alta tasa de crecimiento durante los primeros cinco años de cultivo, pudiendo ganar desde 1,8 hasta 5,8 cm anuales de diámetro, dependiendo de la

edad, el sitio y las distancias de siembra del cultivo. El desarrollo de la acacia se relaciona con las condiciones ambientales del cultivo en cada zona, así como lo describieron Harwood y Williams (1992), quienes evaluaron cultivos de acacia de diferentes procedencias, las que presentaron marcadas diferencias en crecimiento, principalmente en función de la temperatura. En condiciones extremas, la asimilación de carbono se reduce por la capacidad de limitar la ganancia de masa seca, en función de regular la pérdida de agua en situaciones de sequía prolongada (Eyles *et al.*, 2015).

Bueno (1998) refiere valores de 0,024 m de DAP y altura total entre 2 y 4 m, para árboles de *A. mangium* que tenían dos años de edad, sembrados en franjas, cercas vivas y bosquetes en potreros.

EEUU/NRC (1983) reporta en Taiwán, plantaciones que a los 4 años presentan un IMA en diámetro de 2.4 cm año<sup>-1</sup>, así como en Sabah, Malasia en sitios de buena calidad a los 9 años de edad un IMA de 2.3 cm año<sup>-1</sup> o lo reportado en el mismo lugar por Le Dinh y Nguyen Hoang (1991) pero en suelos sedimentarios donde a los 6 años de edad las plantaciones presentan IMA en altura de 3 m año<sup>-1</sup>. Por su parte, en Costa Rica EEUU/NRC (1983) y CATIE (1992) reportan en los primeros 3 años un rango de IMA en diámetro de 1 a 3 cm año<sup>-1</sup>, así como Rodríguez *et al.*, (2004) en Manaus Estado de Amazonía, Brasil a los 4 años de edad encontraron un IMA de 2,4 cm año<sup>-1</sup> de diámetro. Osorio (1994) en Panamá encontró valores del diámetro para 3.5 años de 3.3 cm e incrementos medios anuales de 2.69 a 3.63 cm año<sup>-1</sup>.

En Cuba Mitjans *et al.*, (2011) reportan diámetros en plantaciones aledañas a las riveras del Río Cuyahaguaje perteneciente a la EFI Macurijes de la provincia Pinar del Río de 12 cm de DAP a los 5 años. Pérez (2006) en tres localidades de la región central del país Topes de Collantes, Casa de Tejas y Los Llanos en bosques de interés de la defensa, a los 19 meses reportó diámetros de 3,79 cm, 3,64 cm y 3,03 cm y alturas de 3.48 m, 3,18 m y 2,86 m respectivamente.

## **2.9 El sitio forestal y su relación con la productividad de las plantaciones**

Se entiende por sitio forestal el conjunto de factores edáficos, climáticos y bióticos que determinan la permanencia y la intensidad de la producción de biomasa

(productividad primariabruta) de determinada comunidad forestal, sea esta natural o creada por el hombre. Desde el punto de vista de la silvicultura práctica, todas las localidades que reaccionan similarmente a un determinado manejo, pueden considerarse dentro de un mismo tipo de sitio (Sotolongo, Geada y Cobas, 2010).

Dentro de los atributos más importantes del sitio forestal, se encuentra su calidad; es por eso que en fechas relativamente recientes ha aparecido el concepto de calidad de sitio, el cual se emplea para identificar y cuantificar, la aptitud del lugar donde se encuentra establecida o donde lo será a futuro, una plantación forestal. Se basa en la interacción de parámetros de crecimiento de los individuos (altura, diámetro, área basal, volumen) y las características del medio en el que se desarrollan, tales como clima, relieve, suelos, pendiente del terreno y tantas como el investigador desee incluir en el análisis (Sabatía y Burkhart, 2014).

Otra de las herramientas de uso frecuente (desde finales del siglo XIX) en el manejo forestal actualmente incluida en los modelos de crecimiento, es el índice de Sitio (IS), un parámetro silvicultural que estima la capacidad de producción de un rodal a partir de la altura dominante y edad base de un número determinado de árboles. Es una expresión matemática, razón, fórmula o dimensión que relaciona la altura, el incremento medio anual (IMA) o volumen con respecto a la edad del rodal (Krisnawati, 2016).

Se ha comprobado que la Calidad de Sitio (CS), el Índice de Sitio (IS) y todas las implicaciones de manejo, tienen significado exclusivamente para la especie en cuestión con respecto a un área determinada, dado que un lugar con un excelente calidad de sitio (potencial productivo alto) para una especie, podrá ser muy deficiente (potencial productivo bajo) para otra (Caguasango, 2017)

El desarrollo de plantaciones forestales como respuesta a las condiciones de sitio, ha sido investigada alrededor del mundo por diferentes autores; los trabajos más publicados corresponden a Sabatía y Burkhart (2014), Yue *et al.*, (2014), Bontemps y Bouriaud, (2014), Stovall *et al.*, (2012) y Rubilar *et al.*, (2010), a través de modelos que intentan explicar y predecir las diferencias de productividad, en función de las variables climáticas, el suministro de nutrientes y las variantes de manejo silvicultural.

Hasta hace muy poco tiempo, mencionar el tema de nutrición y fertilización forestal se consideraba un sin sentido, pues los árboles debían "crecer solos" y de acuerdo a las prácticas de entonces, "en suelos de vocación forestal", es decir, aquellos en los que no se podía realizar actividades agrícolas (Rubilar *et al.*, 2010). La idea de que las plantaciones forestales debían ocupar suelos de baja fertilidad para darle espacio a los sembradíos agrícolas en los mejores terrenos, parecía ser aceptada por los especialistas forestales, sin considerar las necesidades nutricionales de los árboles, tendencia que aún perdura en algunos lugares del mundo (Caguasango, 2017).

Actualmente, no se duda que los árboles puedan crecer de esa manera y en esos sitios; sin embargo, se trata de maximizar su rendimiento, ya sea a través de especies adaptadas a condiciones específicas, o de mejorar el medio en el que los árboles deben crecer a través de prácticas silviculturales que implican el manejo y por ende, conocimiento de las propiedades del suelo. Variables como la textura, estructura, profundidad efectiva, pH, contenido de materia orgánica, pedregosidad y aun el color, han sido evaluadas individualmente o en conjunto, para explicar el crecimiento de rodales forestales (Epron *et al.*, 2013).

## **2.10 Importancia del análisis del crecimiento de los árboles en plantación**

Debido a la abundancia de los bosques y su consecuente desvalorización, antiguamente no eran necesarias medidas exactas sobre las cantidades de madera a obtener. Siendo así, compradores y vendedores no hacían muchas exigencias en cuanto a las medidas, ya que los precios eran relativamente bajos. Pero con la gradual disminución de las masas forestales, los precios de la madera fueron elevándose de tal manera, que tanto propietarios como compradores deseaban conocer con suficiente precisión, aquello que vendían o compraban. De este modo se fueron perfeccionando los métodos de medición de los productos y subproductos forestales, con vista a su transacción y hoy en día, la estimación del crecimiento es una parte esencial para el manejo forestal (Aldana, 2008).

Se entiende por crecimiento el aumento gradual de las variables altura, diámetro, área transversal, volumen, etc., que se miden. Este aumento se produce por la actividad

fisiológica de la planta. El ritmo del crecimiento está influenciado por factores internos (genéticos), externos (ecológicos) y por el tiempo.

En este sentido, en forestal es muy importante tener clara la diferencia entre determinación y estimación; la primera implica una medición directa, generalmente con instrumentos específicos para ello, mientras que la segunda implica una medición indirecta. En un rodal, se realizan mediciones directas de variables como el diámetro y la altura, así, a partir de estas mediciones, se pueden estimar otras que son de gran importancia para el conocimiento de los parámetros relacionados con la productividad. Refiere Ares, (1999), que todas estas informaciones son necesarias para la elaboración del Plan de Ordenación Forestal, que sirve para ordenar la plantación y la explotación del bosque, buscando mantener a través del tiempo la continuidad de las producciones, los datos que se deben registrar se refieren a la cantidad (volumen y número de árboles), a la calidad (diámetro y altura) y a la producción (incremento en volumen y diámetro) de la especie plantada en un sitio determinado.

Según Aldana, (2008), en Dendrometría, la medición del diámetro a la altura del pecho es la fundamental, porque constituye la base de cálculo para la estimación del volumen y la indicación del estado de desarrollo del árbol. Otra variable fundamental a ser obtenida de la población forestal es la altura, porque la misma es importante para el cálculo del volumen y para la clasificación de los sitios forestales en cuanto a su productividad. Es una variable usada en el análisis del desarrollo de una especie en un determinado sitio forestal ya que esta presenta el comportamiento de la referida especie en el transcurso de los años. Dos árboles pueden tener el mismo DAP difiriendo significativamente en la altura, lo que afectará el volumen en proporción directa.

La determinación del volumen de los árboles es muy importante, porque permite conocer fundamentalmente los diferentes surtidos que se pueden obtener. Existen muchos métodos para determinar el mismo, uno de los más sencillos se realiza mediante la fórmula de HOSSFELD, que involucra el diámetro y la altura del árbol, este constituye un método de cubicación rigurosa (Alder, 1980).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y caracterización de las áreas de estudio

La investigación se llevó a cabo en tres sitios ubicados en localidades diferentes, todos pertenecientes a la Empresa Agroforestal Sancti Spíritus. El clima predominante en las tres áreas es Tropical, con una clara estacionalidad en cuanto al comportamiento de las precipitaciones; donde la configuración y disposición de los sistemas montañosos, combinadas con las características locales de la circulación atmosférica, provocan que se transite a otros tipos y subtipos de climas, referidos por Rivero *et al.*, (2013), según la clasificación Köppen modificada, Aw (Kottek *et al.*, 2006) caracterizado por una temperatura media anual de 24,3 °C, una humedad relativa media anual de 79% y un valor medio anual de 1 403 mm de precipitaciones. Según datos de la Estación Meteorológica Sancti Spíritus, (2018), los detalles se muestran en el Anexo 1. Las características de cada área se muestran en la Tabla 2 y su ubicación en la Fig. 1.

Tabla 2. Características de los sitios de plantación.

Sitios	Nombre de la Localidad	Ubicación	Suelo*	Pendiente (°)
1	El Modelo	66° 41' 30"N 23° 06' 82"O	Grupo Fluvisol, subtipo mullido húmico pH=7.5	2-3
2	Capitolio	65° 24' 42"N 22° 60' 40"O	Grupo Pardo sialítico del tipo genético pardo grisáceo pH=5	9 (llegando a 13 en algunas parcelas)
3	Nazareno	79° 40' 35"N 28° 39' 40"O	Grupo Pardo sialítico del tipo genético Pardo (mullido sin carbonatos)	3-4

\* Según Hernández *et al.*, (2015).

Es necesario añadir que los usos de suelo anteriores al establecimiento de las plantaciones de *A. mangium* eran los siguientes:

El Modelo: bosque de *Swietenia macrophylla* (caoba hondureña), que fue talado para establecer acacia.

Capitolio: usado para la explotación ganadera, quedó ociosa por estar cubierta de *Dichrostachys cinerea* (marabú).

Nazareno: plantaciones de *Sacharum officinale* (caña de azúcar) con baja productividad y por eso se destinó a la actividad forestal.

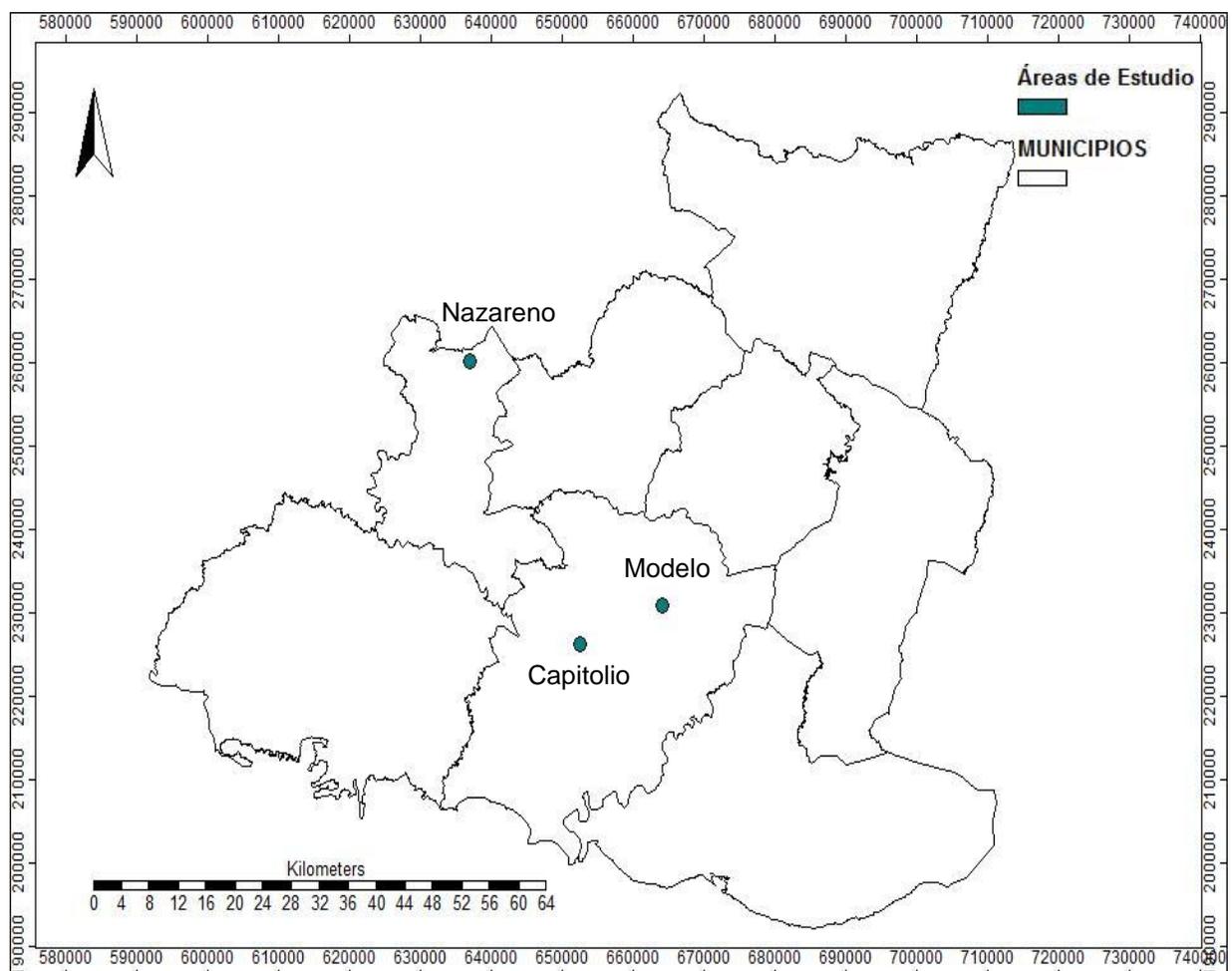


Fig. 1. Ubicación de las áreas de estudio

Fuente: elaboración propia

Una vista general de estas plantaciones se observa en el Anexo 2.

Las plantaciones objeto de estudio son coetáneas, es decir, todas tienen la misma edad: 7 años (se establecieron en el año 2011). El marco de plantación fue de 3m x 2m, por lo que la densidad de plantas por hectárea fue de 1 667, en los tres casos la plantación se estableció en hileras, atendiendo las curvas de nivel en las áreas con mayores pendientes. La preparación del terreno fue con calvero y la siembra se realizó en hoyos de aproximadamente 13 cm de ancho y 20 cm de profundidad; las precisiones se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Particularidades de las plantaciones de *A. mangium* en los diferentes sitios.

Sitio	Localidad	Área			Preparación del suelo	Objetivo de la plantación
		Total (ha)	Lote	Rodal		
1	El Modelo	4.20	18	15	Manual	Protección de agua y suelo
2	Capitolio	3.20	19	19	Manual	Producción
3	Nazareno	6.35	49	49	Mecanizada	Producción

Fuente: Registro de la EAF SS, (2011)

### 3.2- Muestreo

Para la ubicación de las diferentes áreas de estudio se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) específicamente el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), que es la metodología utilizada actualmente en la EAF SS. El criterio de tamaño de muestra aplicado fue el 5% de la extensión total del Rodal. Sobre esa base se establecieron en cada área de estudio parcelas temporales de muestreo (PTM) rectangulares de 20 m x 30 m (600 m<sup>2</sup>), las cuales fueron delimitadas utilizando la cinta métrica de 50 m. En todos los casos se tuvo en cuenta lo sugerido por Silva, (1970) citado por Aldana (2008), en cuanto a la

aleatoriedad del muestreo, para lo cual el primer centro para la medición fue ubicado en un punto que cumplió la condición de estar a una distancia en metros igual a la suma del diámetro del árbol más cercano más 20 (de 7 cm + 20 = 27 m).

### 3.3 Determinación de las variables dasométricas

A los árboles incluidos en cada PTM establecida se les midió la altura (h) y el diámetro a la altura del pecho (DAP); los valores obtenidos se registraron en el tabulador electrónico para Windows Excel (2006), estableciéndose así una base de datos y a partir de ellos se determinó el área basal y el volumen de manera individual, que más tarde permitió el cálculo del volumen de cada parcela y posteriormente estimar el volumen por hectárea.

#### 3.3.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)

Se determinó de manera directa a todos los árboles presentes, utilizando una forcípula (Masser BT). Se realizó una sola lectura por árbol, colocando el brazo de la forcípula hacia el centro de la parcela.

#### 3.2.2 Altura (h) (m)

Se midió la altura de 3 árboles de cada parcela (h) con la utilización del Hipsómetro de Blume-Leiss teniendo en cuenta que el techo de las copas era homogéneo y se estimó la altura media.

#### 3.2.3 Cálculo del Área basal (G) y el Volumen (V)

En la propia base de datos conformada con las mediciones de DAP y altura se calculó el Área basal, que no es más que la superficie de la sección transversal del árbol medida a 1,30 m de altura y se calculó mediante la siguiente ecuación matemática:

$$G = (\pi / 4) \cdot d^2$$

Donde,

G = Área basal (m<sup>2</sup>)

$\pi$  = 3.1416 (constante)

$d$  = diámetro a la altura del pecho ( $m^2$ ) (porque el valor del DAP en m se eleva al cuadrado)

Para el cálculo del Volumen se utilizó la ecuación matemática propuesta por HOSSFELD, (1872) citado por Aldana, (2008):

$$V = G.h.f$$

Donde,

$V$ = Volumen ( $m^3$ )

$G$ = Área basal ( $m^2$ )

$h$ = La altura (m)

$f$ = Factor o coeficiente de forma (es una constante mórfica que se establece para cada especie). Para *A. mangium* es de 0.47 según Rodríguez *et al.*, (20017).

### 3.3 Supervivencia y rendimiento de las plantaciones

Para el cálculo de la supervivencia, se tuvieron en cuenta los datos de los árboles contados dentro de la parcela en el momento del muestreo (7 años después de realizada la plantación) y las plantas probables según el marco de plantación inicial (3 m X 2 m) para cada localidad, y se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$S = (AC/AP) . 100$$

Donde

S- Supervivencia (%)

AC- Árboles contados vivos

AP-Árboles probables

El rendimiento de una plantación forestal se refiere al volumen de madera que se espera obtener de ella por unidad de área y se expresa en  $m^3 ha^{-1}$ . Para el cálculo del volumen esperado para cada localidad se tuvieron en cuenta los valores medios de volumen calculados en las diferentes parcelas de estudio establecidas, teniendo

en cuenta el número de árboles que se incluyó en cada una; así, por regla de tres se determinaron los valores que se esperarían por hectárea.

### 3.4 Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables dasométricas

Para el cálculo de los IMA de las variables DAP, Altura (h) y Volumen (V) se tuvieron en cuenta los valores medios de las mismas obtenidos para cada localidad y la edad del arbolado desde la plantación hasta la medición (7 años). De esta manera, los cálculos se realizaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{IMA}(\text{dap}) = \frac{\text{DAP}}{E_p}; \text{IMA}(h) = \frac{h}{E_p}; \text{IMA}(V) = \frac{V}{E_p}$$

Dónde:

$\text{IMA}_{(\text{dap})}$ = Incremento medio anual del diámetro

DAP= diámetro medio de la plantación

$\text{IMA}_{(h)}$ = Incremento medio anual de la altura

h= Altura

$\text{IMA}_{(V)}$ = Incremento medio anual del volumen

V= volumen

$E_p$ = edad de la plantación

### 3.5 Procesamiento estadístico

Los datos obtenidos como resultados fueron sometidos a un análisis de varianza simple a través del paquete estadístico STATGRAPHICS Versión 5.0, aplicando el test de rangos múltiples de Duncan como criterio comparativo entre los diferentes tratamientos en los casos donde existieron diferencias significativas para un 95% de confianza. También se realizaron análisis de correlación entre las variables evaluadas, así como histogramas de frecuencia para determinar la distribución diamétrica en las plantaciones.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1- Comportamiento de las variables dasométricas en las plantaciones de *A. mangium*

Se constataron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas entre las localidades o sitios de plantación; los mejores resultados fueron obtenidos en “El Modelo” (Tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento de las variables dasométricas en los sitios de evaluación

Localidades	DAP (m)	h (m)	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
<b>El Modelo</b>	0,1429 <sup>a</sup>	14,3645 <sup>a</sup>	0,0167 <sup>a</sup>	0,1142 <sup>a</sup>
<b>El Capitolio</b>	0,1403 <sup>a</sup>	11,2638 <sup>b</sup>	0,0156 <sup>b</sup>	0,0846 <sup>b</sup>
<b>Nazareno</b>	0,1090 <sup>b</sup>	10,6136 <sup>c</sup>	0,0098 <sup>c</sup>	0,0490 <sup>c</sup>
<b>CV (%)</b>	25,39	16,60	49,38	58,09
<b>ES</b>	0,0011	0,0686	0,0002	0,0015

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Duncan ( $p \leq 0.05$ )

Fuente: elaboración propia

Leyenda: DAP=Diámetro a la altura del pecho; h=Altura; V=volumen medio

Estos resultados demuestran que a pesar de que se ha reportado una amplia gama de condiciones en que la especie puede crecer y desarrollarse exitosamente, lo esperado es que la misma alcance un mejor desarrollo a medida que la calidad del sitio aumenta, lo cual está en correspondencia con lo planteado por Pérez *et al.*, (2017).

En los sitios 1 y 2 (El Modelo y Capitolio), las plantas alcanzan diámetros similares, sin embargo, la plantación del primero ha ganado en el mismo período de tiempo, 3 metros más de altura que la del segundo, esto puede estar dado por la menor supervivencia que presenta la plantación en el segundo sitio, ya que a medida que se van perdiendo individuos, disminuye la densidad (1221 y 1089 respectivamente) y los árboles tienden a incrementar su diámetro. Por otra parte, la especie no muestra un buen desarrollo en

el sitio 3 (Nazareno) en comparación con los demás sitios. Teniendo en cuenta que, dentro de las condiciones de estudio, el clima es común en las tres localidades, con valores medios de precipitaciones ligeramente inferiores al rango reportado como óptimo para la especie (1 500 - 3 100 mm) FDA, (2000), y que las características del suelo varían, es evidente que este factor es el que más influye en el comportamiento de estas plantaciones. En el sitio 1, este presenta un pH neutro y se clasifica como Fluvisol, este tipo de suelo se caracteriza por tener una influencia fluvial, lo que provoca una distribución irregular de materia orgánica en un espesor menor de 50 cm (Hernández *et al.*, 2015), lo que hace que un sitio forestal con tales condiciones califique como de buena calidad y las plantas de cualquier especie se pueden desarrollar bien en él. En los sitio 2 y 3 los suelos se caracterizan por presentar baja fertilidad y textura ligera, lo que hace que la retención de nutrientes y humedad sea baja, por otra parte, al tener un uso agrícola y ganadero respectivamente, y no haber permanecido en barbecho antes de la plantación, también son suelos compactados y degradados, donde la especie no puede mostrar su tasa de crecimiento potencial, a lo cual se suma el pH ácido, sobre todo en el sitio 3 (Nazareno), a pesar de que en la bibliografía se plantea que esta puede tolerar suelos con pH inferiores a 5.

En Cuba, se han realizado estudios de comportamiento de *A. mangium* en plantaciones de diferentes edades y en condiciones diversas; así, por ejemplo, Pérez *et al.*, (2017), obtuvo valores de altura entre 5 y 9 m y DAP entre 0,06 y 0,08 m en plantaciones de tres años establecidas en dos localidades de la provincia Villa Clara, con suelos Fersialítico rojo parduzco ferromagnesial y Ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado respectivamente. En estas últimas condiciones de sitio, la especie manifestó un mejor comportamiento en cuanto a crecimiento y productividad.

En Pinar del Río, se evaluaron plantaciones aledañas a las riveras del Río Cuyahaguaje pertenecientes a la EAF Macurijes y obtuvieron valores de DAP cercanos a los obtenidos en este trabajo (0,12 m), a una edad de 5 años, lo que demuestra cómo se incrementa la tasa de crecimiento de la especie en los sitios de mayor calidad (Mitjans *et al.*, 2011).

Por otro lado, tres localidades de la región central del país: Topes de Collantes, Casa de Tejas y Los Llanos en bosques de interés de la defensa; Pérez, (2006) reportó diámetros de 3,79 cm, 3,64 cm, 3,03 cm y alturas de 3.48 m, 3,18 m, 2,86m respectivamente en plantaciones de 19 meses de edad.

A nivel internacional, estudios realizados por Ilyas (2013) en el Este de Indonesia, arrojaron valores de DAP muy cercanos a los obtenidos en este trabajo (0,13 m) pero en sólo 3 años. Sin embargo, los valores de altura en estas plantaciones no sobrepasan los 5 m bajo diferentes condiciones, pero fundamentalmente suelos clasificados como Ferrasoles y Acrisoles según (World Reference Base).

#### **4.2- Comportamiento de la supervivencia y el rendimiento en las plantaciones de *A. mangium*.**

En la localidad “El Modelo”, también se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a rendimiento ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), sin embargo, fue la plantación de la localidad “Nazareno”, la que presentó mayor supervivencia (Tabla 5).

Tabla 5. Comportamiento de la supervivencia y el rendimiento en las plantaciones objeto de estudio.

<b>Localidades</b>	<b>Supervivencia (%)</b>	<b>Rendimiento (<math>\text{m}^3 \text{ha}^{-1}</math>)</b>
<b>El Modelo</b>	73,24	139,454
<b>El Capitolio</b>	65,32	92,317
<b>Nazareno</b>	90,48	73,608

Fuente: elaboración propia

La supervivencia en una plantación forestal puede estar influenciada por varios factores: la calidad de la postura producida en vivero, la calidad del sitio, así como las atenciones culturales en los estadios de diseminado y brinzal. A diferencia de los sitios de plantación ubicados en “El Modelo” y “Capitolio”, la preparación del suelo para el establecimiento de la plantación en la localidad “Nazareno”, se realizó de forma mecanizada, esto hace que la estructura del suelo se mejore, haciéndolo más

esponjoso y aumentado su retención capilar, además, contribuye a la eliminación de especies vegetales no objeto de cultivo; esto conduce a un resultado inmediato que en este caso se reflejó en una buena supervivencia, ya que proporcionó a las plántulas mejores condiciones para su adaptación a campo; sin embargo, se observa que es en este sitio donde las plantas muestran la menor tasa de crecimiento, así como los menores volúmenes, esto se debe a que el suelo es pobre en nutrientes y presenta baja retención de humedad, por lo que las plantas no pueden expresar su crecimiento potencial.

Los resultados reportados por Pérez *et al.*, (2017) en cuanto a volumen para plantaciones de esta especie en Cuba, provincia Villa Clara a una edad de tres años, oscilan entre 13,65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> en sitios pobres y 55,93 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> en sitios con mejor calidad.

En otros países, Rodríguez *et al.*, (2004) refieren que al evaluar el comportamiento de *A. mangium* en plantaciones experimentales de cuatro años de edad en la Amazonia Central, los valores de Volumen fueron de 181,26 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. En países como Vietnam y Brasil se han obtenido volúmenes de 60,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y 43 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> respectivamente en plantaciones de 7 años, una edad similar a las plantaciones objeto de estudio en este trabajo, resultando inferiores a los obtenidos en las tres localidades de la provincia Sancti Spíritus donde se desarrolló esta investigación; refiere Caguasango, (2017), que los suelos donde se establecieron estas plantaciones en Brasil se clasifican como ultisol y oxisol, según (United States Department of Agriculture), mientras que los del país asiático se clasifican como Ferrasoles y Acrisoles según (World Reference Base).

#### **4.3- Correlaciones entre las variables evaluadas**

El análisis de correlación realizado entre el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (h), Área basal (G) y volumen (V), arrojó como resultados que existe correlación entre las variables ( $p \leq 0.05$ ), siendo el DAP el que más se relaciona con el volumen, aunque el comportamiento no es igual en las tres localidades o sitios de plantación; los detalles se muestran en las Tablas 6, 7 y 8.

Tabla 6. Tabla de correlaciones entre las variables evaluadas en “El Modelo”.

	Área Basal (m <sup>2</sup> )	DAP (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Altura (m)</b>	0,1185	0,1359	0,1784
	0,0427	0,0200	0,0022
<b>Área Basal (m<sup>2</sup>)</b>		0,9890	0,9970
		0,0000	0,0000
<b>DAP (m)</b>			0,9885
			0,0000

Fuente: elaboración propia

En este sitio, la correlación entre la altura y el área basal, la altura y el diámetro, así como la altura y el volumen es débil, no así la que existe entre el DAP y el volumen, que es fuerte, quedando demostrado que es esta variable dasométrica la que en mayor medida está determinando el rendimiento de la plantación. Es un resultado esperado que existan correlaciones fuertes y altamente significativas entre el área basal y el diámetro, así como entre el área basal y el volumen.

Tabla 7. Tabla de correlaciones entre las variables evaluadas en “Capitolio”.

	Área Basal (m <sup>2</sup> )	DAP (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Altura (m)</b>	0,2277	0,2453	0,4613
	0,0013	0,0005	0,0000
<b>Área Basal (m<sup>2</sup>)</b>		0,9916	0,9637
		0,0000	0,0000
<b>DAP (m)</b>			0,9615

0,0000

Fuente: elaboración propia

En este sitio las correlaciones son más significativas atendiendo al coeficiente de correlación de Pearson, se observa una mayor relación entre la altura y el volumen, entre la altura y el diámetro, aunque también la variable de mayor relación con la productividad es esta última.

Tabla 8. Tabla de correlaciones entre las variables evaluadas en "Nazareno"

	<b>Área Basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>DAP (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
	-0,1272	-0,0969	0,1689
<b>Altura (m)</b>	0,0156	0,0660	0,0013
		0,9880	0,9452
<b>Área Basal (m<sup>2</sup>)</b>		0,0000	0,0000
			0,9521
<b>DAP (m)</b>			0,0000

Fuente: elaboración propia

En este sitio de plantación las relaciones entre la altura y las demás variables son muy débiles, pudiéndose decir que prácticamente no existen. Un aspecto que diferencia los resultados del análisis en este sitio respecto a los demás, es que no existe relación entre el diámetro y la altura de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson, en este sentido, refiere Aldana, (2008) que cuando la relación h/d es débil y poco significativa indica una calidad de sitio muy baja para la especie.

#### 4.4- Estimación de los Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables evaluadas en las plantaciones de *A. mangium*.

La plantación establecida en la localidad “Nazareno” presentó menores incrementos de las variables evaluadas que las establecidas en “Capitolio” y “El Modelo”; esta última presentó los mejores resultados (Tabla 9).

Tabla 9. Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables evaluadas en cada localidad

Sitios	IMA <sub>(DAP)</sub> (cm año <sup>-1</sup> )	IMA <sub>(h)</sub> (m año <sup>-1</sup> )	IMA <sub>(v)</sub> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<b>El Modelo</b>	2,04	2,05	19,922
<b>Capitolio</b>	2,00	1,63	13,188
<b>Nazareno</b>	1,55	1,52	10,515

Fuente: elaboración propia

Según Reyes, Carmona y Fernández, (2018), esta especie presenta una alta tasa de crecimiento durante los primeros cinco años de cultivo, pudiendo ganar desde 1,8 hasta 5,8 cm anuales de diámetro, dependiendo de la edad, el sitio y las distancias de siembra del cultivo. Por su parte, FDA, (2000), plantea que es común incrementos entre 2 y 3 cm de diámetro, así como entre 2 y 4 m de altura, aun cuando las plantaciones están mal cuidadas y en sitios pobres. Los resultados obtenidos en esta investigación para las plantaciones establecidas en “El Modelo” y “Capitolio”, están dentro del rango referido para el diámetro, no siendo así en la plantación de “Nazareno”, cuyos incrementos distan incluso del valor mínimo reportado por los autores citados anteriormente. En cuanto a la altura, sólo la plantación establecida en el sitio 1 presenta valores que se encuentran dentro del rango referido. A pesar de que, según la bibliografía, esta especie puede tolerar pH de suelo bajos (entre 4.5 y 6.5), los resultados de este trabajo indican que la especie manifestó mejores indicadores de crecimiento en suelos neutros.

Estudios realizados en Cuba dan cuenta de que plantaciones de *A. mangium* establecidas en la provincia Pinar del Río presentan un IMA en el diámetro de 2,4 cm año<sup>-1</sup> a los 4 años de edad, y de igual manera, la altura mostró incrementos por encima de 2 m año<sup>-1</sup> a la misma edad (Rodríguez, 2017).

Internacionalmente, se han reportado incrementos de hasta 4 m, 4 cm y 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> en altura, diámetro y volumen respectivamente en sitios óptimos para la especie en República Dominicana (Díaz, 2014). Por su parte, en Colombia, se han reportado incrementos de 1 m y 2 cm en altura y diámetro respectivamente, según Tacha y Moreno, (2016) en un área privada con suelo de baja fertilidad. De acuerdo con León y García, (2007) citados por Caguasango, (2017), se han reportado IMA de volumen de 10m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en suelos degradados de la Altillanura plana de Colombia.

Sin embargo, CATIE, (1992) citado por Caguasango, (2017), ha reportado valores de IMA para altura y diámetro, en el orden de 2.5 m ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, 1.3 m ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; 3.2 cm ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y 1.6 cm ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente en plantaciones de 3 años. Esta misma autora refiere que en Vietnam se ha estudiado el incremento de la altura y el DAP en plantaciones de una edad similar a las objeto de estudio en este trabajo (7 años), obteniendo valores de 2.8 m ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 2.7 cm ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente, superiores en ambos casos a los obtenidos en esta investigación.

Es importante destacar que, considerando el marco de plantación, por lo general el espacio vital resulta amplio en la mayoría de las especies forestales, pues aún los árboles no alcanzan una talla que provoque acción recíproca entre la copa de los mismos. Sin embargo, el progresivo desarrollo e incremento de estos trae consigo que variables como el DAP aumenten en la medida que aumenta el espaciamiento, de esta forma, el área inicialmente plantada, en términos de unidad (ha), no será suficiente para ser ocupada por el número de árboles inaugurales, debido al incremento progresivo de los mismos, de ahí, la necesidad de realizar las labores silviculturales necesarias.

#### 4.5 Análisis de la distribución diamétrica en cada plantación

Las clases diamétricas no siguen un mismo patrón en las plantaciones, poniéndose de manifiesto una vez más que la calidad de sitio determina en gran medida los diferentes surtidos que se pueden obtener a una edad determinada. Las distribuciones diamétricas revelan que en los sitios “El Modelo” y “Capitolio” abundan árboles con diámetros entre 0,14 m y 0,16 m (Fig. 2 y 3), lo que según Rodríguez *et al.*, (2017) significa que el mayor uso puede ser para cujes de tabaco y madera rolliza, ya que la madera aserrable debe tener diámetros superiores a 0,16 m.

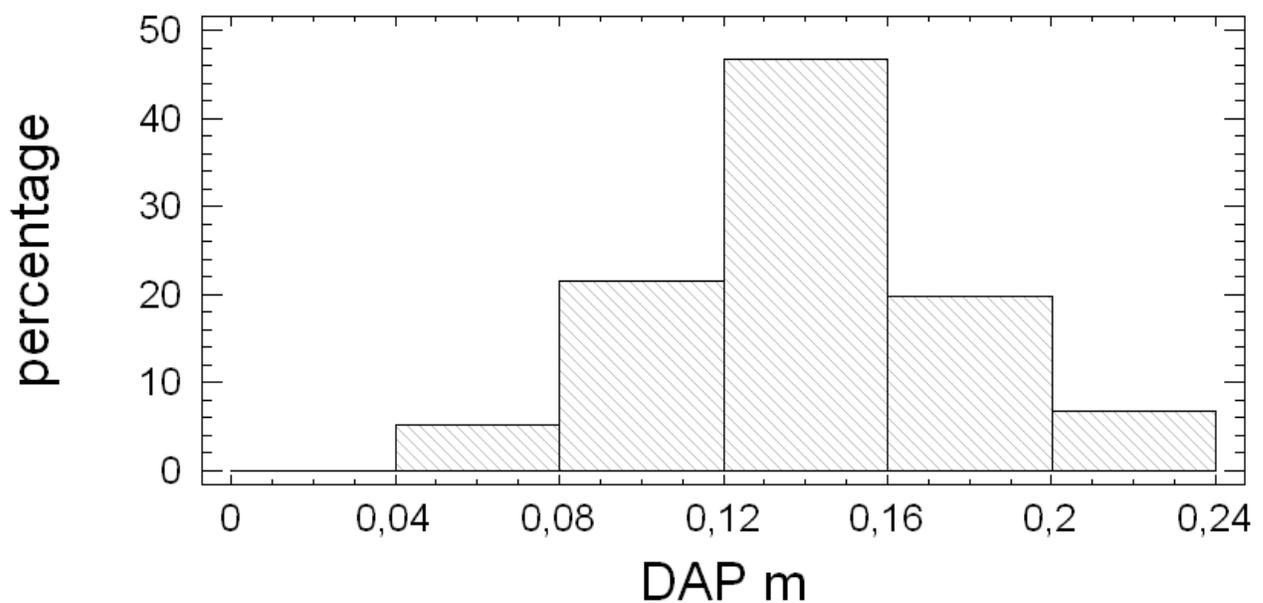


Fig. 2. Distribución diamétrica en la plantación de “El Modelo”

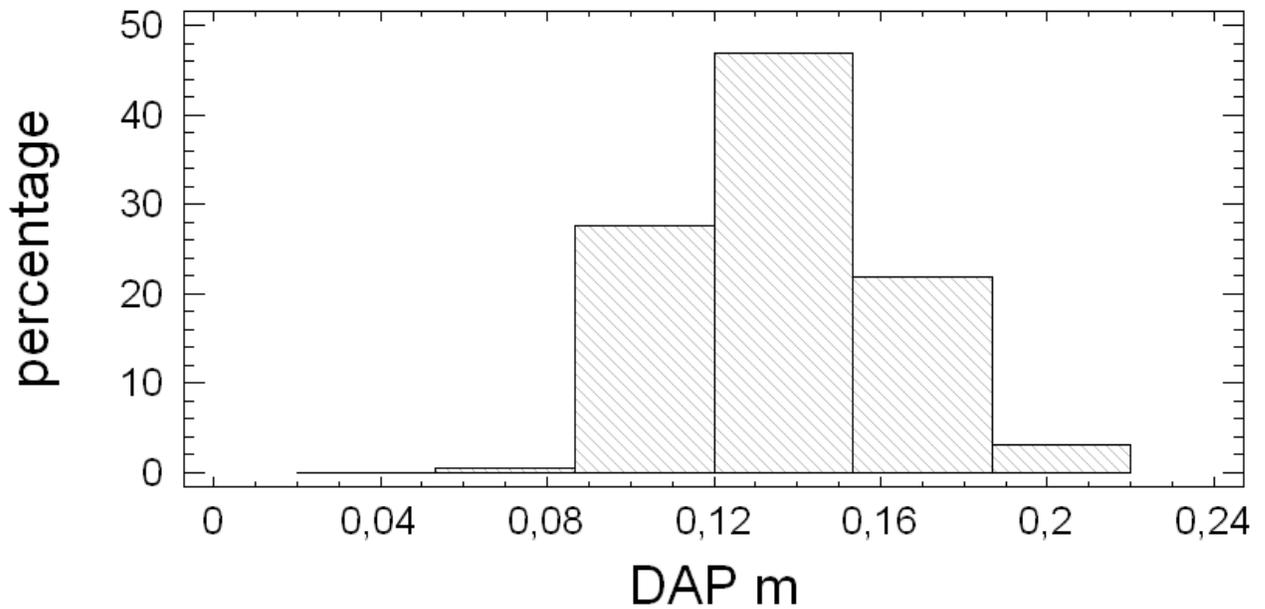


Fig. 3. Distribución diamétrica en la plantación de "Capitolio"

En la localidad "Nazareno" abundan los árboles con diámetros entre 0.08 m y 0.12 m (Fig. 4), los cuales pueden ser utilizados para leña, ya que este es el principal surtido cuando los diámetros son menores que 0,12 m (Rodríguez *et al.*, 2017).

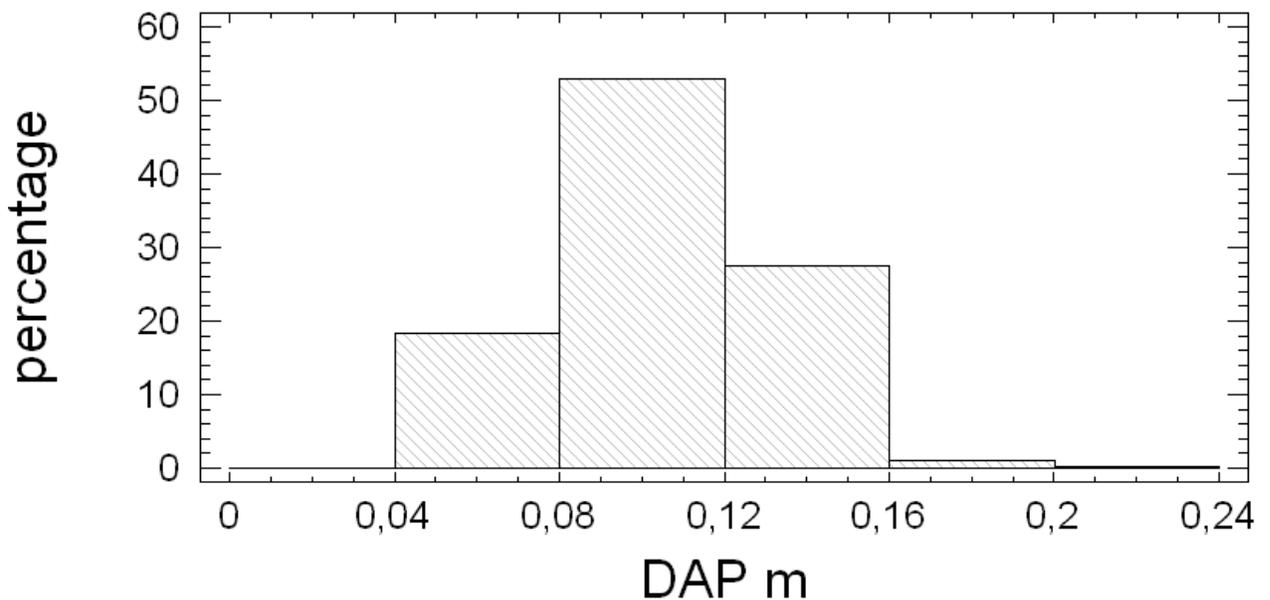


Fig. 4. Distribución diamétrica en la plantación de "Nazareno"

Estos resultados indican que en los sitios de estudio, las plantaciones de siete años aún no presentan potencialidades para su aprovechamiento como madera para aserrío.

Según la bibliografía consultada, para producir madera de aserrío a partir de *A. mangium*, los turnos varían entre los 12 a 15 años en sitios óptimos, mientras que en condiciones menos propicias se pueden extender hasta 20 años (FDA, 2000). Por otra parte, refieren Rodríguez *et al.*, (2017), que se han reportado a nivel internacional turnos técnicos para esta especie entre los 8 y 18 años, lo cual no se corresponde con las condiciones de los sitios cubanos, de ahí la gran importancia que reviste estudiar su comportamiento en diferentes sitios del país.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio y teniendo en cuenta los valores de los IMA calculados, se puede estimar el turno técnico para plantaciones establecidas en sitios con condiciones similares a las de “El Modelo”, a los 12 años, período al cabo del cual debe incrementarse la proporción de volumen aserrable debido a un aumento en el número de árboles con diámetros superiores a los 0,16 m. Para plantaciones establecidas en sitios con condiciones similares a las de “Capitolio”, el turno técnico se extendería al menos 2 o 3 años más, o sea, aproximadamente a los 15 años; mientras que las establecidas en sitios con condiciones similares a las de “Nazareno” se debe extender hasta los 20 años.

## 5. CONCLUSIONES

1. La especie *A. mangium* muestra un buen comportamiento en las plantaciones coetáneas establecidas en El Modelo, Capitolio y Nazareno. Los valores que alcanzan las variables dasométricas evaluadas en las mismas, a la edad de 7 años, se encuentran dentro de los rangos reportados en países de la región tropical, Centroamérica y Cuba, para diferentes calidades de sitio.
2. Quedó demostrado que la supervivencia de las plantaciones aumenta a medida que se realice una mejor preparación del suelo, pero el crecimiento y la productividad de la especie aumentan significativamente en los sitios de mejor calidad.
3. De acuerdo con los IMA calculados y las distribuciones diamétricas de las plantaciones, el turno técnico forestal para la especie se puede estimar a los 12 años para las plantaciones de los mejores sitios y de 15 a 20 años para aquellas que se establezcan en los sitios más pobres.
4. La variable dasométrica que determina en mayor medida la productividad en los tres sitios es el DAP.

## 6. RECOMENDACIONES

En términos científicos:

Continuar realizando mediciones periódicas en función de que los valores de la estimación de los incrementos medios anuales sean más exactos y confiables.

Realizar estudios similares en otras áreas de la EAF SS en que se haya establecido la especie.

Realizar investigaciones dirigidas a la estimación de los beneficios económicos y ecológicos de las plantaciones, de acuerdo a los objetivos con que fueron establecidas y la calidad que presentan los diferentes sitios de la EAF SS.

En términos prácticos:

Sugerir a la EAFSS utilizar los resultados de este trabajo para estimar los turnos en las plantaciones de los diferentes sitios y establecer las curvas de crecimiento de la especie en los sitios que constituyen su patrimonio.

Incrementar las plantaciones de *A. mangium* tanto con fines productivos como protectores por la alta plasticidad de adaptación a diferentes calidades de sitio.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrosoft Ltda. (2000). *Acacia mangium* Willd. Informe Técnico. Medellín, Colombia. 16 pp.

Aldana, E. (2008). *Medición Forestal*. La Habana. Cuba. Félix Varela. 340 pp.

Alder, D. (1980). Estimación del volumen e incremento de las masas forestales con referenciaparticular al bosque tropical. Estudio y previsión de la producción. Roma: FAO.No.22(2) 229 pp.

Ares A.E. (1999). Tablas dasométricas, propuestas de categoría y valoración de alternativas demanejo para los pinares naturales de la E.F.I. La Palma. Tesis de Doctorado. Universidad de Pinar del Río. Cuba, 101 pp.

Berrios, M.C., Ortiz, O. (2004). Registro de cáncer en fustes y ramas sobre la especie exótica forestal *Acacia mangium Willd*, en la localidad San Juan, Itabo, Matanzas. Informe Técnico. Estación experimental Forestal de Itabo, Matanzas. Cuba, 12 pp.

-Bueno (1998). Producao e controle da qualidade de mudas florestais.

Caguasango, S. (2017). Predicción de rendimientos para plantaciones de *Acacia mangium* Willd. en la altillanura plana a partirde variables biofísicas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias - Escuela de Posgrados. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 80 pp

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1986). Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación CATIE. Informe Técnico, no 85: 228 pp.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1992). *Mangium (Acacia mangium)* especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de Guías Silviculturales. Serie Técnica. Informe Técnico N° 196, Costa Rica. 14 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

CONABIO-PRONARE, (2009).

- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). (2016). Sector forestal en Colombia. Disponible en: <http://www.conif.org.co/>; consultado: junio de 2017.
- Díaz, R. (2014). Introducción sobre el cultivo de *Acacia mangium*. Memorias del I Simposio Caribeño sobre *Acacia mangium*. Boca chica, República Dominicana (21-22 de mayo de 2014).
- Eamus, D. y S. Cole. (1997). Diurnal and seasonal comparisons of assimilation, phyllode conductance and water potential of three *Acacia* and one *Eucalyptus* species in the wet–dry tropics of Australia. *Aust. J. Bot.* 45(2), 275-290. Doi: 10.1071/BT96020.
- Estados Unidos, National Research Council. (EE UU/NRC). (1983). *Mangium and other fast growing Acacias for the Humid Tropics*. Washington, D.C., EE.UU, Academy Press. 62 pp.
- Eyles, A., P. Drake, L. Quang, T. Bon, P.V. Mendham, D. White, y C. Beadle. (2015). Ecophysiology of *Acacia* species in wet–dry tropical plantations. *Southern Forests: J. Forest Sci.* 77(4), pp 1-10. Doi: 10.2989/20702620.2015.1063030.
- FACT. (1966). Hoja Informática: Una guía útil para los arboles fijadores de nitrógeno.
- Fonseca, A. (2013). Efecto del estiércol vacuno y el humus de lombriz sobre la obtención de plantas de *Acacia mangium* Willd. en condiciones de vivero. Tesis de grado. Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Sancti Spíritus, Cuba. 40 pp
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2006). Situación de los bosques del mundo. Subdivisión de políticas y apoyo de publicación electrónica. División de comunicación. Roma, Italia. 180 pp
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1987). A guide for seed handling with special reference to the tropics. FAO Forestry Paper 20/2. Roma.
- Fundación de Desarrollo Agropecuario (FDA). (2000). Producción de Eucalipto, Acacia y Teca. Guía Técnica No. 1, Serie Recursos Naturales. República Dominicana. 45 pp

- Geilfus, F. (1989). *Árbol al servicio del Agricultor*. Serie Técnica, Vol. I y II. CATIE, Enda Caribe, Costa Rica.
- Hadi, S. y Nuhamara, S.T. (1997). Diseases of species and provenances of acacias in West and South Kalimantan, Indonesia. En: K.M. Old, S.S. Lee y J.K. Sharma, (eds). *Diseases of tropical acacias*, p. 23-46.
- Harwood, C.E. y E.R. Williams. (1992). A review of provenance variation in growth of *Acacia mangium*. En: Carron, L.T. y K.M. Aken (eds.). 1992. *Breeding Technologies for Tropical Acacias*. Proceedings of a workshop held in Tawau, Sabah, Malaysia. 1-4 ACIAR Proceedings No. 37.
- Hernando, E. (2011). Experiencias de reforestación comercial con *Acacia mangium* Willd. Presentación realizada en el Conversatorio sobre el desarrollo forestal de la Orinoquia. Colombia
- Ilyas, S. (2013). Allometric Equation and Carbon Sequestration of *Acacia mangium* Willd. in Coal Mining Reclamation Areas. Faculty of Forestry, Mulawarman University Samarinda, East Kalimantan, Indonesia. *Civil and Environmental Research*, 3 (1): 8-16.
- Ito, S. (1999). Annex 8: Incidence and severity of root disease at *Acacia mangium* plantations in the Multi-Storied Forest Management Project. En: Integrated report on the Multi-Storied Forest Management Project in Malaysia (1991-1999). Kuala Lumpur, Malasia, Forestry Department Malaysia, Perak State Forestry Department y Japanese International Cooperation Agency.
- Ivory, M.H. (1988). Forest pathology consultancy final report. Kuala Lumpur, Malasia, Silviconsult Ltd. Compensatory Plantation Unit y Federal Forestry Department of Peninsular Malaysia.
- Jiménez, M. V.; Picado, V. W. (1987). Algunas experiencias con *Acacia mangium* en Costa Rica. *Silvoenergía* (C.R.)
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3): 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

- Krisnawati, H., M. Kallio y M. Kanninen. (2011). *Acacia mangium* Willd. Ecology, silviculture and productivity. CIFOR, Bogor, Indonesia. National Academy Press, Washington DC
- Le Dinh y Nguyen Hoang (1991). Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. *Advances in Agronomy* 34: 279-398. Está en revisión bibliográfica y habla sobre los IMA en malasia
- Lee, S.S. (2000). The current status of root diseases in *Acacia mangium* Willd. En: J. Flood, P.D. Bridge y M. Holderness, (eds). *Ganoderma diseases of perennial crops*, p. 1-79. Wallingford, Reino Unido, CABI Publishing.
- Lee, S.S., Teng, S.Y., Lim, M.T. y Razali, A.K. (1988). Discoloration and heart rot of *Acacia mangium* Willd. – Some preliminary results. *Journal of Tropical Forest Science*, 1: 170-177.
- Licea Jerez, Y. (2017). Efecto del volumen del tubete en la calidad de la planta de *Acacia mangium* Willd. en fase de vivero. Tesis de grado. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”, Cuba. 70 pp.
- Logan, A.F. (1986). Australian Acacia in Developing Countries: internacional. Workshop (1986, Gympie, Qld., Australia). Proceedings. Ed. By J.W. Turnbull. ACIAR. Proceedings no. 16.p. 64.
- Mead y Miller (2005). The establishment and tending of *Acacia mangium*. In *Advances in Tropical Acacia Research: international workshop*.
- Mead, D.J. y Miller, R.R. (1991). The establishment and tending of *Acacia mangium*. In *Advances in Tropical Acacia Research: international workshop*. The establishment and tending of *Acacia mangium*. En: *Advances in Tropical Acacia Research: international workshop*.
- Obregón Sánchez, C. (2005). *Acacia mangium*: Una Especie Promisoria. *Revista el Mueble y la Madera*. [Versión pdf]. Disponible en: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/especies.pdf>.

- Old, K.M., Lee, S.S., Shama, J.K. y Yuan, Z.Q. (2000). A manual of diseases of tropical acacias in Australia, South-East Asia and India. Jakarta, Indonesia, CIFOR.
- Osorio, R. (1994). Manejo forestal de una plantación de *Acacia mangium* Willd, en la finca de la familia Rojas Pardini en Villalobos, Pedregal -Panamá. Memorias: Seminario Técnico *Acacia mangium*, Comportamiento y Potencialidades en Panamá.
- Pérez, Y. (2006). Comportamiento de *Acacia mangium* Willd, en las condiciones edafoclimáticas de dos localidades del macizo montañoso Guamuhaya, para el fomento de Bosques en Interés de la Defensa. Tesis de Maestría. Universidad de Pinar del Río.
- Pérez, Y., Reyes, R., Ríos, C. (2017). Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium* Willd. *Centro Agrícola*, 44(2):14-21
- Pinso, C. y Nasi, R. (1991). The potential use of *Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis* hybrid in Sabah. En: Carron, L.T. y K.M. Aken (Eds.). Breeding technologies for tropical acacias. Proceedings of a Workshop held in Tawau. ACIAR Proceedings No. 37.1-4 July 1991 Sabah, Malaysia.
- Reyes, G., Carmona, S. L., Fernández, M. E. (2018). Aspectos fisiológicos y de aprovechamiento de *Acacia mangium* Willd. Una revisión. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*,- 12(1): 244-253
- Rodríguez, A. y Clavero, T. (1996). Características de crecimiento de *Acacia mangium* Willd. En condiciones de bosque seco tropical. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (Supl. 1), 60-62.
- Rodríguez, A., Nápoles, M.C., Ramírez, M.A. (2004). Caracterización química del grano molido y torta de soya desgrasada (*Glycine max*. L. Merrill.) que se emplean en el medio de cultivo para *B. elkanii*». *Cultivos Tropicales*, 25 (2): 87-90.
- Rodríguez, J.C., Barrero, H. y Rodríguez, J.M. (2017). Turno técnico forestal para *Acacia mangium* (Mimosaceae) en la provincia Pinar del Río. *EcoVida*, 7(1):14-27

- SEF (Servicio Estatal Forestal). (2018). Plan de desarrollo Forestal hasta 2020, MINAG, Sancti Spíritus, Cuba.
- Sharma, S.K., Kumar, P., Rao, R.V., Sujatha, M., Shukla, S.R. (2012). Rational utilization of plantation grown *Acacia mangium* Willd. Journal of the Indian Academy of Wood Science, 8 (2): 97-99.
- Sotolongo Sospedra, R.; Geada López, G. y Cobas López, M. (2010). *Fomento Forestal*. La Habana. Cuba. Félix Varela. 287 pp.
- Srivastava, P.B.L. (1993). Silvicultural practices. pp. 113-148. En: Awang, K. y D. Taylor (Eds.). *Acacia mangium: growing and utilization*. Winrock International and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Tailandia.
- Tacha, F. A. y Moreno, J. A. (2016). Plan de manejo y aprovechamiento forestal de *Acacia mangium* Willd en la finca el delirio, puerto lleras meta. Periodo 2014 – 2030 Tesis de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia. 77 pp
- Tsukamoto y Sabang, (2005). Soil macro-fauna in an *Acacia mangium* plantation in comparison to that in a primary mixed dipterocarp forest in the lowlands of Sarawak Malaysia *Pedobiol.*49, 69-80. Doi 10, 1016/j pedobi 2004, 08.007
- Martínez y Delgado, (2007). Australian Acacias in Developing Countries: Proceedings of an International workshop held at the Forestry Training Centre, Gympie, Queensland, Australia, 4-7 August. ACIAR Proceedings N°16: 316 p.
- Udarbe, M. P.; Hepburn, A. J. (1987).Development of *Acacia mangium* as a plantation species in Sabah.In: Australian Acacias in Developing Countries international workshop.
- Unidad de Planeación Rural Agropecuaria (UPRA). (2015). Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales: Colombia. Memoria Técnica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, Colombia.
- Useche, A. (2013). Yopo (*Anadenanthera peregrina*), Acacia (*Acacia mangium* Wild) y Melina (*Melina arborea*), Tres especies arbóreas propicias para los sistemas

## Referencias Bibliográficas

silvopastoriles en el piedemonte llanero. Tesis de Grado. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD), Bogotá, Colombia. 64 p.

Weinland y Zuhaidi, (1991). . Management of Acacia mangium stands: tending issues. pp. 40-52. En: Appanah, S., F.S.P. Ng y R. Ismail (eds.). Malaysian Forestry and forest products research proceedings. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.

**ANEXOS****Anexo 1. Comportamiento de las variables climatológicas en las áreas de estudio.**

Meses	Temp. Máxima Media	Temp. Mínima Media	Temp. Media	Lluvia	Humedad Relativa Máxima Media	Humedad Relativa Mínima Media	Humedad Relativa Media
Ene	27,4	16,6	21,4	28,3	96	48	77
Feb	28,6	17	22,1	44,8	96	44	74
Mar	29,5	17,8	23	48,8	95	42	72
Abr	31	19	24,3	56,4	95	41	70
May	31,5	20,9	25,4	239	96	48	76
Jun	31,7	22,3	26,3	246,7	98	56	81
Jul	32,5	22,4	26,6	173,7	97	53	80
Ago	32,4	22,5	26,5	212,7	98	55	82
Sep	31,6	22,3	25,9	232,1	98	59	85
Oct	30,3	21,5	25,1	165,1	97	60	84
Nov	28,7	19,6	23,5	55,1	97	57	82
Dic	27,6	17,9	22,1	32,8	97	53	79
Anual	30,2	20	24,3	129,5	97	51	79

Fuente: Estación meteorológica de Sancti Spíritus

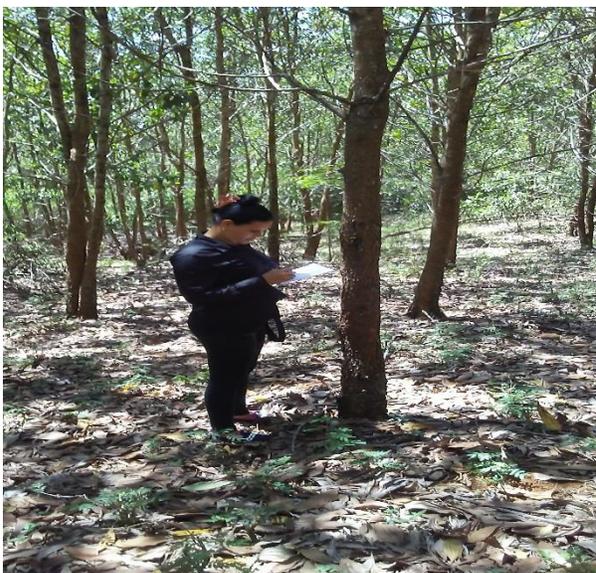
**Anexo 2. Vista de las plantaciones objeto de estudio de *A. mangium***



**Capitolio**



**Nazareno**



**El Modelo**