

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**COMPORTAMIENTO DE LA CAOBA (*Swietenia
macrophylla King.*) EN UNA PLANTACIÓN A CAMPO
ABIERTO Y BAJO SOMBRA EN TINGO MARÍA**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES**

Presentado por:

HENRY HUMBERTO SOLORZANO LÓPEZ

2013



T
FOR
Solórzano López, Henry Humberto

Comportamiento de la Caoba (*Swietenia macrophylla King.*) En una plantación a Campo abierto y bajo sombra en Tingo María

55 páginas; 07 cuadros; 07 fgrs.; 43 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables - 2013

1. PLANTACION

2. CAOBA

3. PODA

4. SOMBRA

5. MANTENIMIENTO

6. EVALUACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de noviembre del 2013, a horas 2:00 p.m. en la Sala de Conferencias del Paraninfo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“COMPORTAMIENTO DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN UNA PLANTACIÓN A CAMPO ABIERTO Y BAJO SOMBRA EN TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **HENRY HUMBERTO SOLORZANO LÓPEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 06 de marzo del 2014.

Ing. M.Sc. **LUCIO MANRIQUE DE LARA**
PRESIDENTE

Ing. **EDILBERTO DÍAZ QUINTANA**
VOCAL

M.Sc. **CASIANO AGUIERRE ESCALANTE**
VOCAL

Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por ser uno de mis pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones y me inculcaron sabios consejos.

A mi mamita Esperanza, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y estar siempre dispuesta a escucharme y ayudarme.

A Jakeline, porque te amo infinitamente hermanita.

A mis compañeros, en especial a Tony porque gracias a él pude concretar la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Agradezco a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, por demostrarme ser una madre ejemplar y enseñarme con sus sabios consejos a no desfallecer ni rendirme ante nada y ser siempre perseverante.

A mi padre, que supo inculcarme todos los valores durante mi vida, dándome también esas fuerzas y esos consejos para lograr mis objetivos.

A mis amigas y amigos, por demostrarme que podemos ser grandes amigos y compañeros de trabajo a la vez.

Al Ing. Raúl Araujo Torres, asesor de la tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todas las personas que participaron directa e indirectamente en la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1. Plantación forestal | 4 |
| 2.1.1. Clasificación de las plantaciones forestales..... | 5 |
| 2.1.2. Factores a evaluar en una plantación..... | 8 |
| 2.2. Uso y manejo de la sombra en plantaciones..... | 10 |
| 2.2.1. Principales interacciones de la sombra y la plantación forestal o cultivo..... | 11 |
| 2.2.2. Características de un árbol para sombra | 12 |
| 2.2.3. Tipos y especies de sombra | 12 |
| 2.2.4. Poda de la sombra..... | 13 |
| 2.3. Plantación forestal de <i>Swietenia macrophylla</i> King. | 14 |
| 2.3.1. Tipos de plantaciones de <i>Swietenia macrophylla</i> King..... | 15 |
| 2.3.2. Siembra directa de <i>Swietenia macrophylla</i> King..... | 17 |
| 2.3.3. Manejo silvícola | 17 |
| 2.3.4. Mantenimiento de las plantaciones..... | 18 |
| 2.3.5. Rendimiento maderero | 18 |
| 2.4. La caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King.)..... | 18 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.4.1. | Clasificación taxonómica | 19 |
| 2.4.2. | Clasificación ecológica..... | 20 |
| 2.4.3. | Condiciones ambientales para el desarrollo de la caoba..... | 21 |
| 2.4.4. | Distribución geográfica | 21 |
| 2.4.5. | Descripción dendrológica..... | 23 |
| 2.4.6. | Plagas..... | 24 |
| 2.4.7. | Importancia de la especie | 27 |
| 2.4.8. | Usos..... | 27 |
| 2.5. | Antecedentes de estudios | 27 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS | 35 |
| 3.1. | Lugar de ejecución | 35 |
| 3.1.1. | Clima..... | 36 |
| 3.1.2. | Zona de vida..... | 36 |
| 3.1.3. | Características de la parcela experimental | 36 |
| 3.2. | Materiales y equipos..... | 37 |
| 3.2.1. | Material genético..... | 37 |
| 3.2.2. | Materiales, herramientas y equipos | 37 |
| 3.3. | Metodología..... | 38 |
| 3.3.1. | Establecimiento de la plantación..... | 38 |
| 3.3.2. | Mantenimiento de la plantación | 40 |

| | |
|---|----|
| 3.3.3. Evaluación de la plantación | 41 |
| 3.4. Análisis estadístico | 41 |
| 3.5. Variables de medición | 42 |
| 3.5.1. Variables dependientes | 42 |
| 3.5.2. Variables independientes..... | 43 |
| IV. RESULTADOS..... | 44 |
| 4.1. Comparación de variables dasométricas y estado fitosanitario en <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra | 44 |
| 4.1.1. Altura total..... | 44 |
| 4.1.2. Diámetro de copa..... | 46 |
| 4.1.3. Diámetro del fuste..... | 47 |
| 4.2. Estado fitosanitario de <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra | 49 |
| V. DISCUSIÓN | 51 |
| VI. CONCLUSIONES | 56 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 57 |
| VIII. ABSTRACT..... | 58 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 59 |
| ANEXO | 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| 1. Distribución natural de caoba en Sur América. | 22 |
| 2. Mapa de ubicación de la parcela experimental. | 35 |
| 3. Croquis de la distribución de <i>S. macrophylla</i> King. | 39 |
| 4. Diagrama de caja para la variable diámetro de copa en plantas de <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra..... | 45 |
| 5. Diagrama de caja para la variable diámetro de copa en plantas de <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra..... | 47 |
| 6. Diagrama de caja para la variable diámetro del fuste en plantas de <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra..... | 49 |
| 7. Grado de infestación por plagas en plantas de <i>S. macrophylla</i> King. establecidas a campo abierto y bajo sombra. | 50 |
| 8. Plantación de <i>S. macrophylla</i> King. bajo sombra. | 76 |
| 9. Plantación de <i>S. macrophylla</i> King. a campo abierto. | 76 |
| 10. Luxímetro en la plantación en libre..... | 77 |
| 11. Luxímetro en la plantación con sombra..... | 77 |

RESUMEN

La investigación se realizó en el predio de un agricultor, ubicado políticamente en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado y región Huánuco; el objetivo fue comparar la variable altura total, diámetro del fuste, diámetro de copa y la sanidad en plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) establecidas a campo abierto y bajo sombra. En la plantación a campo abierto, se estableció los plantones de *S. macrophylla* King., el área presentaba una iluminación promedio de 2307.25 lux, mientras que la plantación bajo sombra presentaba individuos de *Guazuma crinita* C. Mart., donde la iluminación dentro de la parcela alcanzaba 724.75 lux; se las plantas al inicio y final de la investigación, periodo de tiempo transcurrido en 6 meses. Como resultado se ha encontrado diferencias en *S. macrophylla* establecidos a campo abierto en comparación a la plantación bajo sombra para las variables evaluadas como: altura total, diámetro de copa, diámetro de fuste y el ataque de *Hypsiphylia grandella* Zeller. Con respecto a altura total alcanzó un crecimiento de 214.6 cm en la plantación a campo abierto y 111.8 cm en la plantación bajo sombra, diámetro de copa (145.1 cm y 89.5 cm), diámetro de fuste (3.3 cm y 1.5 cm) y el ataque de *Hypsiphylia grandella* Zeller (81.25% y 21.33%) respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

En el bosque tropical en general, la luz es uno de los factores que más afecta la supervivencia y crecimiento de las plántulas (también llamadas regeneración natural); sin embargo, los niveles de luz en el sotobosque donde se encuentran las plántulas son muy bajos, variando entre 0.5 – 30% de luz abierta, la mayoría de las veces los niveles de luz se encuentran alrededor del 2% (ZAGT, 1997). Sólo en los claros del bosque los niveles de luz pueden llegar a 10% – 30% de luz (VAN DER MEER, 1998), permitiendo un considerable incremento en el crecimiento de los estadios jóvenes. En cambio en los claros se cierran o cubren en pocos meses, entre 42 – 64 meses (FRAVER *et al.*, 1998) retornando a niveles de luz similares a los del bosque circundante.

Los factores climáticos más importantes para el crecimiento de las plantas son la luz y la temperatura (FAIRBAIRN y NEUSTEIN, 1970; ROE *et al.*, 1970 DANIEL *et al.*, 1983). Diversos estudios han demostrado que existe un rango de intensidad de luz en el cual prospera y crece mejor una determinada especie, dando como resultado diferentes comportamientos en el patrón de crecimiento de las especies en su etapa juvenil y adulta. Por regla general, la mayoría de las plántulas de las especies forestales alcanzan su máximo crecimiento en altura bajo intensidades de luz menores al 100% de la

luz solar directa; diversos experimentos realizados en vivero y laboratorio fundamentan este fenómeno.

Los proyectos de reforestación en el ámbito de Tingo María, consideran a la *Swietenia macrophylla* King. como una especie de importancia económica, dado que su madera está más cotizada a nivel mundial, siendo considerada la mejor madera amazónica. Debido a su alta demanda, prácticamente no quedan árboles que se puedan aprovechar, motivo por el cual la gran escasez han sido muchos los esfuerzos por crear plantaciones puras con esta especie (MOLINA, 2009); sin embargo, aún se sigue teniendo limitantes en cómo establecer esta especie y de qué manera se comporta asociado a otras especies que le brindan sombra y en plantaciones a campo abierto, debido a la influencia particular de la iluminación sobre el crecimiento de los mismos.

Ante la problemática mencionada la presente investigación tiene por finalidad brindar alternativas sobre las condiciones de iluminación del lugar donde se pretende establecer esta especie para favorecer su rápido crecimiento y desarrollo.

Determinar el mejor comportamiento de esta especie fortalece en la toma de decisiones para los silvicultores al momento de su establecimiento en condiciones de Tingo María. Además, la hipótesis trata de demostrar la diferencia que existe en el comportamiento de las plantas establecidas en campo abierto y bajo sombra.

Los objetivos planteados fueron las siguientes:

- Comparar la variable altura total, diámetro de fuste y diámetro de copa en plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) establecidas a campo abierto y bajo sombra.
- Determinar el estado fitosanitario en las plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) establecidas a campo abierto y bajo sombra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Plantación forestal

Según METRO (1975), una plantación forestal se define como la acción de plantar árboles con el objetivo de crear un bosque; también como la acción de crear un bosque a partir de la siembra de plántulas; o el conjunto de un terreno y los árboles que crecen después de haber sido plantado.

Una plantación forestal es un tipo de bosque especial. En comparación con muchos bosques naturales, en particular los tropicales, la plantación forestal es simple y uniforme en cuanto a su estructura, la composición de especies y en su capacidad para aprovechar la energía solar y el reciclaje del agua y de los nutrimentos. En estas condiciones, el ser humano puede controlar la genética, el crecimiento, la fertilidad, las relaciones hídricas y en general, el desarrollo de los árboles (RICHTER y CALVO, 1995).

La FAO (2002) sostiene que las plantaciones forestales se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o nativa que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10% de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m. En síntesis, el término

plantación hace referencia a dos aspectos: la acción de plantar o sembrar, y la existencia de un ecosistema establecido a través de la siembra de árboles.

2.1.1. Clasificación de las plantaciones forestales

Existen diferentes criterios para clasificar las plantaciones forestales. Los más comunes son los siguientes: clasificación determinada por el ecosistema en el cual se realizó la plantación, en función de la composición florística de la plantación, determinada por el origen de las especies plantadas, y con base en el destino de la producción. A continuación se presentan las diferentes categorías establecidas (LEÓN y SUÁREZ, 1998):

2.1.1.1. Con base en el ecosistema utilizado

– Plantación en pleno

La plantación en pleno es el sistema de reforestación más utilizado a nivel mundial. Se trata de la siembra de árboles en un sitio que carece de cobertura vegetal y arbustiva. Los individuos de las especies plantadas se convierten en la especie dominante.

– Plantación agroforestal

Plantación cuyo objetivo principal es la producción forestal, e incorpora a la plantación un cultivo agrícola o pecuario. Posee la ventaja que durante el turno de cosecha de los árboles, el propietario puede percibir ingresos de la cosecha de los productos agropecuarios y además las

actividades culturales del cultivo contribuyen al mejor crecimiento de los árboles plantados.

– **Plantación de enriquecimiento**

La plantación de enriquecimiento se puede realizar en brechas, en parcelas o en claros. Se denomina enriquecimiento porque la plantación realiza con el objeto de recuperar el valor comercial de los bosques naturales (sobre todo tropicales) que han sido objeto de extracciones sucesivas de los árboles de especies de valor comercial.

Estas plantaciones se realizan dentro del bosque creando o buscando áreas desprovistas de árboles. Existe el enriquecimiento en brechas el cual se realiza posterior a realización de brechas de diferente ancho dentro del bosque. Para el caso del enriquecimiento realizado en parcelas es un tipo de plantación que también puede ser considerada como una plantación en pleno.

– **Plantación de enriquecimiento con manejo de la regeneración natural**

El enriquecimiento con manejo de la regeneración, además de incorporar individuos a través de la plantación también pretende favorecer el crecimiento de los individuos del bosque que poseen valor comercial. El manejo de la regeneración natural se realiza fundamentalmente a través de la liberación de la competencia para las especies comerciales.

2.1.1.2. Con base a la composición de especies

– Plantación pura o monoespecífica

Las plantaciones puras o monoespecíficas son las que se realizan con una sola especie. Es el sistema de plantaciones de mayor frecuencia a nivel nacional. Este método obedece al traslado tecnológico de la silvicultura clásica, originaria de Europa (FAO, 2002).

– Plantación mixta

Las plantaciones mixtas, incluyen dos o más especies combinadas en un mismo espacio geográfico, con el objeto de proveer diferentes productos forestales e ingresos escalonados en el tiempo. Esto le permite al propietario poseer retribuciones más o menos continuas, hasta la cosecha final de la especie con el turno más largo.

2.1.1.3. Con base al origen de las especies

– Plantación nativa

Son las plantaciones que utilizan especies nativas, es decir pertenecen al sistema natural donde se establecen.

– Plantación exótica

Son las plantaciones realizadas con especies exóticas, las cuales no pertenecen al sistema natural en el cual se establecen.

- **Plantación combinada**

Son plantaciones que utilizan en el mismo espacio geográfico especies nativas y exóticas.

2.1.1.4. Clasificación con base en el destino de la producción

- **Plantación industrial**

Son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a abastecer la industria.

- **Plantación energética**

Son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a ser utilizados como combustibles.

- **Plantación de uso múltiple**

Son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a satisfacer múltiples propósitos.

2.1.2. Factores a evaluar en una plantación

Las variables evaluadas consideradas por MURILLO y CAMACHO (1997), son las siguientes:

2.1.2.1. Crecimiento de la planta

La altura total es una variable cuya utilidad se orienta a evaluar dos aspectos primordiales: La calidad del crecimiento o incremento en altura a una edad determinada, y la altura al momento de la plantación en proporción con el tamaño de las raíces.

El conocer la altura inicial al momento de la plantación sí podría tener importancia según sea el sistema de producción que se haya utilizado en el vivero.

Con el sistema de bolsa, por ejemplo, no se debería establecer plántones cuya sección aérea (fuste) supere los 30 cm (según sea el tamaño de bolsa), ya que sus raíces muy probablemente estén ya sufriendo enrollamiento dentro de la bolsa.

2.1.2.2. Estado fitosanitario

Se registra la presencia de cualquier problema fitosanitario, como exudados, perforaciones, marchitamientos severos, herrumbres o cualquier otra manifestación.

Existen tres categorías para ver la incidencia y severidad del problema fitosanitario:

1 = Sano: plánton sin evidencia de problemas, y con buena nutrición aparente.

2 = Aceptablemente sano: plantón con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de 50% del follaje, que no le haya provocado heridas severas o se encuentre bajo una alta probabilidad de muerte.

3 = Enfermo: son aquellos plantones con características de sanidad que afectan el desarrollo normal del mismo. Por ejemplo pérdida del eje dominante; pérdida del follaje u otros daños visibles en más de 50% del plantón; caída de ramas, chancros o pudriciones en el fuste, herrumbres, etc.

2.1.2.3. Inclinación

Es el ángulo que tiene el plantón con respecto a un eje vertical imaginario y no debe superar los 30° y debe tomarse todo el eje completo de la planta y no sólo el ápice o sección terminal. Árboles inclinados producirán mayor cantidad de madera de reacción en la primera troza (madera con tensiones de crecimiento), que significará pérdidas considerables en las etapas de aserrío y secado de la madera (MURILLO *et al.*, 1992).

1 = Recto: Con ángulo de inclinación igual o anterior a 30°.

2 = Inclinado: Con ángulo de inclinación vertical superior a 30°.

2.2. Uso y manejo de la sombra en plantaciones

Se ha demostrado que el uso de los árboles de sombra podrían incrementar la sostenibilidad del sistema al mejorar el reciclaje de nutrientes,

al aumentar el contenido de materia orgánica tanto dentro como sobre el suelo, al disminuir la erosión hídrica y escorrentía con la presencia del *mulch*, al producir tasas respiratorias estables con la regulación de la temperatura del aire, la humedad relativa, entre otros efectos benéficos (ORDÓÑEZ y HERNÁN, s/d).

2.2.1. Principales interacciones de la sombra y la plantación forestal o cultivo

ORDÓÑEZ y HERNÁN (s/d) mencionan los siguientes procesos como las principales interacciones:

- Existe un mejor aprovechamiento de la luz solar y del espacio vertical.
- Se reduce la incidencia de la maleza debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo; desarrollo de *mulch* producto de la caída natural de hojas y de la poda.
- Cambios en el microclima de la plantación forestal o cultivo. La sombra regula la temperatura del aire, provocando durante la noche temperaturas superiores a las de las zonas sin sombra, sucediendo lo contrario durante el día.
- Se reduce la erosión de los suelos, la escorrentía y se aumenta la infiltración del agua.
- Se requiere menor cantidad de fertilizantes, menos deshijes, menos podas, menos resiembras y menor control de algunas plagas y enfermedades. El reciclaje de nutrientes permite ponerlos a disposición del cultivo o

plantación forestal tanto en profundidades fuera de su alcance como a nivel superficial para evitar su lixiviación.

- Se mejora la disponibilidad de agua en el suelo.
- Abrigo y alimento de la fauna silvestre

2.2.2. Características de un árbol para sombra

FOURNIER (1995) señala que la especie de sombra deben tener:

- Crecimiento rápido y buen fuste
- Que mantenga el follaje durante la estación seca.
- No tenga un follaje denso durante la estación lluviosa.
- Que no compita mucho con las otras especies.
- Que su mantillo no altere marcadamente la reacción del suelo.
- Que sea fácil de podar.
- Que no tenga una copa muy ancha.
- Que produzca madera que tenga un buen mercado.

2.2.3. Tipos y especies de sombra

2.2.3.1. Sombra temporal

La definición de las especies como temporales o permanentes depende de la región cafetalera, la posición geográfica, el régimen

pluviométrico y los aspectos socioeconómicos del productor. Las especies más utilizadas como sombra temporal son las pertenecientes a las Musáceas, Leguminosas, entre otras.

Es muy conveniente que al realizar el corte de hojas y ramas en la poda, éstos sean colocados transversalmente a la pendiente del terreno para disminuir la erosión del suelo. Esta materia orgánica también aminora la incidencia de malezas, preserva la humedad y estimula la descomposición de los residuos y, por tanto el reciclaje de nutrientes, principalmente potasio (ORDÓÑEZ y HERNÁN, s/d).

2.2.3.2. Sombra permanente

Se considera como sombra permanente aquellas especies de árboles que conviven con el cultivo/plantación por mucho tiempo y, dependiendo de esta duración, se emplean diversas especies para estos propósitos, lo cual está en relación a los sistemas de cultivo que se utilicen. Es conveniente sembrar primero la sombra y luego el cultivo o plantación forestal (ORDÓÑEZ y HERNÁN, s/d).

2.2.4. Poda de la sombra

En los primeros años, debe realizarse una poda a los árboles, para formar un solo tronco de 2 m a 4 m y a partir de allí, la copa necesaria. Se deben escoger las ramas que estén a una altura conveniente, una a la par de la otra, alrededor del árbol, eliminando con la poda las que se encuentren sobre o debajo de ésta, o sea, evitar tener sombra sobre sombra (BASAGOITÍA, 1983).

2.3. Plantación forestal de *Swietenia macrophylla* King.

La experiencia ha demostrado, en muchos casos, que el establecimiento de una plantación monoespecífica lleva a un desequilibrio ecológico, que favorece el desarrollo de especies plaga (MUÑÍZ – VÉLEZ, 1983).

En América tropical, el establecimiento de plantaciones de caoba puede ser afectado severamente por *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptera: Pyralidae), considerada la principal plaga de las meliáceas americanas (BECKER, 1976).

El daño es causado por las larvas al barrenar el meristemo principal de plantas jóvenes, las cuales son obligadas a emitir brotes laterales, con la consecuente deformación del fuste.

Cuando los ataques son continuos, las plantas pueden morir o resultar tan deformadas que sus posibilidades de crecimiento para alcanzar la talla de árboles maderables son mínimas (DOUROJEANNI, 1963; GARA *et al.*, 1976). Aunque en general son dos o tres las larvas que atacan al mismo tiempo una planta, en la cual completan su ciclo (DOUROJEANNI, 1963), el umbral de tolerancia es menor, ya que con una larva por árbol el daño resulta severo (HILJE y CORNELIUS, 2001).

Debido a que la larva penetra rápidamente en el brote, después de emerger del huevo, su control por medio de insecticidas convencionales resulta

difícil (DOUROJEANNI, 1963; ALLAN *et al.*, 1976), por lo que gran parte de las investigaciones para el manejo de *H. grandella* en América tropical se han enfocado hacia métodos ecológicos, en el contexto de un manejo integrado.

El establecimiento de plantaciones de caoba bajo un dosel protector constituye una medida prometedora para reducir los ataques de esta plaga (DOUROJEANNI, 1976; BARROSA, 1988; YAMAZAKI *et al.*, 1990).

2.3.1. Tipos de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King.

2.3.1.1. Plantación de *Swietenia macrophylla* King. en plantación pura

GONZÁLEZ (1973) menciona que la caoba no debería establecerse en plantaciones puras, sino en combinación con otras especies de crecimiento más rápido con el objetivo de evitar el ataque del barrenador de yemas (*Hypsipyla grandella*) y dar sombra a las plantitas jóvenes ya que la necesitan en la primera etapa de su crecimiento.

El barrenador de yemas (*Hypsipyla grandella*) es una plaga que ataca la yema apical de la planta, ocasionando su muerte. Para sobrevivir la planta desarrolla una nueva yema apical.

Debido a este ataque inicial y otros posteriores no se desarrolla un fuste recto. No obstante, el barrenador solo vuela hasta alturas de 2 a 2.5 m, por lo tanto es una plaga que afecta en los 2 a 3 primeros años.

En cuanto a espaciamiento se recomienda sembrar las plantitas de caoba cada 5 ó 6 plantas de la especie principal (en las dos direcciones).

Se pueden establecer plantaciones puras de caoba (con espaciamiento entre 2 – 3 m) si hay un mercado local para los árboles delgados que se extraen como producto de los raleos (UNALM – ITTO, 2008).

2.3.1.2. Plantación de *Swietenia macrophylla* King. en sistemas agroforestales

La caoba ha sido exitosamente plantada en sistemas agroforestales, por lo general asociado con maíz o plátano. Las plantas de caoba crecerán muy rápidamente en tales condiciones. El uso de sistemas agroforestales de largo plazo puede ser posible si la caoba es plantada a bajas densidades o si se usan cultivos perennes tolerantes a la sombra, tales como el café y cacao (UNALM – ITTO, 2008).

2.3.1.3. Plantación de *Swietenia macrophylla* King. en fajas de enriquecimiento

Las fajas de enriquecimiento son adecuadas para convertir un bosque sobreexplotado o bosque secundario en una plantación de caoba. Si se considera que los árboles de caoba van a crecer vigorosamente, los árboles residuales deben ser removidos, dejando solamente la vegetación inferior o sotobosque entre las líneas de árboles (UNALM – ITTO, 2008). El envenenamiento mediante anillos ha sido el método más eficiente para lograr

este fin. Puede llevar uno o más años lograr este efecto empleando algunos herbicidas como el Glifosato. Los impactos ambientales de todos los herbicidas deben ser objeto de cuidadosas consideraciones (HOLDRIDGE, 1973).

2.3.2. Siembra directa de *Swietenia macrophylla* King.

GONZÁLEZ (1973) menciona que la siembra directa es un método efectivo de establecer plantaciones de caoba. Dos o tres semillas deben ser sembradas por agujero a una profundidad de alrededor de 2 cm al final de la estación seca.

La técnica citada es recomendada en sitios bien drenados, donde las semillas son menos susceptibles a la pudrición antes de la germinación.

2.3.3. Manejo silvícola

La caoba se ha establecido como plantación artificial en muchos países tropicales, pero quizá en mayor éxito en Trinidad, Puerto Rico y Surinam.

El crecimiento es relativamente lento en los primeros años y se aconseja una distancia de 3 m x 3 m. Se ha descrito a la caoba, como especie utilizable bajo el sistema Taungya (Rosero, 1973; citado por JIMÉNEZ *et al.*, 2006).

Swietenia Macrophylla es especialmente adecuada para plantaciones de enriquecimiento en franjas (LAMPRECHT, 1990).

2.3.4. Mantenimiento de las plantaciones

En sitios abiertos, 2 ó 3 deshierbos por año durante los 3 primeros años puede ser suficiente para las plántulas de caoba. En bosques aprovechados, las lianas son un problema frecuente y los deshierbos pueden llegar a ser entre 4 – 12 por año durante el primer año, con una reducción gradual hasta el primer año (HOLDRIDGE, 1973).

2.3.5. Rendimiento maderero

Si la plantación es adecuadamente manejada y mantenida, el máximo incremento medio anual para plantaciones densas varía entre 10 – 25 m³ por hectárea por año, dependiendo de la calidad de sitio. Las fajas de enriquecimiento de baja densidad puede llegar a tener un incremento medio anual de 4 – 8 m³/ha/año (Rosero, 1973; citado por JIMÉNEZ *et al.*, 2006).

2.4. La caoba (*Swietenia macrophylla* King.)

Hay tres especies de *Swietenia*, *S. Mahagoni* Jacq., *S. Humilis* Zucc. y *S. macrophylla* King (JIMÉNEZ *et al.*, 1996) solamente *S. macrophylla* King. es comercialmente importante para la producción de madera.

A las *Swietenia* se les llama caobas en América Central, Las Antillas y en el norte de Sur América; en inglés se conoce como “mahogany”, el cual es también el nombre comercial, en Bolivia se conoce como Mara (JIMÉNEZ *et al.*, 1996).

En el oriente de Ecuador se conoce como “ahuano” (Revelo, 1998; citado por JIMÉNEZ *et al.*, 2006).

2.4.1. Clasificación taxonómica

La familia Meliaceae se encuentra distribuida en América, África y Asia e incluye cerca de 50 géneros y 1 000 especies. En los neotrópicos se han descrito ocho géneros: *Cabrlea*, *Carapa*, *Cedrela*, *Guarea*, *Ruegea*, *Schmardea*, *Swietenia* y *Trichilia*, siendo *Swietenia* y *Cedrela* los géneros más importantes desde el punto de vista forestal (NAVARRO, 1999).

Según HOLDRIDGE *et al.* (1997) presenta la siguiente clasificación:

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| Reino | : Plantae |
| División | : Magnoliophyta |
| Clase | : Magnoliopsida |
| Orden | : Sapindales |
| Familia | : Meliaceae |
| Género | : <i>Swietenia</i> |
| Especie | : <i>macrophylla</i> |
| Nombre científico | : <i>Swietenia macrophylla</i> King. |
| Nombres comunes | : caoba |
| Sinónimos botánicos | : <i>Swietenia tessmannii</i> Harms |

2.4.2. Clasificación ecológica

En el Perú, la caoba se encuentra distribuida en las zonas de vida bosque seco Tropical (bs – T) y bosque húmedo Tropical (bh – T), así como en las formaciones correspondientes de la franja Subtropical (bs – S y bh – S) y en las zonas transicionales entre ellas (Barrena y Vargas, 2004; citados por UNALM – ITTO, 2008).

La especie tiene tendencia heliófita, se le encuentra en bosques disturbados y perduran hasta la condición primaria, usualmente en suelos ligeros, francos a arenosos, de buena fertilidad. Se presenta en suelos bien drenados con pedregosidad baja o nula (IIAP, 2009).

La distribución generalmente corresponde a los bosques clasificados como "tropical seco", con temperatura anual promedio de igual o superior a 24 °C, con precipitaciones anuales que van desde los 1 000 mm/año hasta los 2 000 mm/año y con un coeficiente de evapotranspiración de 1,0 - 2,0 (HOLDRIDGE, 1967).

También crece en zonas húmedas y subtropicales, en altitudes que van desde el nivel del mar en América Central hasta 1 400 m en las estribaciones andinas de Ecuador, Perú y Bolivia, en una amplia variedad de tipos de suelos, derivados de aluviales, volcánicas, metamórficas, calcárea y materiales y las condiciones del suelo: profundo, superficial, ácidos, alcalinos y bien drenados (SNOOK, 1993).

2.4.3. Condiciones ambientales para el desarrollo de la caoba

SEMILLERO (2000) hace referencia que en México las condiciones ambientales que requiere la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) para lograr un normal desarrollo es el siguiente:

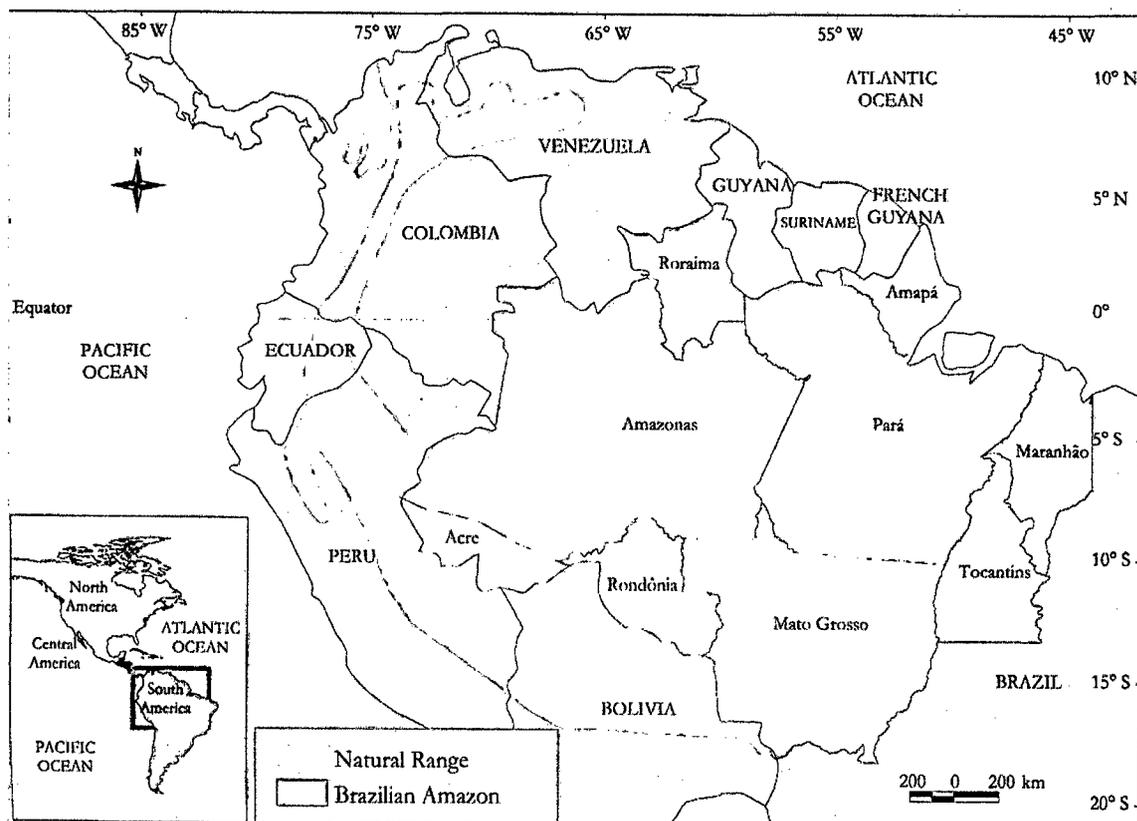
| | |
|----------------------|--|
| Altitud | : De 1500 m.s.n.m |
| Temperatura | : Mínimo de 11°C a Máximo de 32°C, promedio anual de 25°C. |
| Precipitación | : de 1250 a 4000mm/año. |
| Profundidad efectiva | : Requiere suelos profundos. |
| Drenaje del suelo | : Requiere de buen drenaje. |
| Textura del suelo | : Requiere suelos franco arcillosos o franco arenoso |
| Acidez del suelo | : Soporta suelos ligeramente alcalinos con tendencia hacia la neutralidad. |
| Otros | : Es exigente en luz, tolera la sombra en su etapa juvenil. |

2.4.4. Distribución geográfica

El área de distribución natural de la caoba se extiende desde México, a los 23° N siguiendo la franja costera del Atlántico hacia América del Sur, en donde continúa en un amplio arco desde Venezuela, a través de las regiones amazónicas de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, hasta los 18° S (PENNINGTON, 1981). La caoba es originaria de las regiones cálido –

húmedas de América tropical. Se encuentra distribuida en México, Centro América, Panamá, Venezuela, Colombia, Brasil, Ecuador y Perú, generalmente por debajo de los 1200 msnm. Se le puede encontrar en ámbitos de pluviosidad elevada y constante y no tolera las sequías prolongadas (Grogan y Galvão, 2006; citados por IIAP, 2009).

El rango de distribución natural de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú comprende el ámbito de nueve regiones del país, estas son de norte a sur son las siguientes: Loreto, Amazonas, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Cuzco, Madre de Dios y Puno (Trigoso *et al.*, 2002; citados por UNALM – ITTO, 2008).



Fuente: LAMB (1966).

Figura 1. Distribución natural de caoba en Sur América.

Es una especie heliófita (JIMÉNEZ, 1995), aunque en los primeros años requiere sombra ligera. Para su normal desarrollo la sombra debe suprimirse pasado 1 a 2 años y la espesura aclarada de tal manera que se deje a los árboles en completa exposición al sol.

2.4.5. Descripción dendrológica

La especie alcanza alturas hasta de 45 metros. Su fuste es recto y cilíndrico (ocasionalmente con ramaje grueso y bifurcado) con pequeños aletones en la base y de 80 a 160 cm de diámetro arriba de los contrafuertes, en ocasiones de 200 cm o más. Corteza externa color marrón grisáceo y fisurada superficialmente (Gullison *et al.*, 1996; citado por IIAP, 2009).

Las hojas son alternas y pinnaticompuestas, sus flores pequeñas, de color amarillo verdoso, dispuestas en panículas axilares y su fruto es una cápsula leñosa, dehiscente, que contiene numerosas semillas aladas. Generalmente el árbol crece aislado o en pequeños grupos de entre 4 y 8 por hectárea (IIAP, 2009). Es una especie monoica, con flores masculinas que se abren después de las femeninas, para fomentar la polinización cruzada (el sistema de apareamiento de la especie es eminentemente exógamo) (Pennington, 2002; Loveless y Gullison, 2003; citados por IIAP, 2009).

A pesar de la importancia económica de la especie, sus agentes polinizadores siguen desconocidos: las flores están visitadas por un conjunto de pequeños insectos, incluyendo abejas nocturnas y polillas, pero se desconoce todavía el efecto real de estas visitas sobre la polinización

(Pennington, 2002; Cornelius *et al.*, 2004; citados por IIAP, 2009). Mientras se desconocen las razones del apareamiento exógamo (autoincompatibilidad genética, aborto, selección negativa de cigotos autofecundados, dicogamia) (Cornelius *et al.*, 2004; citado por IIAP, 2009), tampoco se puede prever exactamente las consecuencias del mayor aislamiento de las parejas reproductivas.

El número de parejas reproductivas potenciales dependerá del grado de sincronía floral entre árboles y la capacidad de la comunidad polinizadora de localizar árboles en flor y transportar el polen en distancias marcadamente más grandes que las normales (IIAP, 2009).

Si se obliga a la población de la especie a mayor autofecundación (endogamia) para tratar de sobrevivir, es muy probable que sufrirá consecuencias demográficas negativas, tales como una menor producción de frutos, una baja germinabilidad y progenies poco vigorosas. El viento dispersa gradualmente las semillas de la caoba, pegadas a la columela del fruto en la copa del árbol (Nason, 2002; citado por IIAP, 2009).

2.4.6. Plagas

La regeneración en su etapa brinzal en ocasiones es abundante, pero de estos arbolitos muy pocos llegan a desarrollarse y formar un individuo adulto. En algunas áreas del Parque Nacional de Santa Rosa, la regeneración es frecuente en zonas abiertas cubiertas del pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), donde llegan a formar pequeños parches más o menos homogéneos, con

muchos individuos en edades intermedias y alturas que oscilan entre los 0 – 4.4 m, la mayoría de las cuales son atacados por el barrenador *Hypsipyla grandella*. En Guanacaste se asocia con otros árboles, tales como, cocobolo (*Dalbergia retusa*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), guaitil (*Genipa americana*) y algunos arbustos como yayo (*Rehdera trinervis*) entre otros (JIMÉNEZ, 1995).

2.4.6.1. *Hypsipyla grandella* Zeller

El barrenador de los brotes de la caoba (*Hypsipyla grandella*) (Zeller) es el principal problema que limita el establecimiento de plantaciones comerciales de caoba (*Swietenia* spp.) y cedro (*Cedrella odorata*) en el país. Las hembras de este insecto depositan sus huevos en el follaje nuevo y las larvas, al emerger, barrenan la yema apical y se alimentan del tejido, barrenando el brote.

La muerte de la yema apical induce la proliferación de ramas laterales, las que a su vez pueden ser atacadas también por esta misma plaga. Se ha observado que ataques severos de esta plaga en el vivero y en los primeros dos años en el campo pueden llegar a ocasionar la muerte de las plantas. Sin embargo, en la mayoría de los casos las plantas no mueren, pero la pérdida de la dominancia apical y la producción de ramas laterales impiden la formación de fustes comerciales (FAO, 2007).

Los adultos de la *Hypsipyla grandella* (Zeller) son relativamente pequeños, ya que miden de 23 a 45 mm de envergadura de las alas y son de

color café claro, con tonos color ladrillo en la parte posterior de las alas anteriores. Las alas posteriores son de color blanquecino, traslúcidas con los márgenes oscuros. Estas palomillas son de hábitos nocturnos y se considera que solo viven alrededor de ocho días. (FAO 2007).

Los huevos son depositados por la mañana sobre los brotes nuevos y los frutos. Al emerger, las larvas de primer estadio se alimentan de follaje y después penetran el brote o las cápsulas (frutas) donde completan su desarrollo larval. Las larvas que se alimentan en los brotes hacen un túnel que causa la muerte del brote. El daño es fácilmente detectable, pues en la entrada del túnel se ve una masa de excremento rojizo mezclado con hilos de seda. Cuando la larva está activa esta masa es de color claro y aspecto compacto, mientras que cuando ya no hay actividad esta se observa de color oscuro y de aspecto resquebrajado.

Los intentos de control de esta plaga en plantaciones puras no han sido del todo satisfactorios. En una prueba con diferentes manejos de maleza, el tratamiento sin control de malezas fue el que tuvo menos daño (0.8%), aunque no fue estadísticamente mejor que cuando se limpió 50 cm a ambos lados de la caoba (1.8%). El tratamiento libre de maleza y el asociado con maíz en cultivo limpio tuvieron niveles de daño alto con 5.2% y 14%, respectivamente. La caoba compite muy bien contra las malezas, por lo que la práctica sin control de malezas puede ser adecuada. Por otra parte, con aplicaciones semanales de deltametrina durante la época de producción de brotes, dirigida a las yemas se obtuvo control de la plaga (FAO, 2007).

2.4.7. Importancia de la especie

De acuerdo con JIMÉNEZ (1995), es considerada como una especie amenazada. En la actualidad es escasa, se encuentra protegida en los muchos Parques Nacionales. JIMÉNEZ *et al.* (1996) en un estudio realizado en la región del Choré, Santa Cruz de la Sierra Bolivia, concluye que si la alta intensidad de aprovechamiento que se está dando en esta región por parte de madereros y campesinos no se ve reducida, el agotamiento comercial de esta especie se producirá en pocos años. En 1994 se presentó una propuesta para incluir esta especie dentro del Apéndice 2 de CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora).

2.4.8. Usos

La madera es de excelente calidad; en general se le considera la mejor madera amazónica. Tiene densidad media, grano recto y textura media; es de color rosado a rojizo. Tiene muy alta durabilidad y trabajabilidad, se le aprecia para carpintería y ebanistería fina (JIMÉNEZ *et al.*, 1996).

2.5. Antecedentes de estudios

LINDNER (s/d) estudió la influencia del sol y de la sombra, en condiciones naturales, sobre el crecimiento y desarrollo de trece poblaciones de *Dactylis glomerata* L. Los caracteres más afectados por estos factores son la altura de la planta, longitud de la hoja bandera, la lígula de la misma y la longitud y anchura de la panícula.

En ciertos caracteres no se puede afirmar la influencia de los tratamientos (sol y sombra), debido a la presencia de poblaciones diploides y tetraploides y a la concurrencia de otros factores, tales como temperatura, humedad, etc.

Se estudió también el coeficiente de correlación entre varios caracteres, destacándose la correlación negativa y altamente significativa existente entre la materia seca y el contenido en nitrógeno y entre aquella y la altura de la planta.

RODRÍGUEZ (1999) realizó el trabajo de investigación sobre la asociación de *Swietenia macrophylla* con tres especies de Inga: *Inga oerstediana*, *Inga samanensis*, e *Inga marginata*. Los resultados obtenidos muestran un severo ataque por parte de *Hypsipyla* a la gran mayoría de los árboles de caoba analizados. Se observó que la asociación que dio mejores resultados fue la que incluyó *Inga oerstediana*, seguida del tratamiento con *I. samanensis*. Por lo que el autor recomienda hacer asociaciones posteriores con especies de *Inga* de porte alto, tales como *I. oerstediana*.

Asimismo menciona que el árbol de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) es de gran importancia comercial para la producción de madera y es considerado como una especie amenazada.

Uno de los factores limitantes para su producción es que, al igual que otras especies de Meliáceas está sujeta al ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae).

Algunos autores mencionan el potencial que poseen los árboles del género *Inga* para ser utilizados como árboles barreras asociados con árboles de caoba, para el control del barrenador.

MORENO (2000) evaluó la capacidad en adaptación de plantas jóvenes de 11 especies arbóreas de bosques altoandinos a condiciones contrastantes de iluminación. Para ello se sometieron grupos de 10 plantas por especie a cada uno de 5 tratamientos lumínicos durante 23 semanas: 3%, 10%, 33%, 52% y 100% de la iluminación relativa existente a campo abierto.

En 8 de las 11 especies se estudió la respuesta de la fotosíntesis a la luz. Son ellas *Alnus acuminata* H.B. K. (aliso), *Citharexylum montanum* Moldenke (quimulá), *Meriania nobilis* Triana (amarrabollo), *Myrcia popayanensis* Hieron (arrayán), *Myrica pubescens* Willd. (olivo de cera), *Myrsine coriácea* - (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult. (espadero), *Quercus humboldtii* Bonpland (roble) y *Trema micrantha* (L.) Blume (surrumbo).

En estas mismas especies y en *Cedrela montana* Turczaninow (cedro), *Daphnopsis bogotensis* Meisn. (daphnosis) y *Decussocarpus rospigliossi* (Pilger) de Laub. (chaquiro) se evaluó la biomasa promedio por planta, el crecimiento en altura y se contó el número de plantas sobrevivientes al final del ensayo. Se encontraron diferencias en las respuestas al ambiente lumínico entre las especies estudiadas, tanto en la fotosíntesis como en el crecimiento. Por las tendencias del comportamiento fotosintético, así como por su crecimiento en biomasa y altura, aliso y surrumbo son las especies más heliófitas, pero aliso presenta mayor capacidad fotosintética y tasas de

crecimiento más altas. En el otro extremo, roble y quimulá exhibieron características de especies tolerantes a la sombra. Las demás especies se consideran intermedias entre estos dos grupos.

ROMO (2005) estudió el efecto de la luz en el crecimiento durante los estadios iniciales de *Dipteryx micrantha* Harms, y realizó experimentos de trasplante a lugares con diferentes niveles de luz.

El crecimiento de plántulas trasplantadas luego de un año de edad a claros del bosque, fue mayor que el crecimiento de plántulas trasplantadas a la misma edad a sotobosque y está relacionado con la luz. Luego de tres a cuatro años, los claros se “cerraron” y los niveles de luz en estos regresaron a niveles similares a los del sotobosque.

El análisis de regresión escalonada mostró que en claros, la luz es el factor más determinante en el crecimiento en diámetro y altura de las plántulas, sin que influya en este crecimiento, ni el diámetro inicial de la planta ni el número inicial de hojas.

A niveles más altos de luz, como los individuos en plantaciones mixtas o puras, estos crecen comparativamente mucho más que aquellos que crecen en claros. Se observa que la influencia de la luz en el crecimiento depende del nivel de ésta, así existe una relación entre la luz y el crecimiento a niveles de luz observados en los claros.

Sin embargo no hay relación en niveles de luz tan bajos como en el sotobosque o en ambientes de mucha luz como en las plantaciones puras.

WIGHTMAN (2006) en 1999 produjo más de 5 millones de árboles en 26 viveros del Estado de Quintana Roo en la península de Yucatán, México, de éstos el 90% de los árboles fueron de cedro y caoba. Sin embargo, su supervivencia en el campo definitivo fue baja. En una evaluación de plantaciones durante 6 años señala una supervivencia de solo 16% a 52%. Entre las causas principales se destaca la mala calidad de la planta, el tipo de envases.

El suelo se extrae de la parte más cercana al vivero y de terrenos agrícolas o bosques secundarios. La tierra casi siempre presenta una textura arcillosa, con tendencias a compactación y mal drenaje. Aunque la tierra contiene hongos micorrízicos éstos se mueren cuando se almacena durante mucho tiempo, que con frecuencia sucede. Además, hay que destacar que la tierra común es baja en nutrientes.

DEL CASTILLO Y TAPIA, (2004) en un estudio realizado en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales (E.E.C.T.) Yuto INTA, ubicada en el Departamento Ledesma de la provincia de Jujuy, Argentina, durante los años 2003 y 2004. En un laboratorio, se analizaron muestras de caobas y cedros procedentes de plantaciones comerciales y experimentales ubicadas en las localidades de Anta, provincia de Salta y Yuto, respectivamente. Las muestras consistieron en ramas y brotes apicales dañados, con larvas de aproximadamente 4 cm de longitud. Se colectaron las larvas con parte del material dañado y se acondicionaron en frascos cubiertos con muselina y jaulas para su cría hasta la obtención de los adultos. La incidencia de la plaga se

midió en dos parcelas experimentales ubicadas en la E.E.C.T, una a cielo abierto y otra bajo cubierta. En la primera, se evaluaron plantas de cedro misionero (*Cedrela fissilis*), rosado (*Cedrela saltensis*), australiano (*Toona ciliata* var. *australis*), mexicano (*Cedrela odorata*), caobas (*Swietenia mahagoni*, *S. macrophylla*) e híbridos de las últimas. Todas, implantadas en dobles hileras de 25 plantas cada una, en un marco de 4 x 5 m. En la segunda se revisaron plantas de cedro rosado de un año de edad, colocadas a un marco 2,5 x 4 m de densidad. Las observaciones se realizaron en el mes de diciembre del 2004 y consistieron en el registro del número de plantas con daño de la plaga, sobre el total por cada especie.

La determinación taxonómica confirma la presencia de *Hypsipyla grandella* Zéller (Lepidoptera, Piraulydae) en las muestras procedentes de ambas localidades. Los daños observados tanto en las muestras analizadas en laboratorio, como en las plantas ubicadas en las parcelas experimentales consistieron en ramas jóvenes y brotes terminales perforados y con minas de hasta 20 cm de profundidad desde los ápices. Asimismo pudo apreciarse abundantes secreciones gomosas y excremento del insecto en los órganos dañados, además de perforaciones y deyecciones en la base de ramificaciones laterales nuevas y de hojas jóvenes. En todos los casos los daños se observaron en cedros y caobas, mientras que en las plantas de cedro australiano no se registró ataque del barrenador.

SÁNCHEZ *et al.* (2009), en la región de La Chontalpa, Tabasco, México, se evaluó el efecto de la sombra (0%, 40% y 80 %) en plantas de

caoba (*Swietenia macrophylla* King.) sobre la incidencia del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptera: Pyralidae) y otros insectos. En plantas con 0% de sombra se concentró una mayor proporción de *H. grandella*. Con los tres porcentajes de sombra la incidencia de *Phyllocnistis meliacella* Becker (Lepidóptera: Gracillariidae), *Antaeotricha ribbei* Zeller (Lepidóptera: Stenomidae) y *Clastoptera laenata* Fowler (Hemiptera: Cercopidae) fue similar.

En plantas con 40% y 80% de sombra se presentó solamente *Exophthalmus* sp. (Coleóptera: Curculionidae), incidiendo más en plantas bajo 80% de sombra. Las plantas con 0% y 40% de sombra tendieron a ser atacadas mayormente por *Heliiothrips haemorrhoidalis* Bouché (Thysanoptera: Thripidae). El análisis estadístico reveló diferencias significativas para un 0% de sombra en *H. grandella*, y para un 40% y 80% de sombra tanto en *Exophthalmus* sp. Como en *H. haemorrhoidalis*. Se concluye que la ausencia de sombra para plantas de caoba en etapa juvenil constituye una condición que favorece marcadamente la incidencia de *H. grandella*, y por lo contrario, crea un ambiente que no es propicio especialmente para la incidencia de *Exophthalmus* sp.

MONTAÑEZ – ESCALANTE *et al.* (2009) determinó la influencia de árboles asociados sobre el crecimiento y desarrollo de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) durante la etapa de establecimiento de una plantación en el fondo de una cantera ya explotada en Mérida, Yucatán, México. Se establecieron tres tratamientos para la caoba, en monocultivo, asociada a tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y con achiote (*Bixa*

orellana L.). Los tres tratamientos para el ramón fueron en monocultivo, con huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) y con pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Se determinó los efectos de las asociaciones sobre crecimiento en altura y diámetro de *S. macrophylla* King. y el *B. alicastrum* Sw. En las especies asociadas se determinó la producción de forraje y frutos. Los resultados muestran que no se presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos en el crecimiento en altura y diámetro de *S. macrophylla* King. y *B. alicastrum* Sw.

Asociar al ramón con especies de rápido crecimiento como *L. leucocephala* (Lam) de Wit y *G. ulmifolia* Lam., requirió podas para permitir la entrada de luz. El tiempo requerido para alcanzar la edad productiva de especies como *S. macrophylla* King. y *B. alicastrum* Sw ofrece oportunidades para utilizar efectivamente los interespacios durante su período de crecimiento inicial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el terrenos del Sr. Uziel Escudero, que es colindante con el Centro de Investigación y Producción Tulumayo ,Anexo La Divisoria y Puerto Zúngaro (CIPTALD) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); ubicado políticamente en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado y región Huánuco (Figura 2).

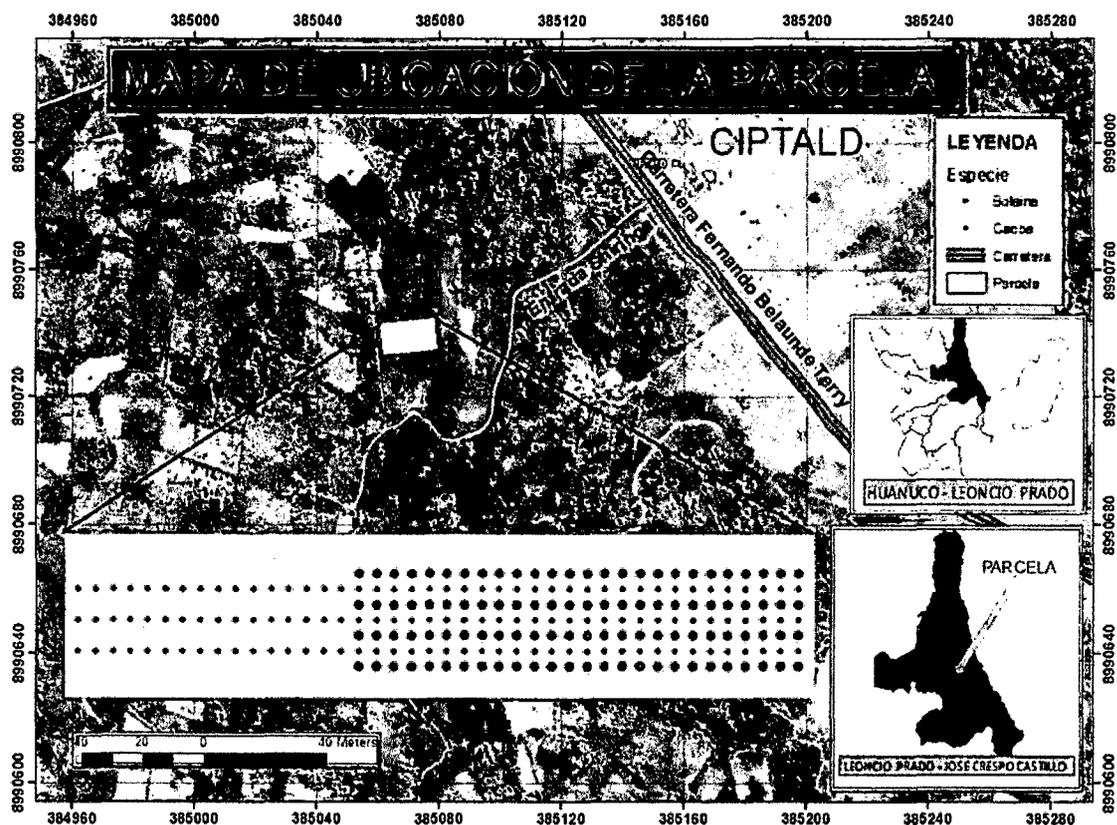


Figura 2. Mapa de ubicación de la parcela experimental.

3.1.1. Clima

Las condiciones climáticas del sector Tulumayo que presentan son de una temperatura máxima de 29.4 °C, una mínima de 19.2 °C, y la media de 24.3 °C, precipitación promedio anual de 3,300 mm, humedad relativa de 87% y altitud de 610 msnm.

3.1.2. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1987), el distrito de José Crespo y Castillo se encuentra ubicada en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la Selva Alta. Las coordenadas geográficas de la parcela experimental fueron: 385075 m Este y 8990735 m Norte.

3.1.3. Características de la parcela experimental

La parcela donde se estableció la plantación a campo abierto, ha estado ocupado con plantas de plátano en crecimiento establecido a distancias de 3 m x 4 m; se estableció *S. macrophylla* King. en calles donde existía plantas pequeñas de plátano, por lo cual la iluminación no fue afectada debido al tamaño de las hojas; la iluminación tenía valores entre 2306 lux y 2299 lux al inicio de la investigación, mientras que al final la iluminación presentó los siguientes valores: 2317 lux y 2307 lux.

Por otro lado la parcela en donde se instaló la plantación bajo sombra, fue una parcela donde se instaló hace tres años atrás bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), con distanciamiento de 3 m x 4 m, altura total promedio de los árboles presentaron 16 m.

La iluminación en la parcela citada, presentó valores entre 523 lux y 600 lux al inicio de la investigación, mientras que al final de la investigación mostró valores mayores, 973 lux y 1003 lux, debido a las podas que se realizaron a la plantación de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.).

Esta plantación presentó el dosel cerrado debido a la competencia de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), entre las copas, la cual presentó sombra en todas las horas del día; además presentó un relieve plano.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material genético

- Plantones de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) procedentes del vivero agroforestal Sembrando Futuro ubicado en el CIPTALD, la producción de los plantones ha sido en tubetes, con 4 meses de edad y altura de 33 cm.

3.2.2. Materiales, herramientas y equipos

- Vernier para medir el diámetro del fuste.
- Wincha para medir la altura total de la planta.

- Cavadora para la apertura de hoyos.
- GPS Garmín 76 CSx, para georreferenciar las parcelas de plantación con sombra y sin sombra.
- Luxímetro para determinar la cantidad de iluminación.
- Cámara fotográfica para capturar las imágenes durante el establecimiento y manejo de la parcela de investigación.

3.3. Metodología

3.3.1. Establecimiento de la plantación

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

3.3.1.1. Selección de plántones

La selección se realizó en el vivero agroforestal Sembrando Futuro, los plántones de *S. macrophylla* King. fueron producidos en tubetes con capacidad de 53 cm³, en el vivero se procedió a la selección los plántones, actividad que consistió en elegir individuos de tamaño uniforme con 30 cm de altura total y 0.4 cm de diámetro, con estado fitosanitario bueno y de buen vigor tanto en altura, diámetro y sanidad.

3.3.1.2. Limpieza y delimitación de la parcela

La limpieza general del área, se realizó en toda la parcela donde se estableció, cortando plantas leñosas y herbáceas para evitar la competencia

dentro de la plantación. El tamaño de las parcelas fue de 8 m x 30 m con calles de 5 m entre cada parcela (en sombra y libre). La delimitación de la parcela y el distanciamiento entre plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y las filas con bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) se realizó en base al número de plántones a establecer; para el cual se utilizó rafia con la finalidad de distinguir las calles y bordes de la parcela experimental.

3.3.1.3. Alineación y estaqueado

El alineamiento, se realizó con wincha de 30 m y jalones, la orientación de la plantación fue Norte a Sur, siguiendo las líneas paralelas a la plantación de *G. crinita* C Mart. que se ha encontrado en la parcela. Con la ayuda de los jalones se determinó el distanciamiento para las plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) que fue de 3 m y el distanciamiento entre plantas de caoba y filas con plantas de *G. crinita* C Mart. fue de 4 m, el método de la plantación fue rectangular (Figura 3).

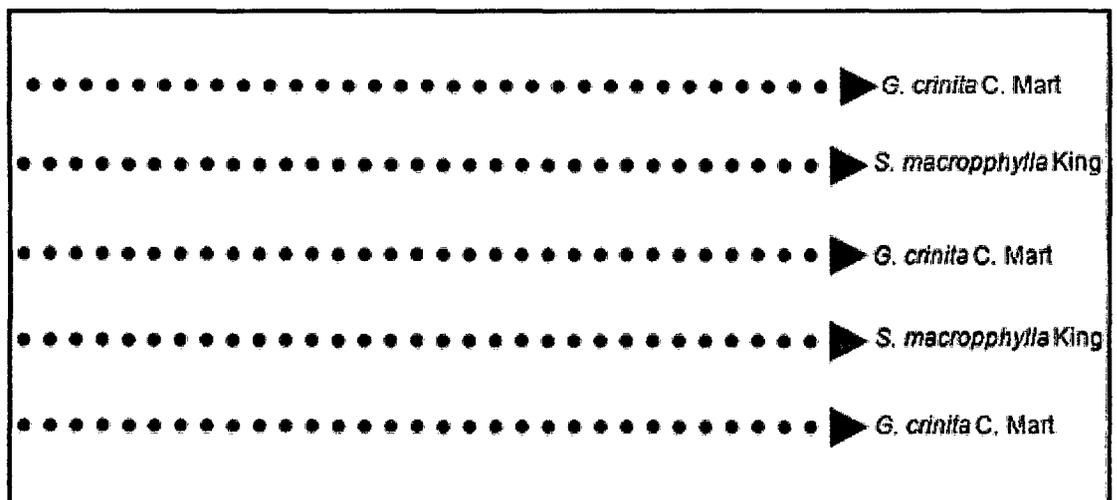


Figura 3. Croquis de la distribución de *S. macrophylla* King.

3.3.1.4. Apertura de hoyos

Antes de la apertura de hoyos se realizó un plateo de 50 cm de radio al ras del suelo donde estuvo ubicado cada jalón, luego con una cavadora se preparó los hoyos con de 20 cm (diámetro) x 20 cm profundidad.

3.3.1.5. Transporte y distribución de plántones

La distancia desde el vivero hacia la parcela experimental fue de 300 m, realizando el transporte menor de plántones y su respectiva distribución en campo definitivo; se utilizó una carretilla para transportar desde el vivero hasta la parcela, la distribución de los plántones hasta los hoyos se realizó empleando jabs de plástico.

3.3.1.6. Plantación propiamente dicha

Para la plantación se ha tenido que golpear los costados del tubete a la mitad de la altura desde la base con la finalidad de desprender el sustrato del tubete, luego se cogió del cuello del plánton para extraerlo con todo el pan de tierra, se colocó el plánton en forma vertical donde se había proyectado la distancia exacta entre plantas y filas, llenando la tierra extraída y cubriendo el pan de tierra hasta el cuello del plánton y finalmente apisonándolo suavemente.

3.3.2. Mantenimiento de la plantación

Como parte del mantenimiento, se realizó el control de vegetación competitiva, como indicador se observó que la maleza no supere en tamaño a

la planta de caoba (*S. macrophylla* King.) establecida, labor que se realizó de manera manual con machete y en algunos casos de manera mecánica mediante una desbrozadora.

3.3.3. Evaluación de la plantación

Las evaluaciones de la altura, diámetro del fuste, diámetro de copa y la sanidad se realizó al día siguiente de la plantación y la última evaluación a los seis meses posteriores al establecimiento.

3.4. Análisis estadístico

Debido a que sólo hubo dos áreas experimentales (75 plantas con sombra y 48 plantas sin sombra) con la misma especie, se ha seguido la metodología propuesta por CALZADA (1976).

Considerando los datos de las unidades experimentales de un tratamiento como una muestra extraída de una población y los datos de las unidades experimentales del otro tratamiento como una muestra extraída de una población como una muestra perteneciente a otra población, para verificar la diferencia estadística se aplicó la prueba t a una confiabilidad del 95%.

Para el desarrollo de la prueba t los datos fueron analizados mediante la prueba del supuesto de normalidad, en la cual se aceptaba o rechazaba las siguientes hipótesis: H_0 : los datos provienen de una distribución normal y H_a : los datos no provienen de una distribución normal.

En caso de que el software muestre que la significancia asintótica bilateral (p-valor) si es mayor que 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los datos provienen de una distribución normal, luego se procedió a realizar la prueba T de Student.

3.5. Variables de medición

3.5.1. Variables dependientes

3.5.1.1. Diámetro del fuste

Se realizó la medición a 10 cm sobre el suelo utilizando vernier mecánico, esta actividad se efectuó posterior al establecimiento y a los 180 días después de plantado, la unidad empleada fue en centímetros.

3.5.1.2. Altura total de la planta

Se realizó dos mediciones, utilizando una wincha de cinco metros. Se consideró la altura total desde la base de la planta (cuello de la planta) hasta la parte apical del fuste, considerando la yema principal de la planta.

3.5.1.3. Estado fitosanitario

La incidencia y severidad del problema se registró como:

1 = Plantas completamente sana sin ningún problema fitosanitario visible, de buen color y vigor.

- 2 = Plantas relativamente sana, con alguna evidencia de problemas fitosanitarios pero que no corre riesgo de morir, y principalmente cuando no se presente en más de un 50% del follaje o que no haya provocado heridas severas en el fuste.
- 3 = Enferma, plantas con problemas fitosanitarios que afectan el desarrollo normal de la plantas tales como la pérdida del eje dominante o del follaje y en general, daños visibles en más del 50% de la planta.

3.5.2. Variables independientes

La especie utilizada, fue caoba (*S. macrophylla* King.) cuya procedencia es un árbol padre ubicado en el campus universitario de la UNAS y los factores climáticos (precipitación, temperatura y humedad).

IV. RESULTADOS

4.1. Comparación de variables dasométricas y estado fitosanitario en *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra

4.1.1. Altura total

En el análisis estadístico (prueba T), se ha encontrado diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los valores de la variable altura total comparadas de *S. macrophylla* King., que fueron establecidas a campo abierto y bajo sombra (Cuadro 1), con estos valores se rechaza la hipótesis de igualdad de promedios ($\mu_1 = \mu_2$) y se acepta la alternante ($\mu_1 \neq \mu_2$).

Cuadro 1. Prueba T para la igualdad de medias en la variable altura total en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| | t | GL | Sig. (bilateral) |
|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| Se han asumido varianzas iguales | 11.532 | 120 | <0.001* |
| No se han asumido varianzas iguales | 10.638 | 73.906 | <0.001* |

*Diferencia estadística en la comparación de la variable altura total.

La distribución de los valores en la variable altura total de *S. macrophylla* King. establecida a campo abierto presentó mejor distribución de

la media (214.6 cm) con una tendencia a variar en altura por debajo o por encima de dicho valor 58 cm, mientras que los que se establecieron en sombra alcanzaron un valor promedio de 111.8 cm, con una tendencia a variar en altura por debajo o por encima de dicho valor 40 cm; además se ha encontrado datos de plantas que fueron excluidos debido a la alta variabilidad de distribución, las cuales fueron afectados por el tipo de suelo y el ataque de plagas, esto se observa en el diagrama de caja para la plantación bajo sombra.

Cuadro 2. Análisis estadístico de la variable altura total en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| Plantación | Media (cm) | Desviación típica | Error típica de la media |
|---------------|------------|-------------------|--------------------------|
| Campo abierto | 214.5957 | 58.0306 | 8.4646 |
| Bajo sombra | 111.8000 | 40.3692 | 4.6614 |

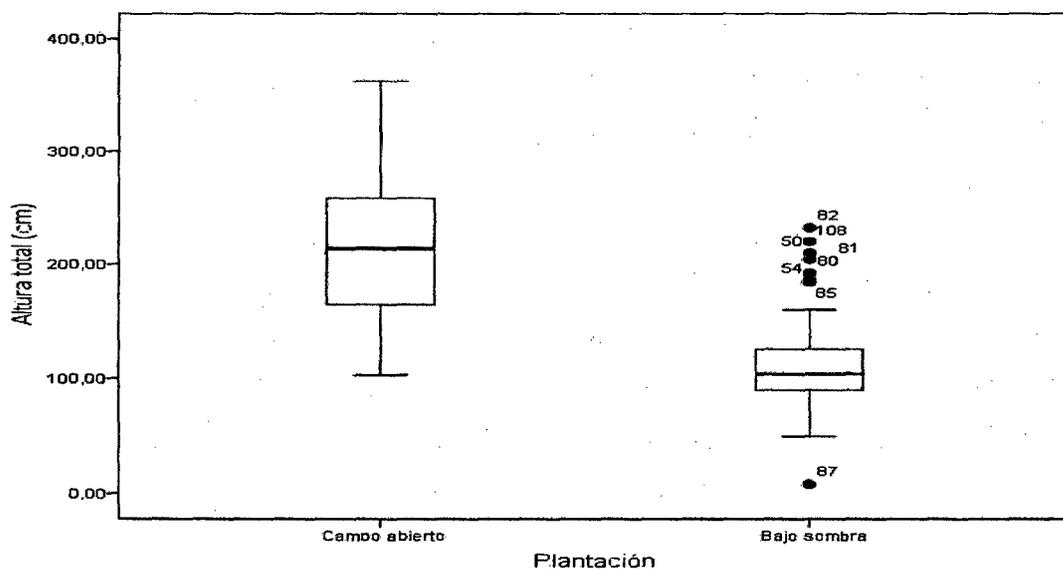


Figura 4. Diagrama de caja para la variable diámetro de copa en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

4.1.2. Diámetro de copa

En el análisis estadístico realizado (prueba T) para la variable diámetro de copa, se ha encontrado diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la mencionada variable al compararse las plantaciones de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto con un valor de 145.12 cm y bajo sombra con 89.46 cm (Cuadro 3 y 4), con este análisis estadístico se rechaza la hipótesis nula ($\mu_1 = \mu_2$) y se acepta la alternante ($\mu_1 \neq \mu_2$).

Además, se ha registrado que las variaciones del variable diámetro de copa fueron similares con 23.5 cm (libre) y 24 cm (sombra).

Cuadro 3. Prueba T en la variable diámetro de copa en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| | t | GL | Sig. (bilateral) |
|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| Se han asumido varianzas iguales | 12.563 | 120 | <0.001* |
| No se han asumido varianzas iguales | 12.623 | 99.337 | <0.001* |

*Diferencia estadística en la comparación del variable diámetro de copa.

Cuadro 4. Análisis estadístico de la variable diámetro de copa en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| Plantación | Media (cm) | Desviación típica | Error típica de la media |
|---------------|------------|-------------------|--------------------------|
| Campo abierto | 145.1170 | 23.5139 | 3.4299 |
| Bajo sombra | 89.4600 | 23.9969 | 2.7709 |

La distribución de los valores en la variable diámetro de copa en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto presentó una distribución desigual de los valores respecto a la media de 145.1 cm y con una variación de 23.6 cm, mientras que las establecidas bajo sombra presenta mejor distribución de los valores con una media de 89.5 cm y con una variación de 24 cm. En el diagrama de cajas se observa tanto para plantación bajo sombra y a campo abierto 1 planta afectada por factor iluminación, suelo.

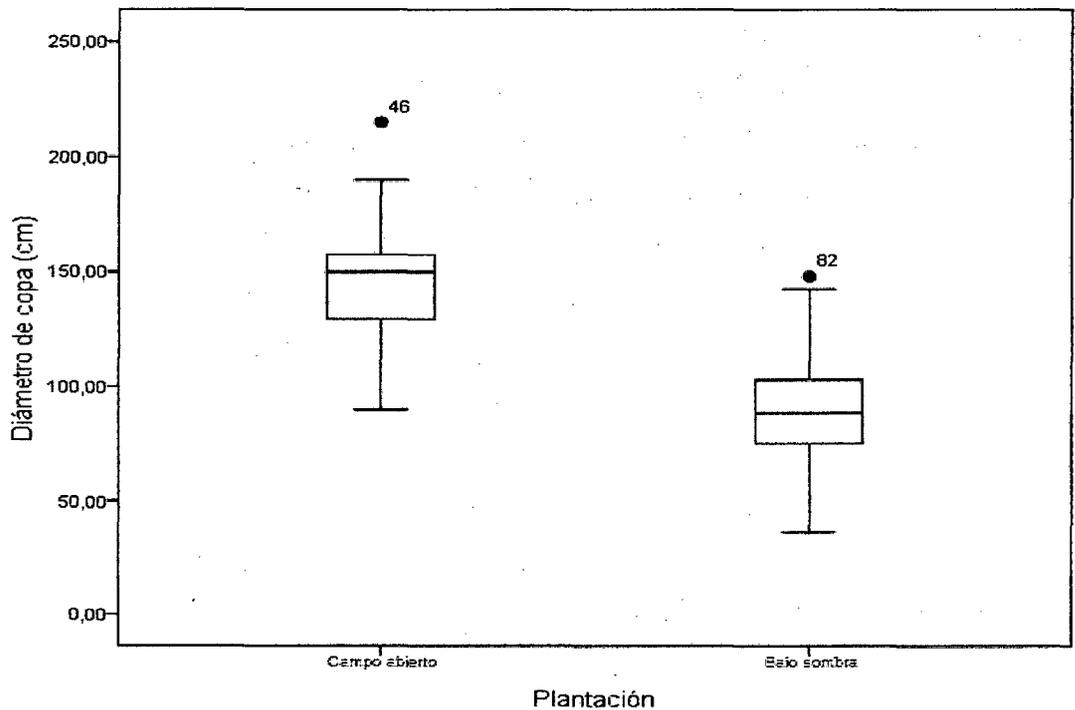


Figura 5. Diagrama de caja para la variable diámetro de copa en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

4.1.3. Diámetro del fuste

La prueba T realizada para la variable diámetro del fuste, ha dado como resultado diferencias estadísticas ($p < 0.05$), dichos valores se obtuvieron

de *S. macrophylla* King. que fueron establecidas a campo abierto y bajo sombra (Cuadro 5 y 6), en este análisis realizado se rechaza la hipótesis de igualdad ($\mu_1 = \mu_2$) y se acepta la hipótesis alternante ($\mu_1 \neq \mu_2$).

Cuadro 5. Prueba T para la igualdad de medias en la variable diámetro del fuste en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| | t | GL | Sig. (bilateral) |
|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| Se han asumido varianzas iguales | 17.566 | 120 | <0.001* |
| No se han asumido varianzas iguales | 16.011 | 70.906 | <0.001* |

*Diferencia estadística en la comparación de la variable diámetro del fuste.

Cuadro 6. Estadísticos de la variable diámetro del fuste en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

| Plantación | Media (cm) | Desviación típica | Error típica de la media |
|------------|------------|-------------------|--------------------------|
| Libre | 3.3296 | 0.7120 | 0.1039 |
| Sombra | 1.4561 | 0.4667 | 0.0539 |

La distribución de los valores en la variable diámetro de fuste en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto presentó una mejor distribución de los valores respecto a la media (3.33 cm) y con una variación de 0.71 cm, mientras que los establecidos bajo sombra presenta distribución de los valores con una media de (1.46 cm) y con una variación de 0.47 cm. En el diagrama de caja realizado a los valores en la variable diámetro

del fuste de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra, se ha notado la superioridad (media 3.3 cm) de distribución de los valores en la plantación a campo abierto. Además se ha encontrado cinco plantas con datos excluidos debido a que fue afectado por el suelo o el ataque de plagas que influenciaron en el crecimiento (Figura 6).

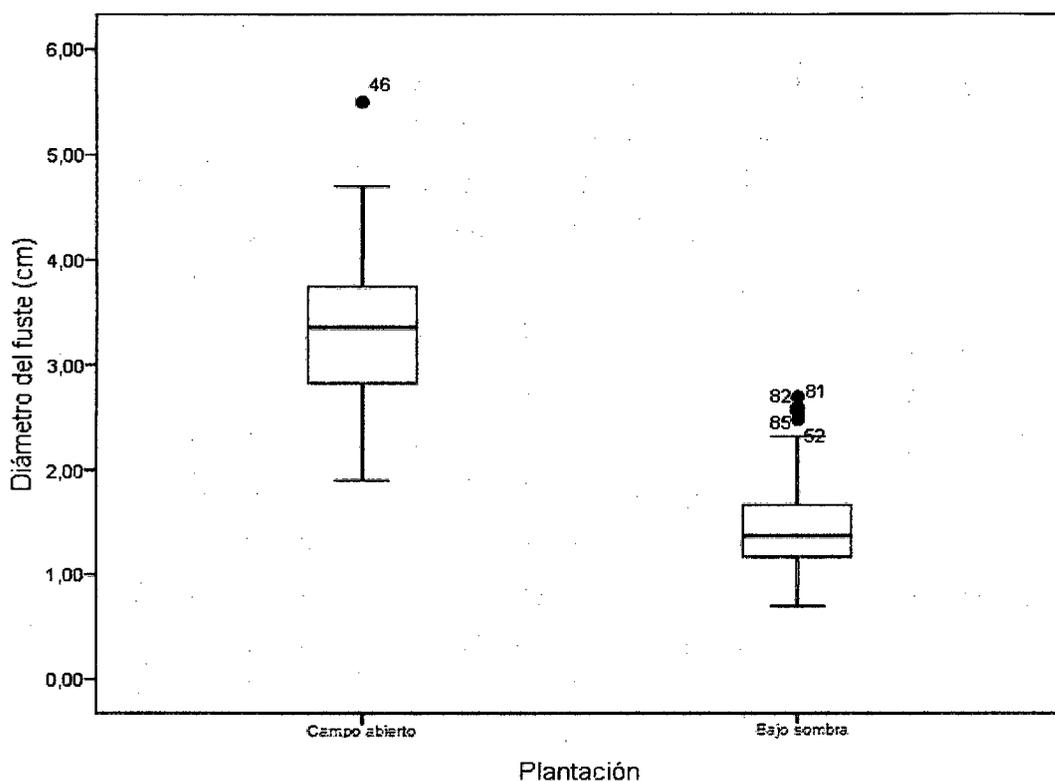


Figura 6. Diagrama de caja para la variable diámetro del fuste en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

4.2. Estado fitosanitario de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra

Los valores de sanidad en las plantas de *S. macrophylla* King. fue influenciada por el lepidóptero *Hypsiphylia grandela* Zeller, la cual afectó la

parte apical, barrenándolo en forma descendente desde el ápice hacia la base hasta un periodo de tiempo donde las larvas alcanzaran la adultez. El ataque del lepidóptero se encontró en mayor porcentaje 81.25% en las plantas establecidas a campo abierto y 21.3% bajo sombra (Cuadro 7 y Figura 7).

Cuadro 7. Estado fitosanitario en plantas de *S. macrophylla* King. establecidos a campo abierto y bajo sombra.

| Plantación | Total de plantas | Planta infestada | Porcentaje (%) |
|---------------|------------------|------------------|----------------|
| Campo abierto | 48 | 39 | 81.25 |
| Bajo sombra | 75 | 16 | 21.33 |

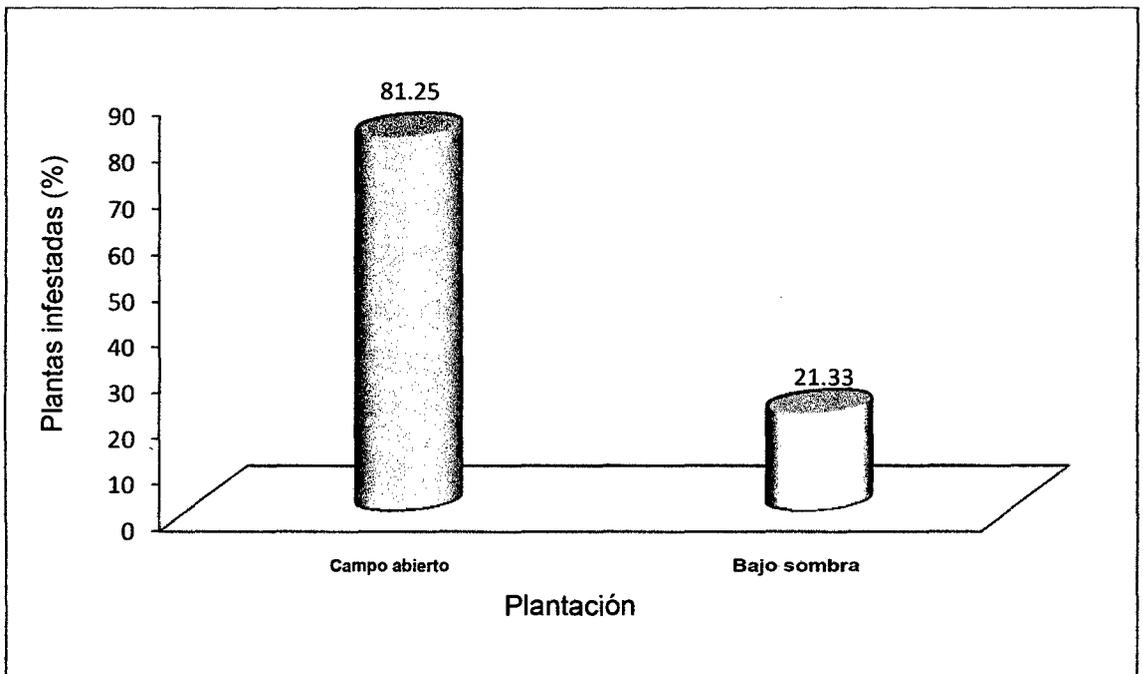


Figura 7. Grado de infestación por plagas en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas a campo abierto y bajo sombra.

V. DISCUSIÓN

Se ha encontrado mejor comportamiento en la variable altura total (214.6 cm) en la especie *S. macrophylla* King. establecidas en un ambiente de plantación a campo abierto. Al respecto MURILLO y CAMACHO (1997), indican que esta variable se orienta a evaluar dos aspectos primordiales: La calidad del crecimiento o incremento en altura a una edad determinada, y la altura al momento de la plantación en proporción con el tamaño de las raíces; asimismo JIMÉNEZ (1995) indica que la caoba es una especie heliófita, aunque en los primeros años requiere sombra ligera, para su normal desarrollo la sombra debe suprimirse pasado 1 a 2 años y la espesura aclarada de tal manera que se deje a los árboles en completa exposición al sol.

Las variables evaluadas (altura total, diámetro del fuste y diámetro de copa) en *S. macrophylla* King. presentaron valores diferentes (214.6 cm y 111.8 cm, 145.1 cm y 89.5 cm, 3.3. cm y 1.5 cm respectivamente) debido al establecimiento en campo abierto (100% luz) y bajo sombra (31.41% de luz). Resultados similares encontró LINDNER (s/d) al estudiar la influencia del sol y de la sombra, en condiciones naturales, sobre el crecimiento y desarrollo de 13 poblaciones de *Dactylis glomerata* L., en esta especie determinó que las variables más afectados por estos factores son la altura de la planta, longitud de la hoja bandera, la lígula de la misma y la longitud y anchura de la panícula.

En otras regiones, MORENO (2000) determinó la capacidad de adaptación en plantas jóvenes de 11 especies arbóreas de bosques altoandinos a condiciones contrastantes de iluminación. Para ello se sometieron grupos de 10 plantas por especie a cada uno de 5 tratamientos lumínicos durante 23 semanas: 3%, 10%, 33%, 52% y 100% de la iluminación relativa existente a campo abierto. Se encontraron diferencias en las respuestas al ambiente lumínico entre las especies estudiadas, tanto en la fotosíntesis como en el crecimiento. Por las tendencias del comportamiento fotosintético, así como por su crecimiento en biomasa y altura; aliso y surrumbo son las especies más heliófitas, pero aliso presenta mayor capacidad fotosintética y tasas de crecimiento más altas.

El efecto de la luz sobre el crecimiento también afecta a otras especies debido a la importancia de este factor ambiental en el proceso de la fotosíntesis, este comportamiento lo determinó ROMO (2005) al estudiar el efecto de la luz en el crecimiento iniciales de *Dipteryx micrantha* Harms, y realizó experimentos de transplante a lugares con diferentes niveles de luz. El crecimiento de plántulas transplantadas luego de un año de edad a claros del bosque, fue mayor que el crecimiento de plantas transplantadas a la misma edad a sotobosque y está relacionado con la luz, la cual asevera la influencia del factor iluminación sobre el crecimiento de las plantas.

MONTAÑEZ – ESCALANTE *et al.* (2009) determinó la influencia de árboles asociados sobre el crecimiento y desarrollo de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) durante la etapa de

establecimiento de una plantación en el fondo de una cantera ya explotada en Mérida, Yucatán, México. Se establecieron tres tratamientos para la caoba, en monocultivo, asociada a tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y con achiote (*Bixa orellana* L.). Los tres tratamientos para el ramón fueron en monocultivo, con huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) y con pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Se determinó los efectos de las asociaciones sobre crecimiento en altura y diámetro de la caoba y el ramón. Asociar al ramón con especies de rápido crecimiento como huaxín y pixoy, requirió podas para permitir la entrada de luz. El tiempo requerido para alcanzar la edad productiva de especies como caoba y ramón ofrece oportunidades para utilizar efectivamente los interespacios durante su período de crecimiento inicial.

Respecto al ataque de plagas, se ha encontrado mayor presencia en plantas plantadas a campo abierto (81.25%), comportamientos similares encontró RODRÍGUEZ (1999) al realizar el trabajo de investigación sobre la asociación de *Swietenia macrophylla* con tres especies de Inga: *Inga oerstediana*, *Inga samanensis*, e *Inga marginata*. Los resultados obtenidos muestran un severo ataque por parte de *Hypsipyla* a la gran mayoría de los árboles de caoba analizados. Se observó que la asociación que dio mejores resultados fue la que incluyó *Inga oerstediana*, seguida del tratamiento con *I. samanensis*. Por lo que el autor recomienda hacer asociaciones posteriores con especies de *Inga* de porte alto, tales como *I. oerstediana*.

DEL CASTILLO y TAPIA (2004) en un estudio realizado en la Estación Experimental de Cultivos Tropicales (E.E.C.T.) Yuto INTA, ubicada en

el Departamento Ledesma de la provincia de Jujuy, Argentina, durante los años 2003 y 2004. La incidencia de la plaga se midió en dos parcelas experimentales ubicadas en la E.E.C.T, una a cielo abierto y otra bajo cubierta. En la primera, se evaluaron plantas de cedro misionero (*Cedrela fisilis*), rosado (*Cedrela saltensis*), australiano (*Toona ciliata* var. *australis*), mexicano (*Cedrela odorata*), caobas (*Swietenia mahagoni*, *S. macrophylla*) e híbridos de las últimas. Todas, implantadas en dobles hileras de 25 plantas cada una, en un marco de 4 x 5 m. En la segunda se revisaron plantas de cedro rosado de un año de edad, colocadas a un marco 2,5 x 4 m de densidad.

Se confirma la presencia del gusano barrenador del brote de las meliáceas: *Hypsipyla grandella* Zéller (Lepidoptera, Piraelydae). De las siete especies forestales presentes en la localidad de Yuto, Jujuy, los cedros misionero (100 %), rosado (38%) y mexicano (28 %) fueron los más afectados por la plaga. La segunda de las especies tuvo una mayor incidencia bajo cubierta (58 %).

S. mahagoni no registró daño, *S. macrophylla*, sufrió daño en 6 % de las plantas, mientras que los híbridos de ambas fueron atacados en niveles muy bajos respecto de los cedros (2 %). El barrenador de los brotes, no afectó a las plantas de cedro australiano, lo cual verifica que la especie plaga que afecta a nuestras plantaciones comerciales de meliáceas es *H. grandella*. Esto indica que en plantación asociados de caoba con otras especies puede disminuir el ataque del barrenador, para este caso también se obtuvo daños en una plantación establecida a campo abierto al igual que nuestra investigación.

SÁNCHEZ *et al.* (2009) en la región de La Chontalpa, Tabasco, México, se evaluó el efecto de la sombra (0%, 40% y 80 %) en plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) sobre la incidencia del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptera: Pyralidae) y otros insectos. En plantas con 0% de sombra se concentró una mayor proporción de *H. grandella*. Con los tres porcentajes de sombra la incidencia de *Phyllocnistis meliacella* Becker (Lepidóptera: Gracillariidae), *Antaeotricha ribbei* Zeller (Lepidóptera: Stenomidae) y *Clastoptera laenata* Fowler (Hemíptera: Cercopidae) fue similar.

El mismo autor señala que en plantas con 40% y 80% de sombra se presentó solamente *Exophthalmus* sp. (Coleóptera: Curculionidae), incidiendo más en plantas bajo 80% de sombra. Las plantas con 0% y 40% de sombra tendieron a ser atacadas mayormente por *Heliethrips haemorrhoidalis* Bouché (Thysanoptera: Thripidae). El análisis estadístico reveló diferencias significativas para un 0% de sombra en *H. grandella*, y para un 40% y 80% de sombra tanto en *Exophthalmus* sp. Como en *H. haemorrhoidalis*. Además se indica que la ausencia de sombra para plantas de caoba en etapa juvenil constituye una condición que favorece marcadamente la incidencia de *H. grandella*, como lo registrado en la investigación (mayor plaga en libre que en sombra).

VI. CONCLUSIONES

1. Se ha encontrado alta diferencia estadística ($p < 0.01$) para la plantación a campo abierto y bajo sombra. Para la variable altura total se obtuvo a campo abierto 214.6 cm y bajo sombra 111.8 cm, diámetro de copa (145.1 cm y 89.6 cm) y diámetro de fuste (3.3 cm y 1.5 cm), siendo superior los valores de *S. macrophylla* establecidos a campo abierto en comparación a los establecidos bajo sombra.
2. El porcentaje de sanidad en *S. macrophylla* King. fue influenciada por el lepidóptero *Hypsiphylia grandela* Zeller, la cual afectó la parte apical de la planta; se encontró mayor infestación en las plantas establecidas a campo abierto con 81.25% en comparación a los establecidos bajo sombra de 21.33%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Deben realizar registros de datos en la variación del porcentaje de iluminación en las plantas, debido a que mientras mayor tamaño alcance las plantas, mayor es el área foliar que presenta para retener la iluminación para realizar sus procesos fisiológicos.
2. En investigaciones similares, realizar la aplicación de tratamientos silviculturales como la fertilización, debido a que el crecimiento de las plantas se ve influenciada aparte de la iluminación es por la competencia de nutrientes, y la aplicación de nutrientes puede acelerar el crecimiento.
3. Las plantaciones puras de *S. macrophylla* King. se deben realizar a campo abierto durante la etapa inicial de las plantas para que alcancen mayor tamaño en menor tiempo, mientras que para la prevención del ataque de *H. grandella* Zeller, se debe realizar asociados con especies de rápido crecimiento como el caso de *G. crinita* C. Mart. y en un periodo de un año, realizar un raleo parcial para minimizar la competencia por nutrientes.

**DEVELOPMENT OF CAOBA (*Swietenia macrophylla* King.) IN
PLANTATION TO OPEN FIELD AND UNDER SHADOW IN TINGO MARÍA**

VIII. ABSTRACT

The investigation realized in the land of a farmer, located politically in the district José Crespo y Castillo, province Leoncio Prado and region Huánuco; the aim was to compare the variable total height, diameter of the shaft, diameter of glass and the health in plants of mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) established to opened field and under shade. In the plantation to opened field, King established the grafts of *S. macrophylla.*, the area was presenting an average lighting of 2307.25 lux, whereas the plantation under shade was presenting individuals of *Guazuma crinita* C. Mart., where the lighting inside the plot was reaching 724.75 lux; you plant them to the beginning and end of the investigation, period of time passed in 6 months. Since result has been differences in *S. macrophylla* established to field opened in comparison the plantation under shade for the variables evaluated like: total height, diameter of glass, diameter of shaft and the assault of *Hypsiphylia grandella* Zeller. With regard to total height it reached a growth of 214.6 cm in the plantation to opened field and 111.8 cm in the plantation under shade, diameter of glass (145.1 cm and 89.5 cm), diameter of shaft (3.3 cm and 1.5 cm) and the assault of *Hypsiphylia grandella* Zeller (81.25 % and 21.33 %) respectively.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, G.G., CHOPRA, C.S., FRIEDHOFF, J.F., GARA, R.I., MAGGI, M.W., NEOGI, A.N., POWELL, J.C., ROBERTS, S.C., WILKINS, R.M. 1976. The concept of controlled release insecticides and the problem of shootborers of the Meliaceae. En: Whitmore, JL Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* Zeller Lep. Pyralidae. Vol. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 110 – 115.
- BARROSA, J.T. 1988. Incidencia del gusano barrenador de caoba y cedro bajo dosel protector inducido. En: Reunión Científica Forestal y Agropecuaria, Memorias. INIFAP. Villahermosa. 118 p.
- BASAGOITÍA, C.R. 1983. Uso y manejo de sombra en cafetales. Técnicas modernas para el cultivo del cafeto. San Salvador, El Salvador. 203 p.
- BECKER, V.O. 1976. Microlepidópteros asociados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. En: Whitmore, JL Studies on the shootborer *Hypsipyra grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol. 2. Turrialba, CATIE.
- DEL CASTILLO, J., TAPIA, Y. 2004. El barrenador de los brotes: *Hypsipyra grandella* Zéller, en plantaciones de importancia foresto industrial en el NOA – Argentina. 46 p.
- DOUROJEANNI, M. 1963. El barreno de los brotes (*Hypsipyra grandella*) en cedro y caoba. *Agronomía* 30(1): 35–43.

- FAO. 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe principal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO – Montes 140. Roma, Italia. 468 p.
- FAO. 2007. *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) *Hypsipyla robusta* Moore, 1886. Forest Pest Species Profile. 3 p.
- FAIRBAIRN, W.A., NEUSTEIN, A. 1970. Study of response of certain coniferous species to light intensity. *Forestry* 43 (1): 57-71.
- FOURNIER, L. 1995. Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero Charla Magistral ofrecida en el XVII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. San Salvador, El Salvador. 13 p.
- GARA, R.I., ALLAN, G.G., WILKINS, R.M., WHITMORE, J.L. 1976. Comportamiento en vuelo y selección de hospedero del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptera: Phycitidae). En: Whitmore, JL Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol. 2. Turrialba, CATIE. p. 116 – 121.
- GONZÁLEZ, G. 1973. Propiedades de la madera de algunas Meliaceas de la América Tropical. In Studies on the Shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Volumen III. Editado por J.L. Whitmore. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza . Turrialba, Costa Rica. 116 p.
- HILJE, L., CORNELIUS, J. 2001. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? *Manejo Integrado de Plagas* 61:1-4.
- HOLDRIDGE, L. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 p.

- HOLDRIDGE, L. 1973. Taxonomía de las Meliáceas Latino-Americanas. In Studies on the Shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller), Volumen III. Editado por J.L. Whitmore. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 116 p.
- HOLDRIDGE, L., POVEDA, L., JIMENEZ, Q. 1997. Árboles de Costa Rica. Vol. 1. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 522 p.
- HOLDRIDGE, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial IICA. 216 p.
- IIAP (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA). 2009. Evaluación económica de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla*) en el departamento de San Martín. Avances económicos N° 9. Iquitos, Perú. 44 p.
- JIMÉNEZ, H., ALPIZAR, E., LEDEZMA, J., TOSI, J., BOLAÑOS, R., SOLORZANO, R., ECHEVARRÍA, J., ONORO, P., CASTILLO, M., MACILLA, R. 2006. Estudio sobre el estado de regeneración natural de *Swietenia macrophylla* King., "mara" en Santa Cruz, Bolivia. World Wildlife Fund. 102 p.
- JIMÉNEZ, Q. 1995. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. INCAFO S.A. San José, Costa Rica. 121 p.
- LAMB, B. 1966. Mahogany of Tropical America: its Ecology and Management. University of Michigan. 220 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y

- métodos para un desarrollo sostenido. Traducido por Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 335 p.
- LEÓN, T., SUÁREZ, A. 1998. Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Serie Técnica No. 40. CONIF. Bogotá, Colombia. 158 p.
- LINDNER, R. s/d. Influencia del sol y de la sombra sobre el crecimiento y desarrollo en poblaciones de *Dactylis glomerata* L. Misión Biológica de Galicia. C.S.I.C. p. 376 – 383.
- METRO, A. 1975. Dictionaire Forestier Multilingue. Collection Terminologie Forestiere Multilingue No. 2. Association Franciase Des Eux et de Forets. 432 p.
- MONTAÑEZ – ESCALANTE, P., GARCÍA – BARRIOS, L., JIMÉNEZ – OSORNIO, J., NAHED – TORAL, J. 2009. Establecimiento de asociaciones arbóreas con caoba y ramón en una cantera abandonada en Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Vol. 10. Universidad Autónoma de Yucatán. México. p. 177 – 183.
- MORENO, F. 2000. Adaptación de once especies arbóreas de los bosques altoandinos a condiciones contrastantes de luz. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Colombia. Miami, Florida, EE.UU. 38 p.
- MUÑÍZ – VÉLEZ, R. 1983. Las plagas y su efecto en la silvicultura. Revista Ciencia Forestal 41:44-52.

- MURILLO, L., HERNÁNDEZ, X., MURILLO, O. 1992. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones de Ciprés en el valle de El Guarco, Cartago, Costa Rica. In Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. p. 40 – 42.
- MURILLO, O., CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Departamento de Ingeniería Forestal; Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(2):189-206.
- NAVARRO, C. 1999. Silvicultura-genética: Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en Mesoamérica. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS. 25 p.
- ORDÓÑEZ, M.A., HERNÁN, M. s/d. Uso y manejo de sombra en los cafetales. Departamento de investigación del programa de agronomía. p. 78 - 86.
- PENNINGTON, T. 1981. Flora Neotropica: Monograph Meliaceae N° 28. The New York Botanical Gardens. 472 p.
- RICHTER, D.D., CALVO, J.C. 1995. ¿Es una plantación forestal un bosque? *Revista Forestal Centroamericana*. Turrialba, Costa Rica. p. 12 – 13.
- RODRÍGUEZ, L. 1999. Análisis de Crecimiento de Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) asociada con tres especies de *Inga* spp en la Región Tropical Húmeda de Costa Rica. Trabajo de Graduación. EARTH. Guácimo, Costa Rica. 50 p.
- ROE, A.L., ALEZANDER, R.R., ANDREWS, M.C., VELAZQUEZ, M.A. 1984. Estudio de algunos Factores que influyen en la regeneración natural de

- Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 123 p.
- ROMO, M. 2005. Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de *Dipteryx micrantha* Harms "shihuahuaco" transplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. *Ecología Aplicada*, 4(1,2):1-8.
- SÁNCHEZ, S., DOMÍNGUEZ, M., CORTÉS, H. 2009. Efecto de la sombra en plantas de caoba sobre la incidencia de *Hypsipyra grandella* Zeller y otros insectos. Tabasco, México. 225 p.
- SEMILLERO. 2000. Caoba - *Swietenia macrophylla*. Nota técnica N° 2. México. 1 p.
- SNOOK, L. 1993. Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan Península, México. New Haven, Yale University. 254 p.
- UNALM – ITTO. 2008. La caoba en el Perú. Estudio de las poblaciones de caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú. UNALM, ITTO. p. 17 – 22.
- WIGHTMAN, K. 2006. Ensayos de sustratos y densidad con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en el sur de la Península de Yucatán, México. Proyecto Domesticación de Caoba y Cedro. Yucatán, México. 6 p.
- YAMAZAKI, S., TAKETANI, A., FUJITA, K., VASQUES, C., IKEDA, T. 1990. Ecology of *Hypsipyra grandella* and its seasonal changes in population density in peruvian amazon forest. *JARQ* 24:149-155.

ANEXO

Anexo 1. Datos obtenidos de campo

Cuadro 8. Datos iniciales en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas en campo abierto y con sombra.

| Trat | Planta | Altura (cm) | E - O | N - S | Copa (cm) | Diámetro (cm) | Plagas |
|------|--------|-------------|-------|-------|-----------|---------------|--------|
| 1 | 1 | 32 | 20 | 18 | 19.2 | 0.35 | No |
| 1 | 2 | 30 | 18 | 16 | 17 | 0.32 | No |
| 1 | 3 | 28 | 16 | 17 | 16.5 | 0.39 | No |
| 1 | 4 | 29 | 18 | 18 | 18 | 0.34 | No |
| 1 | 5 | 33 | 21 | 20 | 20.5 | 0.36 | No |
| 1 | 6 | 34 | 16.8 | 17 | 16.9 | 0.41 | No |
| 1 | 7 | 25 | 16 | 15.6 | 15.8 | 0.4 | No |
| 1 | 8 | 28 | 15.6 | 16.2 | 15.9 | 0.38 | No |
| 1 | 9 | 31 | 15 | 16.2 | 15.6 | 0.44 | No |
| 1 | 10 | 30 | 18.9 | 16.4 | 17.65 | 0.34 | No |
| 1 | 11 | 25 | 16 | 15.2 | 15.6 | 0.37 | No |
| 1 | 12 | 31 | 18 | 18 | 18 | 0.42 | No |
| 1 | 13 | 32 | 17 | 16.8 | 16.9 | 0.43 | No |
| 1 | 14 | 31.5 | 16 | 17.4 | 16.7 | 0.33 | No |
| 1 | 15 | 29 | 16 | 16.6 | 16.3 | 0.33 | No |
| 1 | 16 | 28.7 | 17 | 18.2 | 17.6 | 0.37 | No |
| 1 | 17 | 26 | 20 | 19.8 | 19.9 | 0.38 | No |
| 1 | 18 | 29 | 23 | 21.4 | 22.2 | 0.39 | No |
| 1 | 19 | 27 | 24 | 20.9 | 22.45 | 0.44 | No |

| | | | | | | | |
|---|----|------|------|------|-------|------|----|
| 1 | 20 | 32 | 20 | 18.6 | 19.3 | 0.36 | No |
| 1 | 21 | 28 | 19 | 21 | 20 | 0.42 | No |
| 1 | 22 | 30 | 16 | 17 | 16.5 | 0.41 | No |
| 1 | 23 | 35 | 14.8 | 16 | 15.4 | 0.36 | No |
| 1 | 24 | 31 | 15.3 | 16 | 15.65 | 0.36 | No |
| 1 | 25 | 26 | 16.4 | 15.9 | 16.15 | 0.35 | No |
| 1 | 26 | 28 | 17.2 | 17.6 | 17.4 | 0.37 | No |
| 1 | 27 | 34.7 | 15.4 | 14.8 | 15.1 | 0.42 | No |
| 1 | 28 | 37 | 16.2 | 15.6 | 15.9 | 0.43 | No |
| 1 | 29 | 27.6 | 19 | 16 | 17.5 | 0.4 | No |
| 1 | 30 | 25.4 | 16 | 15.4 | 15.7 | 0.42 | No |
| 1 | 31 | 26 | 17.5 | 17 | 17.25 | 0.38 | No |
| 1 | 32 | 28 | 16.4 | 16.5 | 16.45 | 0.41 | No |
| 1 | 33 | 34 | 20.5 | 19.2 | 19.85 | 0.44 | No |
| 1 | 34 | 29 | 16 | 15.5 | 15.75 | 0.35 | No |
| 1 | 35 | 28 | 15.4 | 16.7 | 16.05 | 0.35 | No |
| 1 | 36 | 32 | 17.8 | 17 | 17.4 | 0.42 | No |
| 1 | 37 | 31 | 18.6 | 17.5 | 18.05 | 0.4 | No |
| 1 | 38 | 33 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | 0.35 | No |
| 1 | 39 | 32 | 19.4 | 19.3 | 19.35 | 0.46 | No |
| 1 | 40 | 35 | 18.8 | 16.9 | 17.85 | 0.43 | No |
| 1 | 41 | 29 | 15.6 | 16 | 15.8 | 0.44 | No |
| 1 | 42 | 28.6 | 18.8 | 17.8 | 18.3 | 0.38 | No |
| 1 | 43 | 28.2 | 19.2 | 19 | 19.1 | 0.38 | No |
| 1 | 44 | 26.9 | 17.6 | 16.8 | 17.2 | 0.37 | No |

| | | | | | | | |
|---|----|------|------|------|-------|------|----|
| 1 | 45 | 29 | 16 | 16 | 16 | 0.42 | No |
| 1 | 46 | 23 | 20 | 21 | 20.5 | 0.4 | No |
| 1 | 47 | 27.8 | 18.4 | 19.2 | 18.8 | 0.42 | No |
| 1 | 48 | 25.4 | 19.2 | 19 | 19.1 | 0.38 | No |
| 2 | 1 | 34 | 20 | 21 | 20.5 | 0.43 | No |
| 2 | 2 | 36 | 21.4 | 20.4 | 20.9 | 0.35 | No |
| 2 | 3 | 34.2 | 18.6 | 18.2 | 18.4 | 0.34 | No |
| 2 | 4 | 34.1 | 18.2 | 17.7 | 17.95 | 0.38 | No |
| 2 | 5 | 32 | 16.8 | 17 | 16.9 | 0.36 | No |
| 2 | 6 | 36 | 15.2 | 16 | 15.6 | 0.41 | No |
| 2 | 7 | 28.8 | 18 | 16.9 | 17.45 | 0.38 | No |
| 2 | 8 | 27.9 | 16.6 | 15.8 | 16.2 | 0.33 | No |
| 2 | 9 | 28.4 | 19 | 18 | 18.5 | 0.37 | No |
| 2 | 10 | 29.4 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | 0.41 | No |
| 2 | 11 | 29.2 | 18.4 | 17.8 | 18.1 | 0.37 | No |
| 2 | 12 | 30 | 19.4 | 19.2 | 19.3 | 0.42 | No |
| 2 | 13 | 32 | 19.2 | 19 | 19.1 | 0.38 | No |
| 2 | 14 | 34.5 | 20 | 19.8 | 19.9 | 0.4 | No |
| 2 | 15 | 36.4 | 16.8 | 17 | 16.9 | 0.42 | No |
| 2 | 16 | 33.4 | 20 | 21 | 20.5 | 0.38 | No |
| 2 | 17 | 36.2 | 19.8 | 20 | 19.9 | 0.39 | No |
| 2 | 18 | 29.6 | 17.4 | 17 | 17.2 | 0.42 | No |
| 2 | 19 | 28.6 | 15.9 | 16 | 15.95 | 0.4 | No |
| 2 | 20 | 28 | 19.6 | 18 | 18.8 | 0.4 | No |
| 2 | 21 | 29 | 18.8 | 18.8 | 18.8 | 0.39 | No |

| | | | | | | | |
|---|----|------|------|------|-------|------|----|
| 2 | 22 | 27.8 | 16.6 | 16.8 | 16.7 | 0.38 | No |
| 2 | 23 | 26.9 | 21 | 20 | 20.5 | 0.38 | No |
| 2 | 24 | 32 | 17.6 | 18.2 | 17.9 | 0.41 | No |
| 2 | 25 | 33 | 19.6 | 18.8 | 19.2 | 0.4 | No |
| 2 | 26 | 29 | 17.5 | 18.2 | 17.85 | 0.34 | No |
| 2 | 27 | 33 | 19.6 | 19 | 19.3 | 0.31 | No |
| 2 | 28 | 31 | 21 | 20.2 | 20.6 | 0.3 | No |
| 2 | 29 | 28 | 22 | 21 | 21.5 | 0.32 | No |
| 2 | 30 | 27 | 18.6 | 19 | 18.8 | 0.34 | No |
| 2 | 31 | 27 | 15.8 | 17 | 16.4 | 0.35 | No |
| 2 | 32 | 32 | 18 | 16.6 | 17.3 | 0.32 | No |
| 2 | 33 | 34 | 16 | 15.9 | 15.95 | 0.39 | No |
| 2 | 34 | 32 | 18 | 17.4 | 17.7 | 0.35 | No |
| 2 | 35 | 33 | 20 | 19.8 | 19.9 | 0.34 | No |
| 2 | 36 | 32 | 15.8 | 16.6 | 16.2 | 0.32 | No |
| 2 | 37 | 28 | 16.4 | 16.6 | 16.5 | 0.4 | No |
| 2 | 38 | 29.6 | 16 | 17 | 16.5 | 0.39 | No |
| 2 | 39 | 28 | 16.8 | 16.8 | 16.8 | 0.37 | No |
| 2 | 40 | 28 | 18.8 | 18 | 18.4 | 0.3 | No |
| 2 | 41 | 34 | 16.6 | 16.2 | 16.4 | 0.32 | No |
| 2 | 42 | 32 | 16.4 | 16 | 16.2 | 0.31 | No |
| 2 | 43 | 30 | 15.6 | 16 | 15.8 | 0.29 | No |
| 2 | 44 | 24 | 16.9 | 17 | 16.95 | 0.34 | No |
| 2 | 45 | 28 | 16 | 16.2 | 16.1 | 0.32 | No |
| 2 | 46 | 24 | 20 | 19.8 | 19.9 | 0.31 | No |

| | | | | | | | |
|---|----|------|------|------|-------|------|----|
| 2 | 47 | 33 | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 0.29 | No |
| 2 | 48 | 25 | 18.7 | 18 | 18.35 | 0.3 | No |
| 2 | 49 | 35 | 17.6 | 16.8 | 17.2 | 0.3 | No |
| 2 | 50 | 30 | 18.8 | 19 | 18.9 | 0.28 | No |
| 2 | 51 | 26.8 | 15.9 | 17 | 16.45 | 0.32 | No |
| 2 | 52 | 33 | 18.8 | 19 | 18.9 | 0.36 | No |
| 2 | 53 | 33 | 17 | 18.6 | 17.8 | 0.3 | No |
| 2 | 54 | 30 | 16.8 | 17.8 | 17.3 | 0.34 | No |
| 2 | 55 | 27 | 17.8 | 16.8 | 17.3 | 0.36 | No |
| 2 | 56 | 30 | 20 | 19.2 | 19.6 | 0.25 | No |
| 2 | 57 | 33 | 18.6 | 17.8 | 18.2 | 0.29 | No |
| 2 | 58 | 32 | 17.7 | 18 | 17.85 | 0.3 | No |
| 2 | 59 | 30 | 16.6 | 17.6 | 17.1 | 0.29 | No |
| 2 | 60 | 30 | 16.5 | 17 | 16.75 | 0.4 | No |
| 2 | 61 | 25 | 18 | 16.8 | 17.4 | 0.41 | No |
| 2 | 62 | 27.8 | 19 | 19.2 | 19.1 | 0.32 | No |
| 2 | 63 | 34 | 17.6 | 18 | 17.8 | 0.3 | No |
| 2 | 64 | 30 | 18.2 | 17.8 | 18 | 0.29 | No |
| 2 | 65 | 28 | 18 | 19 | 18.5 | 0.28 | No |
| 2 | 66 | 28 | 17.4 | 16.9 | 17.15 | 0.28 | No |
| 2 | 67 | 29 | 16.2 | 17.3 | 16.75 | 0.3 | No |
| 2 | 68 | 25 | 18.8 | 19.5 | 19.15 | 0.31 | No |
| 2 | 69 | 29.2 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 0.31 | No |
| 2 | 70 | 30 | 18.4 | 18.8 | 18.6 | 0.29 | No |
| 2 | 71 | 30 | 17.5 | 18.6 | 18.05 | 0.32 | No |

| | | | | | | | |
|---|----|----|------|------|-------|------|----|
| 2 | 72 | 28 | 18.4 | 17 | 17.7 | 0.28 | No |
| 2 | 73 | 34 | 18.4 | 16.6 | 17.5 | 0.29 | No |
| 2 | 74 | 33 | 16.6 | 15.8 | 16.2 | 0.31 | No |
| 2 | 75 | 30 | 17 | 16.7 | 16.85 | 0.3 | No |

1: libre, 2: sombra

Cuadro 9. Datos finales en plantas de *S. macrophylla* King. establecidas en campo abierto y con sombra.

| Trat | Altura (cm) | E - O | N - S | Copa (cm) | Diámetro (cm) | Plagas |
|------|-------------|-------|-------|-----------|---------------|--------|
| 1 | 177 | 100 | 112 | 106 | 2.25 | Sí |
| 1 | 160 | 115 | 114 | 114.5 | 2.32 | Sí |
| 1 | 265 | 160 | 140 | 150 | 3.9 | Sí |
| 1 | 133 | 140 | 98 | 119 | 2.34 | Sí |
| 1 | 160 | 110 | 120 | 115 | 3.46 | Sí |
| 1 | 215 | 130 | 120 | 125 | 3.14 | Sí |
| 1 | 263 | 160 | 155 | 157.5 | 3.74 | Sí |
| 1 | 147 | 125 | 145 | 135 | 3.6 | No |
| 1 | 200 | 132 | 130 | 131 | 3.25 | Sí |
| 1 | 254 | 146 | 140 | 143 | 4.6 | Sí |
| 1 | 195 | 136 | 145 | 140.5 | 2.97 | Sí |
| 1 | 257 | 180 | 172 | 176 | 3.5 | Sí |
| 1 | 140 | 170 | 144 | 157 | 2.64 | Sí |
| 1 | 280 | 155 | 148 | 151.5 | 3.33 | Sí |
| 1 | 200 | 155 | 142 | 148.5 | 4.33 | Sí |
| 1 | 233 | 153 | 133 | 143 | 3.27 | Sí |
| 1 | 190 | 104 | 120 | 112 | 2.8 | Sí |
| 1 | 264 | 155 | 143 | 149 | 3.9 | Sí |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-------|------|----|
| 1 | 215 | 165 | 150 | 157.5 | 3.86 | Sí |
| 1 | 160 | 145 | 160 | 152.5 | 3.6 | Sí |
| 1 | 214 | 145 | 136 | 140.5 | 4.7 | Sí |
| 1 | 194 | 150 | 154 | 152 | 2.63 | Sí |
| 1 | 184 | 160 | 166 | 163 | 3.36 | Sí |
| 1 | 310 | 153 | 160 | 156.5 | 3.2 | Sí |
| 1 | 220 | 150 | 160 | 155 | 3.5 | Sí |
| 1 | 180 | 135 | 140 | 137.5 | 2.55 | No |
| 1 | 165 | 107 | 96 | 101.5 | 2.67 | Sí |
| 1 | 103 | 90 | 90 | 90 | 1.9 | Sí |
| 1 | 310 | 160 | 160 | 160 | 3.2 | No |
| 1 | 164 | 155 | 145 | 150 | 3.84 | Sí |
| 1 | 170 | 126 | 113 | 119.5 | 3.2 | Sí |
| 1 | 300 | 160 | 175 | 167.5 | 4.4 | Sí |
| 1 | 140 | 116 | 130 | 123 | 2.5 | Sí |
| 1 | 156 | 130 | 126 | 128 | 2.5 | Sí |
| 1 | 300 | 170 | 170 | 170 | 3.8 | Sí |
| 1 | 260 | 180 | 170 | 175 | 3 | Sí |
| 1 | 166 | 120 | 120 | 120 | 2.3 | No |
| 1 | 250 | 163 | 160 | 161.5 | 3.75 | No |
| 1 | 156 | 154 | 158 | 156 | 3.4 | Sí |
| 1 | 240 | 155 | 165 | 160 | 3.94 | Sí |
| 1 | 300 | 150 | 155 | 152.5 | 3.4 | No |
| 1 | 240 | 150 | 165 | 157.5 | 3.36 | No |
| 1 | 227 | 137 | 134 | 135.5 | 3.15 | No |
| 1 | 245 | 160 | 160 | 160 | 3.55 | Sí |
| 1 | 363 | 200 | 230 | 215 | 5.5 | Sí |
| 1 | 267 | 180 | 200 | 190 | 3.53 | Sí |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-------|------|----|
| 1 | 154 | 130 | 150 | 140 | 2.86 | Si |
| 2 | 151 | 105 | 127 | 116 | 1.66 | Si |
| 2 | 210 | 130 | 130 | 130 | 1.95 | No |
| 2 | 106 | 80 | 80 | 80 | 1.24 | No |
| 2 | 157 | 128 | 116 | 122 | 2.48 | Si |
| 2 | 111 | 88 | 100 | 94 | 1.34 | Si |
| 2 | 186 | 125 | 120 | 122.5 | 2.1 | Si |
| 2 | 151 | 108 | 115 | 111.5 | 1.68 | No |
| 2 | 90 | 62 | 54 | 58 | 1.33 | Si |
| 2 | 122 | 100 | 110 | 105 | 1.38 | No |
| 2 | 160 | 106 | 117 | 111.5 | 2.1 | No |
| 2 | 145 | 96 | 100 | 98 | 1.5 | No |
| 2 | 94 | 85 | 54 | 69.5 | 1.1 | No |
| 2 | 133 | 100 | 94 | 97 | 1.43 | No |
| 2 | 98 | 70 | 82 | 76 | 1.1 | No |
| 2 | 140 | 120 | 120 | 120 | 1.93 | No |
| 2 | 63 | 50 | 53 | 51.5 | 0.8 | No |
| 2 | 92 | 94 | 86 | 90 | 1.28 | No |
| 2 | 122 | 74 | 74 | 74 | 1.63 | Si |
| 2 | 135 | 95 | 88 | 91.5 | 1.34 | Si |
| 2 | 117 | 96 | 106 | 101 | 1.3 | No |
| 2 | 96 | 100 | 80 | 90 | 1.35 | Si |
| 2 | 76 | 42 | 48 | 45 | 0.85 | No |
| 2 | 126 | 100 | 70 | 85 | 1.52 | No |
| 2 | 94 | 72 | 86 | 79 | 1.16 | No |
| 2 | 123 | 93 | 94 | 93.5 | 1.13 | No |
| 2 | 104 | 75 | 95 | 85 | 1.5 | No |
| 2 | 103 | 96 | 77 | 86.5 | 1.18 | No |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-------|------|----|
| 2 | 81 | 90 | 87 | 88.5 | 1 | No |
| 2 | 55 | 60 | 30 | 45 | 0.7 | No |
| 2 | 87 | 80 | 92 | 86 | 1.7 | No |
| 2 | 65 | 52 | 64 | 58 | 0.74 | No |
| 2 | 192 | 134 | 145 | 139.5 | 2.13 | Sí |
| 2 | 204 | 140 | 145 | 142.5 | 2.58 | Sí |
| 2 | 232 | 146 | 150 | 148 | 2.55 | Sí |
| 2 | 123 | 120 | 112 | 116 | 2.13 | Sí |
| 2 | 152 | 115 | 105 | 110 | 2.7 | Sí |
| 2 | 184 | 136 | 136 | 136 | 2.6 | Sí |
| 2 | 125 | 60 | 73 | 66.5 | 1.53 | No |
| 2 | 80 | 50 | 62 | 56 | 1.17 | No |
| 2 | 148 | 110 | 110 | 110 | 1.7 | No |
| 2 | 94 | 93 | 90 | 91.5 | 1.35 | No |
| 2 | 92 | 103 | 103 | 103 | 1.55 | No |
| 2 | 80 | 74 | 66 | 70 | 0.83 | No |
| 2 | 104 | 108 | 103 | 105.5 | 1.46 | No |
| 2 | 108 | 86 | 90 | 88 | 1.97 | No |
| 2 | 94 | 87 | 87 | 87 | 1.3 | No |
| 2 | 83 | 70 | 80 | 75 | 1 | No |
| 2 | 85 | 87 | 75 | 81 | 1.1 | No |
| 2 | 75 | 67 | 35 | 51 | 0.94 | No |
| 2 | 50 | 32 | 41 | 36.5 | 0.7 | No |
| 2 | 106 | 95 | 83 | 89 | 1.17 | No |
| 2 | 143 | 106 | 96 | 101 | 1.67 | No |
| 2 | 83 | 70 | 70 | 70 | 0.83 | No |
| 2 | 110 | 106 | 100 | 103 | 1.46 | No |
| 2 | 97 | 75 | 105 | 90 | 1.53 | No |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|------|----|
| 2 | 50 | 54 | 40 | 47 | 0.8 | Sí |
| 2 | 103 | 96 | 96 | 96 | 1.4 | No |
| 2 | 72 | 72 | 77 | 74.5 | 1.14 | No |
| 2 | 90 | 83 | 90 | 86.5 | 0.98 | No |
| 2 | 220 | 126 | 136 | 131 | 2.32 | No |
| 2 | 125 | 112 | 110 | 111 | 1.74 | No |
| 2 | 94 | 80 | 88 | 84 | 1.37 | Sí |
| 2 | 84 | 76 | 88 | 82 | 1.5 | No |
| 2 | 100 | 80 | 80 | 80 | 1.6 | No |
| 2 | 90 | 80 | 82 | 81 | 1.2 | No |
| 2 | 78 | 67 | 70 | 68.5 | 1.7 | No |
| 2 | 90 | 44 | 58 | 51 | 1.35 | No |
| 2 | 105 | 88 | 80 | 84 | 1.23 | No |
| 2 | 114 | 93 | 96 | 94.5 | 1.47 | No |
| 2 | 110 | 92 | 88 | 90 | 1.18 | No |
| 2 | 90 | 75 | 72 | 73.5 | 1.28 | No |
| 2 | 108 | 76 | 75 | 75.5 | 1.6 | No |
| 2 | 104 | 95 | 90 | 92.5 | 1.44 | No |
| 2 | 103 | 83 | 86 | 84.5 | 1.24 | No |
| 2 | 90 | 97 | 95 | 96 | 1.22 | No |

1: libre, 2: sombra

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 8. Plantación de *S. macrophylla* King. bajo sombra.



Figura 9. Plantación de *S. macrophylla* King. a campo abierto.

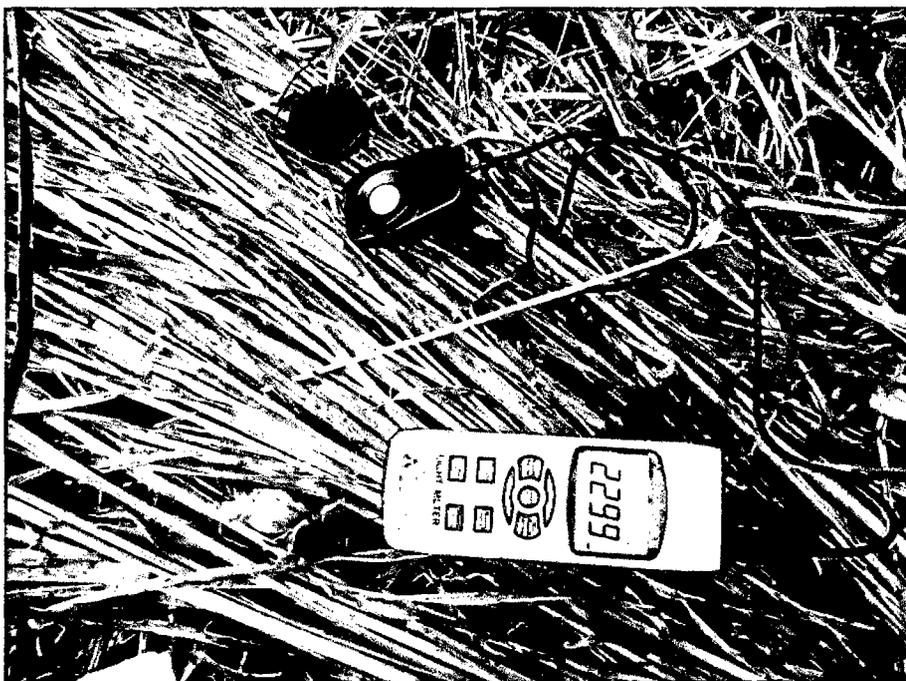


Figura 10. Luxímetro en la plantación en libre.



Figura 11. Luxímetro en la plantación con sombra.