



**ESTUDIO DE ADAPTABILIDAD DE TRES ESPECIES FORESTALES, DEL
GÉNERO *Paulownia* (*P. fortunei*, *P. elongata*, E HÍBRIDO ENTRE *fortunei* x
elongata). A LAS CONDICIONES DE SITIO “ESTEPA ESPINOSA” DE
TUNSHI, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

DANNY IVÁN GUILCAPI BALDEÓN

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado “ESTUDIO DE ADPATABILIDAD DE TRES ESPECIES FORESTALES, DEL GÉNERO *Paulownia* (*P. fortunei*, *P. elongata*, E HÍBRIDO ENTRE *fortunei x elongata*). A LAS CONDICIONES DE SITIO “ESTEPA ESPINOSA” DE TUNSHI, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

ING. Eduardo Cevallos

DIRECTOR

ING. Victor Lindao

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre Oswaldo Guilcapi (+)

A la mujer más sublime del mundo mi madre Gladys Baldeón que con su amor,
sabiduría y perseverancia ha hecho de mí una persona de bien y ha sido el pilar
fundamental para culminar con éxito mi meta

A mis hermanos Alex y Blanquita con quienes pasamos muy duros momentos y
lucharon junto a mí para alcanzar este sueño tan anhelado

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por la educación de excelencia recibida en esta prestigiosa institución educativa, en especial al Ing. Eduardo Cevallos e Ing. Víctor Lindao, por su fructífero aporte en el desarrollo del presente trabajo.

Al Doc. Jorge Grijalva, Ex Líder Nacional del Programa de Forestería por haberme abierto las puertas de este glorioso Instituto de Investigaciones y haberme permitido ser parte de la familia INIAP, al Ing. Raúl Ramos Coordinador Nacional del Programa Nacional de Forestería, por la confianza brindada y su incondicional apoyo en el proceso de la presente investigación.

Al equipo técnico del programa de Forestería, en especial al Ing. Roy Vera, Ing Franklin Sigcha, y al Ing Paulo Barrera por la orientación y apoyo brindado durante la investigación

A la SENESCYT por el financiamiento del presente trabajo de investigación.

A los compañeros Andrés Telenchano, Antonio Ati y Francisca Quispi, por su inmejorable contribución en la fase de campo de este trabajo.

TABLAS DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁG.
LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE CUADROS	ii
LISTA DE GRÁFICOS	iv
LISTA DE ANEXOS	vi
I. TÍTULO	1
II. INTRODUCCIÓN	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	89
VIII. RESUMEN	90
IX. SUMMARY	91
X. BILIOGRAFÍA	92
XI. ANEXOS	100

LISTA DE TABLAS

Nº	CONTENIDO	PÁG.
	Tabla 1. Principales enfermedades de Paulownia.....	15
	Tabla 2. Características químicas del suelo	23

LISTA DE FIGURAS

Nº	CONTENIDO	PÁG.
	Fig. 1. Medición del DAP	32
	Fig.2. Lecturas de diámetros de copa.....	33

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	PÁG.
Cuadro 1.	Especificación del campo experimental.....	25
Cuadro 2.	Descripción de los tratamientos en estudio.....	26
Cuadro 3.	Esquema del análisis de varianza para la fertilidad en el suelo.....	27
Cuadro 4.	Esquema del análisis de varianza para la compactación y densidad aparente en el suelo.....	28
Cuadro 5.	ADEVA para la compactación inicial en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	38
Cuadro 6.	ADEVA para la Densidad Aparente inicial en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	40
Cuadro 7.	ADEVA para el pH inicial y final en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	42
Cuadro 8.	ADEVA para el Nitrógeno Total inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	44
Cuadro 9.	ADEVA para el Fósforo inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	46
Cuadro 10.	ADEVA para el Potasio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	48
Cuadro 11.	ADEVA para el contenido de Calcio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	51
Cuadro 12.	ADEVA para el contenido de Magnesio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	54
Cuadro 13.	ADEVA para el contenido de Azufre inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	56
Cuadro 14.	ADEVA para el contenido de Zinc inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	58
Cuadro 15.	ADEVA para el contenido de Cobre inicial y final en el suelo. a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	60
Cuadro 16.	ADEVA para el contenido de Hierro inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	62
Cuadro 17.	ADEVA para el contenido de Manganeso inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	64

Cuadro 18. ADEVA para el contenido de Boro inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	65
Cuadro 19. ADEVA para el contenido de Materia Orgánica en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	67
Cuadro 20. Prendimiento en campo de las especies forestales en estudio.....	68
Cuadro 21. ADEVA para altura de planta de cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	69
Cuadro 22. ADEVA para diámetro a 10 cm del suelo de cuatro especies forestales, Est.Exp.Tunshi, 2015.....	73
Cuadro 23. ADEVA para área de copa de cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	76
Cuadro 24. Costos de mano de obra en el Establecimiento del ensayo.....	82
Cuadro 25. Costos de las especies forestales	83
Cuadro 26. Total de Insumos en el establecimiento del ensayo.....	83
Cuadro 27. Costos de insumos en el establecimiento del ensayo.....	83
Cuadro 28. Costos de herramientas y equipos en el establecimiento y manejo del ensayo	84
Cuadro 29. Costos de materiales de oficina en el establecimiento y manejo del ensayo.....	84
Cuadro 30. Costos totales en el establecimiento del ensayo	85
Cuadro 31. Costos mano de obra en el mantenimiento del ensayo	85
Cuadro 32. Costo de los Controles fitosanitarios.....	86
Cuadro 33. Costo Total de la Plantación.....	86
Cuadro 34. Costo Total de la Plantación / Especie Forestal.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

N°	CONTENIDO	PÁG.
	Gráfico 1. Compactación del suelo según la profundidad, Est. Exp. Tunshi, 2015.....	35
	Gráfico 2. Densidad aparente del suelo según el marco de plantación, Est. Exp. Tunshi, 2015.....	41
	Gráfico 3. pH inicial y final del suelo, Est. Exp. Tunshi, 2015.....	43
	Gráfico 4. Nitrógeno Total inicial y final del suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	45
	Gráfico 5. Fósforo presente en el suelo según el marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	47
	Gráfico 6. Fósforo inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015	47
	Gráfico 7. Contenido de Potasio en el suelo según las especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	49
	Gráfico 8. Contenido de Potasio en el suelo según su profundidad. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	50
	Gráfico 9. Calcio inicial y final en el suelo de las cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	52
	Gráfico 10. Calcio inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	53
	Gráfico 11. Magnesio inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	55
	Gráfico 12. Azufre inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	57
	Gráfico 13. Zinc inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	59
	Gráfico 14. Cobre inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	61
	Gráfico 15. Hierro inicial y final en el suelo según el marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015	63
	Gráfico 16. Hierro inicial y final en el suelo, Est.Exp.Tunshi, 2015	63
	Gráfico 17. Boro inicial en el suelo según el marco de plantación. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	66
	Gráfico 18. Boro inicial y final en el suelo, Est.Exp.Tunshi, 2015.....	67
	Gráfico 19. Porcentaje de Prendimiento en campo de las 4 especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	68

Grafico 20. Altura media de las 4 especies forestales de acuerdo a su marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	70
Grafico 21. Altura de planta de cuatro especies forestales con sus dos marcos de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015	72
Grafico 22. Comportamiento de las variables climáticas temperatura y precipitación durante todo el transcurso de la investigación.	72
Grafico 23. Diámetro de tallo (10cm) de cuatro especies forestales en sus dos marcos de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015.....	75
Grafico 24. Área de copa de cuatro especies forestales en sus dos marcos de plantación. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	77
Grafico 25. Porcentaje de Incidencia de la Mosca Blanca. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	79
Grafico 26. Porcentaje de Incidencia de la Fumagina. Est.Exp.Tunshi, 2015.....	81

LISTA DE ANEXOS

N°	CONTENIDO	PÁG.
	Anexo 1. Croquis del ensayo.....	100
	Anexo 2.1 Registro del número de lombrices.....	101
	Anexo 2.2 Registro para la compactación del suelo.....	102
	Anexo 2.3 Registro para la densidad aparente.....	103
	Anexo 3. Registro para las variables dasométricas de las especies forestales.....	104
	Anexo 4. Registro para la incidencia de plagas y enfermedades.....	105
	Anexo 5. Registro de datos económicos.....	106

I. “ESTUDIO DE ADAPTABILIDAD DE TRES ESPECIES FORESTALES, DEL GÉNERO *Paulownia* (*P. fortunei*, *P. elongata* E HIBRIDO ENTRE *fortunei x elongata*). A LAS CONDICIONES DE SITIO “ESTEPA ESPINOSA” DE TUNSHI, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

II. INTRODUCCIÓN

La deforestación y degradación de los bosques, constituyen uno de los mayores problemas ambientales a nivel global. En América Latina, se registró una pérdida neta de 88 millones de hectáreas de bosques durante los 20 años transcurridos desde 1990 hasta 2010 (FAO, 2010. Citado en FAO, 2012).

Según el Ministerio del Ambiente (MAE), los datos registrados respecto a la tasa de deforestación se estima del orden de 100.000 ha/año Además, solamente el 32% de la superficie del país tiene cobertura vegetal nativa y apenas el 0,6% de la superficie tiene plantaciones forestales, (MAE, 2000). Por otra parte, la tendencia en los últimos años evidencia una reducción sistemática de los bosques nativos, debido a una irracional explotación maderera, (The REDD Countries Database, 2012). Así, la cobertura forestal del país ha pasado de 13,81 millones de ha en 1990 a 9,86 millones en 2010 (FAO, 2010).

Esa reducción sistemática, ha sido provocada principalmente por una irracional explotación de los recursos forestales para distintos fines y usos, pero sobre todo para la industria de la madera, siendo el proceso de colonización, el eje principal para ese cambio de uso del suelo en detrimento de tie con aptitud forestal (FAO, 2010).

En Ecuador, las estadísticas forestales, revelan que de 9`599.678,7 hectáreas de bosques existentes (34,7 % de la superficie nacional), el 98,5% son bosques naturales, en tanto que las plantaciones no superan el 1,5% restante del patrimonio forestal. Estas cifras sumadas y comparadas con el uso potencial, sugieren que en el país existe un déficit de cobertura forestal de aproximadamente 2,0 a 2,5 millones de hectáreas (Carrión y Chú, 2011), mismas que podrían ser aprovechadas para potenciar el sector forestal productivo.

En el 2003, se inició en el país un proceso establecido en la Ley Forestal, relacionada con la formulación del Plan Nacional de Forestación y Reforestación (PNFR). Este Programa, actualmente bajo responsabilidad del MAE, prevé la forestación o reforestación de un millón de hectáreas en un periodo de 20 años, mediante tres programas: 750 mil ha de plantaciones con fines industriales, 150 mil ha para forestería social y agroforestería, y 100 mil ha para recuperación, conservación y protección (Grijalva, J. et al, 2012). Adicionalmente, en el año 2013, la Subsecretaría Forestal del MAGAP, lanzó el Plan de Incentivos Forestales para fomentar la forestación y reforestación comercial en tierras con aptitud forestal (MAGAP, 2013), bajo este escenario, es necesario potenciar el uso de especies forestales, particularmente aquellas de rápido crecimiento, y así dar respuesta oportuna a los programas vigentes en Ecuador.

En el país, tradicionalmente se explotan plantaciones de especies forestales de rápido crecimiento, nativas e introducidas, entre esas la balsa (*Ochroma pyramidale*), pachaco (*Schizolobium parahiba*), melina (*Gmelina arborea*), laurel (*Cordia alliodora*), y algunas especies de eucalipto (*Eucaliptus globulus*, *E. urograndis*, *E. saligna*) y pinos (*Pinus radiata*, *P. patula*), mismas que poseen turnos generalmente superiores a 8 y 12 años. El problema adicional de éstas especies en nuestro país se relacionan con heterogeneidad de las plantaciones y baja calidad de la madera, causado principalmente por el uso de material forestal de reproducción de malas características genéticas, ataques de insectos plagas y/o enfermedades, lo que se suma al desconocimiento de las propiedades físico mecánicas de la madera y el manejo silvicultural (Limongi et al., 2011).

Sin embargo, existen otras especies con similares atributos, particularmente del género *Paulownia*, las cuales en condiciones bioclimáticas de ciertas regiones de Asia y Europa, destaca por su considerable producción de biomasa, su capacidad de fijación y almacenamiento de CO₂, y buen recuperador de tierras, con lo cual se considera con potencial para reforestación de áreas agrícolas degradadas y para estabilizar suelos agroforestales, adicionalmente produce madera de excelente calidad, (Lucas et al., 2011; Wayne y Donald, 2004). Esos atributos ponen a este género en particular interés para programas forestales productivos como los indicados anteriormente.

El valor industrial y comercial que tiene éste género radica en su rápido crecimiento, mucho mayor que el alcanzado por otras especies, hecho que lo hace muy productivo y rentable para quienes lo cultivan. Entre otros beneficios, se destacan la excelente calidad y belleza de su madera, considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂, posibilidad de aprovechamiento del follaje para el ganado, potencial uso para reforestaciones de terrenos agrarios abandonados y/o degradados, valor ornamental, entre otros (Wayne, K. y Donald, G. 2004)

Las especies más utilizadas de este género son: *Paulownia fortunei*, que presenta tolerancia al frío pudiendo desarrollarse en lugares donde las temperaturas invernales alcanzan los 10°C bajo cero o incluso mayores, puede crecer hasta 20m, *Paulownia elongata* al parecer es la de más rápido crecimiento de árboles de madera dura, que crece hasta 4,6 m o más en el primer año, las plantaciones pueden alcanzar un tamaño comercial en cinco a siete años, esta especie puede soportar una muy amplia gama de condiciones ambientales llegando a soportar mínimas absolutas de -20 °C y máximas absolutas de 45 °C (Zhu Zhao-Hua et al., 1986). También se encuentra el híbrido entre *Paulownia elongata* x *Paulownia fortunei*, es utilizado por su madera, y tiene un impresionante desarrollo y crecimiento (Gardencenterejea, 2010).

A. JUSTIFICACIÓN

La Presidencia de la República del Ecuador ha manifestado interés de introducir y evaluar de manera prioritaria, la adaptación de plantas forestales del género *Paulownia* spp, a fin de determinar su potencial como alternativa con atributos de crecimiento rápido, para promover plantaciones forestales productivas con valor comercial en el país, prioridad que ha sido asignada al INIAP.

De otra parte, la investigación en *Paulownia* contribuye a sustentar las prioridades contempladas en el Plan Nacional de Forestación y Reforestación Productiva que conduce la Subsecretaría de Producción Forestal del MAGAP; y desde luego, a las prioridades de investigación forestal y agroforestal que conduce el Programa Nacional de Forestería del INIAP.

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene el propósito de analizar la viabilidad técnica, ecológica y económica de introducir al país, varias especies del género *Paulownia*, evaluar su adaptación y determinar su potencial forestal para fines de aprovechamiento de la madera y para otros usos múltiples.

B. OBJETIVOS

1. General

Estudiar la adaptabilidad de tres especies forestales, de rápido crecimiento del género *Paulownia* (*P. fortunei*, *P. elongata* e Híbrido entre *fortunei x elongata*) a las condiciones de sitio “Estepa Espinosa” de Tunshi

2. Específicos

- a. Analizar las condiciones edafoclimáticas durante el primer periodo de establecimiento de la plantación de las tres especies forestales.
- b. Evaluar el comportamiento dasométrico de las especies en estudio.
- c. Determinar costos de establecimiento y mantenimiento del cultivo durante su primer año de evaluación.

C. HIPÓTESIS

Ha. Las especies forestales del género *Paulownia* se adaptan a las condiciones ambientales de la localidad de Tunshi.

Ho. Las especies forestales del género *Paulownia* no se adaptan a las condiciones ambientales de la localidad de Tunshi

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. ADAPTABILIDAD

La mejor prueba de vitalidad de un ecosistema es la variedad de formas que en él se dan, como respuesta de los organismos a las condiciones del medio, es decir su adaptabilidad. (ATLAS ECOLÓGICO, 1995). Por su parte Cevallos, D. (2007), menciona que el término Adaptabilidad se refiere al cambio del comportamiento de los genotipos debido a las diferencias en los factores ambientales entre una localidad y otra.

1. Adaptación

Reigosa M, P. Y Sánchez, A. (2004), menciona que el término Adaptación se refiere a los cambios fisiológicos, morfológicos y enzimáticos de las plantas, sus órganos y orgánulos (por ejemplo cloroplastos) para ajustarse a las condiciones que prevalecen en el ambiente externo ya sea exposición o iluminación elevada o ambiente sombreado, suelo seco o húmedo. Por su parte Villafuerte, F, (2008), complementa a la definición, como cualquier característica del desarrollo, comportamiento, morfología o fisiología que surge en un ambiente determinado como resultado de la selección natural, y que mejora su oportunidad para sobrevivir y dejar descendencia fértil.

2. Ambiente.

El Diccionario Científico y Tecnológico (2002), define al ambiente como el conjunto de condiciones externas en las cuales un organismo vive, incluidos los factores físicos, químicos y biológicos, tales como la temperatura, la luz y la disponibilidad de alimentos; mientras que Hernandez, R, (2005), afirma que el ambiente de cada planta es la totalidad de las condiciones externas que actúan sobre un individuo o comunidad de organismos en un territorio definido biotopo.

3. Clima

El Diccionario Científico y Tecnológico (2002), menciona que el término clima se refiere al conjunto de fenómenos meteorológicos que por su duración o repetición caracterizan el medio ambiente de una región.

B. ZONA DE VIDA ESTEPA ESPINOSA MONTANO-BAJO

1. Localización y Superficie

(Rivas F, et al., 2005). Menciona que esta zona de vida, se la encuentra en el Callejón Interandino, formando llanuras, barrancos y valles muy secos como los de Guayllabamba, Jerusalén, San Antonio en la provincia de Pichincha. Saquisilí, La Victoria, Latacunga en la provincia de Cotopaxi, Yambo, Ambato, Cevallos y Totoras en Tungurahua. Guano, Cubijies, Riobamba, San Luis, Cebadas, Licto, Licán, Sibambe, Alausí y Guasuntos en la provincia de Chimborazo, cubriendo un área aproximada de 117.075 ha., que representa el 0.45% de la superficie total del país.

2. Características Climáticas

Es muy importante recalcar que esta formación se la encuentra a partir de los 2.000 hasta los 2.900 metros en las vertientes occidentales y llega a los 3.000 m en las vertientes orientales de los Andes, presentando límites de temperatura que fluctúan entre los 12 y 18° C, y con una precipitación media anual entre los 250 y 500 milímetros. (Rivas F, et al., 2005)

C. PLANTACIONES FORESTALES

La Organización para la Alimentación y Agricultura FAO, 2000, citado por Aguirre, 2005, define a las plantaciones forestales como “rodales establecidos mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación de una extensión igual o superior a 0.5 has. Pueden ser de especies introducidas (todos los rodales plantados) o de especies autóctonas sujetas a un manejo intensivo”, mientras que para Jiménez, L. (2009), las plantaciones forestales son esencialmente empresas económicas: a fin de obtener buenos resultados, es preciso brindarles atenciones y cuidados especiales durante todo el período de desarrollo, dentro de los límites económicos razonables. El tamaño de las plantas usadas, las condiciones edafoclimáticas, las especies, sus hábitos, vigor de crecimiento, su grado de tolerancia y los costos, determinarán el grado de atención que habrá que prestarles.

1. Clasificación de las plantaciones forestales

Existen diferentes criterios para clasificar las plantaciones forestales, según el Instituto De Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente “IARNA”, citado por Cabrera, (2003), los más comunes son los siguientes:

- Clasificación determinada por el ecosistema.
- Clasificación en función de la composición florística.
- Clasificación determinada por el origen de las especies plantadas.

2. Objetivo de las plantaciones forestales.

CIAT, (2002), coinciden en distinguir en el caso de plantaciones puras 4 objetivos: Uso industrial (leña/carbón, aserrío, laminado, látex, corcho), uso doméstico (leña/carbón, construcción rural, postes, etc.), protección del medio (erosión, viento recuperación de suelos, fijador de CO₂) y como parte de otros usos de la tierra (sistemas agroforestales).

3. Ventajas de las plantaciones forestales.

a. Ventajas

Entre las ventajas que presentan las plantaciones forestales según AGLOMERADOS COTOPAXI, (2014), están ser una alternativa para recuperar suelos degradados y erosionados por malas prácticas agrícolas y ganaderas incorporando materia orgánica al suelo y mejorando su estructura, por tanto las plantaciones son una alternativa productiva en suelos donde ya no se puede hacer agricultura o ganadería. En lo que se refiere a la industria forestal, manifiesta que los productos de madera provenientes de plantaciones reducen la presión sobre los bosques nativos.

Asimismo White y Marin, (2002), plantea que el uso de especies introducidas ofrece en la mayoría de los casos ventajas contra otras especies nativas, comparándolas en velocidad de crecimiento y turnos de aprovechamiento más corto, que son fundamentales para desarrollar proyectos financieramente viables.

b. Desventajas

Domínguez, A. (1998), manifiesta que cuando se desea cambiar las especies y no se cuentan con árboles semilleros se elevan los costos ya que se tendría que comprar material de plantación y al realizar la compra de semillas o plántones se corre el riesgo de ataque de plagas y enfermedades las cuales podrían amenazar el desarrollo óptimo de la plantación

4. Factores fundamentales que determinan el crecimiento

White y Marin, (2002), mencionan que entre los factores fundamentales que determinan el crecimiento están:

- a. Factores climáticos:** La temperatura del aire, la humedad, la energía radiante, precipitación, viento, etc.
- b. Factores Edáficos:** la profundidad efectiva, las propiedades físico químicas, la humedad el PH, los microorganismos etc.
- c. Factores topográficos:** pendiente y forma de relieve altitud y exposición.
- d. Factores de competencia:** Otros árboles, vegetación menor, animales etc.

C. GENERO PAULOWNIA

1. Descripción

Los árboles pertenecientes al género Paulownia spp, poseen un crecimiento rápido, siendo especialmente llamativo los primeros años de desarrollo, en condiciones normales un árbol de 10 años de edad puede alcanzar los 30 – 40 cm de diámetro normal y un volumen de madera próximo a 0,3 – 0,5 m³. Sin embargo, si las condiciones de cultivo son óptimas, se pueden alcanzar volúmenes de madera cercanos a los 4 – 4,5 m³, con unos crecimientos anuales en diámetro de 3 – 4 cm. (Zhu Zhao-Hua et al., 1986).

Zhu Zhao-Hua et al., 1986, citado por Lucas et al, (2011), menciona que Paulownia spp es el único género con especies arbóreas de la familia Scrophulariaceae tomando en

cuenta que las nueve especies de este género son originarias de China excepto *Paulownia fortunei* la cual se extiende hasta Vietnam y Laos, y *Paulownia tomentosa* que también vive en Corea y Japón.

Según Lucas et al., (2011), Son árboles que se cultivan hace más de 2600 años, pero que empezaron a ser estudiados a partir de 1972 por el investigador forestal de origen chino Zhu Zhao-Hua, sin embargo Gutiérrez y Ocaña, (2009); manifiestan que estos árboles empezaron a ser desarrollados genéticamente a comienzos de la década de 1990, mediante la evaluación de su adaptación a distintos climas a fin de promover su cultivo en el mundo, tanto para reforestación como para uso maderable y energético. Actualmente presenta una amplia distribución, desde el este de Asia –principalmente en Japón y Corea, pasando por Indonesia, Estados Unidos (Carolina del Norte y del Sur, California, Indiana y Kentucky) e India, hasta México y Brasil en América Latina. Las especies más utilizadas para proyectos forestales son *P. elongata*, *P. fortunei* y *P. kawakamii*

De lo anterior expuesto Gutiérrez, J y Ocaña, R. (2009), manifiestan que el árbol de *Paulownia* es un vegetal genéticamente modificado que a diferencia de otras plantas que intercambian la información hereditaria a través del polen transportado por el viento o los insectos, no modifican su entorno porque son clones estériles que sólo se reproducen en el laboratorio o en campo a partir de esquejes de raíz. Cabe comentar que su esterilidad también evita que afecten negativamente a las especies que con él conviven, por lo que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) recomienda el proyecto de reforestar bosques con esta especie.

2. Clasificación Taxonómica

Thunberg, el botánico suizo que la identificó y dio nombre en 1781, la clasificó dentro de la familia Bignoniaceae, aunque medio siglo más tarde, dos botánicos alemanes, Siebold y Zuccarini la incluyeron dentro de la familia Scrophulariaceae. En 1973, Zhu Zhao Hua y un grupo de científicos de la academia China de forestaría hicieron investigaciones sistemáticas corrigiendo el género y las especies, colocando al árbol de *Paulownia* en la familia de las Scrophulariaceae. (Gutiérrez, J y Ocaña, R. 2009).

3. Morfología de la planta

a. Semillas

Las semillas de Paulownia según Zhu Zhao-Hua et al., (1986) se caracterizan por ser ligeras, pequeñas y aladas, su germinación y crecimiento requiere luz intensa debido a lo cual esta especie no puede regenerar de forma natural bajo un dosel arbóreo. Áreas recientemente incendiadas y cultivos abandonados se consideran muy propicios para su establecimiento de forma natural, dado su carácter como especie pionera

Además estudios realizados en la Universidad de Tennessee (Estados Unidos) atribuyen a Paulownia spp, el carácter de especie invasora aunque sin embargo afirman también la gran dificultad que presenta esta especie para colonizar áreas abiertas con suelos estériles. (Wayne, K. y Donald G., 2004).

b. Hojas

Cerro, A. (2009), señala que se trata de una especie caducifolia con copa ancha y ramas de crecimiento horizontal, se caracterizan por ser hojas de gran tamaño presentando color verde oscuro en forma ovalada y acorazonada de 20 a 40 centímetros de ancho.

Por su parte Gutiérrez, J y Ocaña, R. (2009), manifiestan que las hojas pueden ser una alternativa forrajera ya que presentan 20% de proteína cruda y 60% de digestibilidad, lo que significaría un valor alimenticio excelente para los pequeños rumiantes.

c. Flores

Cerro, A. (2009), la floración de la especie se produce una vez por año, exhibiendo flores hermafroditas en panículas terminales de 30 a 40 centímetros de longitud con forma piramidal. Éstas se forman en otoño y permanecen cerradas hasta la primavera.

d. Frutos:

En lo que se refiere a los frutos Cerro, A. (2009), manifiestan que son una capsula leñosa dehiscente de forma ovoide, puntiaguda, de 3 a 5 centímetros con numerosas y pequeñas semillas, de color verde claro.

4. Requerimiento edafoclimáticos

a. Suelo

Lucas et al. (2011), reportan que este género crece mucho mejor en suelos fértiles, pero también son tolerantes a suelos pobres, en los que también pueden lograr incrementos de diámetro apreciables. Crecen en casi todo tipo de suelos, exceptuando aquellos con más de 30% de arcilla y suelos rocosos. A su vez, sus raíces verticales de 2 a 3 metros, lo convierten en un gran amortiguador de crecidas y es un buen recuperador de tierras y gran estabilizador de suelos agroforestales.

Por su parte Lyons (1993), manifiesta que las especies del género Paulownia también crecerán en suelos que tienen bajos contenidos de humus, con baja fertilidad y con un pH del suelo entre 5 y 8.

b. Precipitación

Lyons (1993), informó que Paulownia crecen mejor en zonas de precipitaciones altas (800 mm o más) siempre que los suelos presenten un buen drenaje. Este autor también mencionó que es preferible que las lluvias se presenten con una distribución relativamente uniforme.

c. Temperatura

Según Zhu Zhao-Hua et al., (1986), las especies del género Paulownia se adaptan a una gran variedad de climas pues el rango de temperaturas al que pueden adecuarse las varía ampliamente, llegando a soportar mínimas absolutas de -20 °C y máximas absolutas de 45 °C. Sin embargo diferentes experiencias demuestran que el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento en altura y diámetro se localiza usualmente entre 24 °C y 29 °C de temperatura media diaria.

1). Resistencia al frío:

Lyons (1993), menciona que *Paulownia* crece mejor en temperaturas que van desde 24-30 °C, sin embargo *Paulownia tomentosa* puede soportar temperaturas inclusive tan bajas como -20 °C.

d. Luminosidad

Según Chinese Academy of Forestry, (1986), la luminosidad es un factor muy importante, tanto para la germinación de las semillas como para el crecimiento de las plántulas ya que es una especie que requiere de luz intensa; mientras que en forma natural se regeneran solo en áreas abandonadas o quemadas, donde pueden ser consideradas especies pioneras.

e. Altitud

En relación a la altitud, el rango que normalmente ocupa esta especie varía entre los 600 y 1500 metros sobre el nivel del mar. (Zhu Zhao-Hua et al., 1986).

g. Viento

Según Chinese Academy of Forestry, (1986), el viento es el principal agente dispersor de las semillas, las que pueden llegar a viajar 0,5 a 1,0 km desde el árbol madre. Por otro lado no se recomienda plantar en sitios que tengan presencias de vientos fuertes ya que según Donald, D. (1990), las hojas de los árboles jóvenes debido a su gran tamaño podrían ser fácilmente dañadas

5. Plantación

a. Preparación del Terreno

Una buena preparación del terreno hace que la plantación sea más fácil y sobre todo crea condiciones favorables de crecimiento para las plantas, la cual dependerá sobre

todo de varios aspectos como de la rugosidad y la vegetación de la sitio de plantación, ya que por ejemplo campos viejos suelen requerir tratamiento con herbicidas para controlar las malezas y arbustos, el arado de disco para aflojar el suelo y de esa manera permitir un mejor crecimiento de la raíz. (Wayne, K. y Donald G., 2004).

b. Establecimiento de plantaciones

Agrodesierto (2007), manifiesta que no hay que emplear nunca semillas, salvo excepciones con fines de investigación pues la calidad es muy variable. Debido a esto se recomienda emplear siempre clones seleccionados y de ser posible de micro propagación, que se puedan plantar directamente en el campo.

En igual forma el empleo de esquejes de raíz no está muy aconsejado debido al costo y dificultad de su establecimiento, ya que primero debe hacerse en vivero y luego en el campo, además el índice de éxito es bastante bajo ya que existen riesgos de transmisión o importación de patologías. En fin desde un punto de vista fitosanitario y productivo los arboles de micro propagación son siempre la alternativa más fiable y segura. (Agrodesierto, 2007)

c. Marcos de Plantación

Loewe (2010), menciona que en condiciones normales el espaciamiento inicial debe oscilar desde 6 x 6, 5x 5 y 4x 4m y se debe realizar un raleo a los 5- 6 años, mientras que por su parte Beckjord (1984), indica espaciamientos bastante más estrechos que los citados por otros autores, desde 2 x 2 hasta 3 x 3 m.

d. Riego

Zhu Zhao-Hua et al., (1986), indica que los riegos deben ser proporcionados en la estación seca, además se debe proporcionarle de un riego después de 7 u 8 días de la plantación. ya que el agua es el elemento crítico y determinante para la sobrevivencia de estas especies (Beckjord, 1984).

e. Control de Malezas

Según Gutiérrez J, y Ocaña, R. (2009), el suelo de Paulownia puede mantenerse limpio mediante repetidas labranzas o en combinación con el uso de herbicidas, ya que las ventajas de realizar esta práctica consisten en: facilitar las operaciones como la incorporación de abono y fertilizantes, la poda y el control sanitario.

Gutiérrez, J y Ocaña, R. (2009), también menciona que estos trabajos pueden realizarse con maquinaria, ya sea con arado, rastra de discos o rastra de dientes, tomando en cuenta que cuando se trate de malezas grandes o se requiere incorporar fertilizante y abonos orgánicos, se debe trabajar a una profundidad de 10 a 25 cm.

f. Podas

Las técnicas de poda son sencillas, pero son fundamentales para obtener madera de primera calidad (exenta de nudos). Beckjord (1984) recomienda realizar esta actividad durante la época inicial de crecimiento ya que se desarrollan yemas vegetativas en la porción axial del fuste y alrededor de los pecíolos también, las cuales pueden ser desprendidas manualmente evitándose así el desarrollo de ramas y en consecuencia la necesidad de una poda posterior

g. Plagas y Enfermedades

1) Plagas en China

Agrodesierto (2004), menciona que debido a la naturaleza de las hojas de Paulownia grandes y nutritivas que constituyen un buen forraje, esta planta aunque muy resistente puede ser atacada por algunas especies. Por ejemplo en Asia las principales plagas de insectos fitófagos que le pueden afectar son: *Agrotis ypsilon* (Rott.) *Gryllotalpa unispina* Saussure, *Empoasca flavescens*, *Cicadalla viridis* L.

2) Enfermedades

Según Gutiérrez, J y Ocaña, R. (2009), una de las enfermedades más importantes de esta especie es la que se conoce como “escoba de bruja”, que se propaga por el empleo de material contaminado y por insectos chupadores de savia. Esta enfermedad supuestamente está localizada en las áreas de distribución natural de la Paulownia en Asia, aunque también ha aparecido en Estados Unidos.

Tabla.1. Principales enfermedades de Paulownia

Hongo causal	Daños	Control
<i>Phytophthora ssp.</i>	Pudrición de tejido en el cuello de la raíz y estrangulamiento	Vapam ½ L en 10 L de agua para 10 m ²
<i>Armillaria stump rot</i>	Pudrición de la base del tronco	
<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición del cuello, marchites y muerte en partes aéreas	PCNB 75% 8-10 g/m ²
<i>Fusarium sp.</i>	Acaparamiento, las hojas se marchitan, mueren y caen al suelo	Captafol 0,56 L/Ha
<i>Sphacelloma sp</i> y <i>S. paulowniae</i>	Ataca tallos, hojas y brotes, especialmente árboles jóvenes	

Fuente: (Gutiérrez , J y Ocaña, R. 2009)

h. Métodos de Reproducción

La propagación del árbol es *in vitro*, pues de obtenerse por semilla germinarían árboles con escaso vigor, sin uniformidad de crecimiento y sobre todo con un rendimiento

inaceptable, debido en gran parte a ciertas características de la planta como por ejemplo la autofecundación la cual debe ser corregida mediante técnicas de fecundación dirigida a árboles de diferentes clones para obtener semillas viables. Además de que los árboles provenientes de semilla salen tan caros o más que los obtenidos *in vitro*. (Gutiérrez, J y Ocaña, R. 2009).

a. Micropropagación

La micropropagación es el procedimiento aséptico que involucra la manipulación de órganos de plantas capaces de derivar todos los procesos sexuales y de propagación vegetativa tal como cuando se practica convencionalmente (Hartman y Kester, 1975).

Por su parte Das y Mitra (1990), señala que el éxito en los procedimientos de micropropagación de muchas plantas leñosas podrían ser influenciados por varios factores entre estos están: los reguladores del crecimiento de plantas, las condiciones físicas y los sustratos de cultivo entre las más importantes.

6. Usos

Según Chinese Academy of Forestry, (1986), la madera de Paulownia es liviana, su densidad es de 0,26 - 0,33 g/cm³ según la especie y las condiciones del sitio, de la misma manera Donald, D. (1990), menciona que la madera es suave, de fibra recta de colores claros y sin olor, y sobre todo es fácil de trabajar y de aserrar.

Debido a esto Agrodesierto (2007), menciona entre los usos comerciales de la Paulownia se encuentran: muebles, armarios, puertas, ventanas, paneles, gabinetes de alta calidad, postes, columnas; revestimiento interior de caravanas, aviones y embarcaciones ligeras; instrumentos musicales, cabañas, racks, juguetes, recubrimientos, armazones, forros para cajas fuertes, molduras, marcos, trabes, triplay, aglomerado, calzado, artesanías, humidificadores de puros.

7. Beneficios

Principalmente el valor industrial y comercial que tiene el género radica en su rápido crecimiento mucho mayor que el alcanzado por otras especies, hecho que lo hace muy

productivo y rentable para quienes lo cultivan. Entre otros beneficios se destacan la excelente calidad y belleza de su madera, que ofrece árboles ideales para recuperar controlar y estabilizar la erosión de suelos gracias a su profundo sistema radicular, considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂, posibilidad de aprovechamiento del follaje para el ganado, potencial uso para reforestaciones de terrenos agrarios abandonados y/o degradados, valor ornamental, etc. (Wayne, K. y G. Donald, 2004).

Otra ventaja importante respecto a otros vegetales según Zhu Zhao-Hua et al., (1986), radica en su gran capacidad para generar biomasa. La cantidad de biomasa que presenta una especie arbórea se entiende como la composición, en peso seco, de cada uno de los órganos del árbol: tronco, ramas, hojas, flores, frutos y raíces. Un árbol de 8 años de edad presenta una proporción de biomasa de cada órgano de 31.9%, 25.31%, 21.32%, 17.19%, 4.27% y 1.4% para los troncos, hojas, ramas, raíces, flores, y frutos respectivamente y, aproximadamente, unos 275,4 Kg. de materia seca total.

8. Especies

a. *Paulownia elongata*

Con respecto a esta especie Gutiérrez J, L. y Ocaña, R. (2009), manifiestan que se trata de una especie que lleva aproximadamente 2 600 años en China, cuando este país abrió sus puertas al mundo después de la Revolución China, una compañía australiana comenzó a realizar colectas de las diferentes especies existentes de *Paulownia* con el fin de hacer diferentes trabajos sobre sus características y aprovechamiento en el mejoramiento del medio ambiente, por lo que adquirió los mejores genes de la planta,

El crecimiento que presenta su fuste en altura es intermitente, verificándose cada 2-4 años, por lo que un individuo de 10 años de edad ha pasado por 3-4 períodos rítmicos de crecimiento. Generalmente el primer periodo es el de mayor crecimiento alcanzando 3-4 m, siendo los sucesivos de menor incremento (Chinese Academy of Forestry, 1986).

Bajo condiciones normales según Chinese Academy of Forestry (1986), la tasa máxima de incremento volumétrico de esta especie se alcanza entre los 8 y los 13 años, período

en el cual el incremento anual es igual al crecimiento total de los primeros 6 años y posteriormente dicho incremento disminuye paulatinamente.

b. *Paulownia fortunei* (árbol de la fortuna)

Chinese Academy of Forestry (1986), manifiesta que la variedad más utilizada para uso comercial es la *Paulownia fortunei*, la cual presenta una tolerancia al frío bastante considerable pudiendo desarrollarse en lugares donde las temperaturas invernales alcanzan los 10° C bajo cero o incluso mayores. En esta especie una de las dos ramas dicotómicas es más vigorosa que la otra siendo la principal la responsable del crecimiento del fuste. Debido a este fenómeno los individuos poseen un tronco recto y durante los primeros años el incremento en altura es rápido.

1) Características

- Género: *Paulownia*
- Especie: *fortunei*
- Nombre común: Árbol de la Fortuna
- Pre-tratamiento: no se requiere
- Altura / Extensión: 18m/15m
- Tipo de planta: Árbol mediano
- Tasa de crecimiento: muy rápido
- Tipo de vegetación: caducifolio ornamental
- Hoja / tono de la flor: verde / violeta-crema
- Tasa de germinación: 80%

Chinese Academy of Forestry, (1986), indica que el incremento volumétrico máximo en *P. fortunei* es generalmente 18 -36% mayor que en *P. elongata* para un mismo diámetro. Así mismo, se ha observado que el incremento volumétrico máximo de las plantaciones se alcanza mucho antes que en las formaciones naturales.

c. *Paulownia híbrido (fortunei x elongata)*

Gardencenterejea (2010), indica que entre las características principales de esta variedad tenemos: Planta muy fragante, y de muy rápido crecimiento, interesante por sus colores otoñales, planta con mucho futuro para la silvicultura por su impresionante desarrollo y crecimiento. También menciona que se debe tener mucho cuidado con la poda ya que si lo podamos mucho las hojas serán muy grandes pero suprimiremos la floración. Es una planta que hay que podarla a ras el primer año que se planta. Las ventajas que presentan los árboles del genero *Paulownia* según Gardencenterejea (2010), son ser adaptables, resistentes, regeneradores de suelos, ornamentales, no agresivos y productores, además, de celulosa, de forraje y miel de excelente calidad. Todas las plantas de *Paulownia* cultivadas con fines comerciales son clones, esto significa que son plantas idénticas con unas características concretas. No es conveniente que se utilice semillas para plantar, las semillas de paulownias no transmiten las características.

D. *EUCALIPTUS SALIGNA*

Según Luzar, J. (2007), el eucalipto se ha convertido en el árbol más investigado del planeta debido a las polémicas afirmaciones que sobre este árbol se han lanzado. La ciencia ha demostrado que el comportamiento de esta especie es análogo al de otras especies autóctonas en cuanto a su comportamiento con el suelo, el agua, especies acompañantes, mientras que por su rápido crecimiento se utiliza para paliar el déficit de madera existente en muchas regiones del mundo.

Por su parte CATIE (1986), señala que se trata de un árbol de gran porte que puede alcanzar de 40 a 55 metros de altura y de 1,2 2 2,0 metros de diámetro a la altura de pecho, inclusive manifiesta que pueden llegar a los 65 metros de alto y a los 2,5 metros de diámetro.

1. Ecología y Distribución de la Especie

Ecuador Forestal (2012), es su ficha técnica de especies forestales manifiesta que el eucalipto es australiano; fue introducido en la sierra a alturas entre 2.200 y 3.200 msnm, al interior del callejón Interandino. Su rendimiento decae en zonas con periodos secos,

prolongados, son neblina en zonas húmedas, con heladas en zonas secas y vientos frecuentes superiores a 8m/segundo. Generalmente se encuentran en plantaciones puras.

2. Clasificación Botánica

REINO: Plantae

PHYLUM: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Myrtales

FAMILIA: Myrtaceae

GÉNERO: Eucaliptus

ESPECIE: Saligna (INBUY, 2014)

3. Descripción Botánica

a. Hojas: Las hojas son opuestas en plantas jóvenes, pecioladas más o menos elípticas. Luego son alternas, persistentes con peciolo cortos de inserción oblicua u horizontal., se caracterizan por presentar un color verde oscuro en el haz y verde palido en el envés, miden aproximadamente de 9 a 17 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho. (CATIE, 1986).

b. Flores: La inflorescencia de *E.saligna*, son umbelas axilares de 7 a 11 flores dispuestas sobre un pedúnculo aplastado de 4 a 18 mm de longitud, posee yemas sésiles de 4 a 5 mm de diámetro. Los estambres son todos fértiles. (CATIE, 1986).

c. Frutos son capsulas con pedicelos muy cortos y ligeramente acampanulados, miden de 5 a 8mm de diámetro con el borde hundido.

d. Semillas: Las semillas son pequeñas de 1 a 2 mm de longitud de color pardo mate con porcentajes de germinación de 30 a 50 por ciento, se encuentran entre 2,5 a 3,5 millones de semillas por Kilogramo, en condiciones naturales produce abundante fructificación cada dos años. (CATIE, 1986).

4. Usos

CATIE (1986), menciona que las especies de este género se ha utilizado como ornamental o como especies para sombra, produce abundante néctar y polen pero la miel derivada no es de la mejor calidad, de la corteza de árbol se extrae taninos (5 al 11%), mientras que las hojas contienen 0,12 % de aceites esenciales.

También se recomienda para la obtención de chapas y contrachapas, así como parquet y cajones para las frutas, debido a que su madera según Boland et al., (1986), se caracteriza por ser moderadamente densa, fuerte, durable, relativamente fácil de trabajar de preservar y presenta un buen acabado.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.

1. Ubicación del campo experimental

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica del lugar.

Coordenadas Proyectadas UTM Zona 17S, Datum WGS84

Altitud: 2780 m

x = 764255 E

y = 9806720 N

3. Características meteorológicas.¹

Precipitación media anual: 835,6 mm

Precipitación media mínima: 16,5 mm (Febrero)

Precipitación media máxima: 145,2 mm (Mayo)

Temperatura media anual: 13,8 ° C

Temperatura media mínima: 8,9 ° C

Temperatura media máxima: 19,1 ° C

Evaporación diaria anual: 2,29 mm

Humedad relativa media anual: 83 %

Velocidad del viento media anual: 2,0 Km/h

Presión Atmosférica: 1009,2 hPa

¹ Fuente: Estación Meteorológica Tunshi- INIAP (2014)

4. Clasificación ecológica.

Según Holdrige (1982), las zonas de vida donde se desarrolló el experimento corresponden a la clasificación ecológica: Estepa- espinosa Montano Bajo (ee-MB).

5. Características del suelo

a. Características químicas del suelo²

Tabla 2. Características químicas del suelo

IDENT	Ppm					MO %	pH
	NH4	P	K	CA	Mg		
SUELO	34,00 M	39,00 A	1,18 A	15,20 A	5,60 A	1,50 B	7,72 LAI

Interpretación de Fertilidad

LAc= Ligeramente ácido

B=Bajo

M=Medio

A= Alt

b. Características Físicas del suelo³

Franco Limoso

Arena (%) = 40

Limo (%) = 50

Arcilla (%) = 10

B. MATERIALES

² **Fuente:** Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, 2014

³ **Fuente:** Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, 2014

1. Materiales de Campo

Información secundaria (documentación disponible en proyectos y programas), Formularios (Matriz de recolección de información de campo), GPS (Sistema de Posicionamiento Global), cámara digital, cinta diamétrica, forcípula digital, vehículo, cuadernos de campo, cinta métrica, machete, barreno, piola, estacas, guantes, etiquetas pequeñas, bolsas de plástico, tijeras de podar en altura, carteles de identificación, 3 especies forestales del genero *Paulownia*: *P. fortunei* (171 plantas), *P. elongata* (187 plntas), *P. hibrido* (173 plantas), y una especie forestal del género *Eucaliptus saligna* (193 plantas), Estación meteorológica, instrumentos para medir diámetro < 10 cm, placas y clavos de aluminio, palas de desfonde, Fertilizante compuesto (Basacote plus forestal3M), fertilizante foliar, materia orgánica.

2. Materiales de Oficina

Equipo informático, Software ArcGis 10.1, INFOSTAT, equipo fotográfico, computadora, materiales de escritorio y papelería en general.

C. METODOLOGÍA

1. Características y especificación del diseño de campo experimental.

Cuadro 1. Especificación del campo experimental.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Forma de la Parcelas	Rectangular
Área neta de la Unidad Experimental Por marco de plantación	81 m ² (3m x 3m) y 144 m ² (4 m x 4m)
Area total del Ensayo	8726 m ²
Numero de Tratamientos	8
Número de Bloques	3
Número total de plantas de Paulownia	563
Número total de plantas de Eucalipto saligna (Testigo)	183
Número total de plantas a evaluar por unidad experimental	9
Número total de plantas a evaluar	216 (24x9)

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

2. Factores en estudio

a. Factor A: Marco de plantación

A1: (3*3) m

A2: (4*4) m

b. Factor B: Especies de Paulownia

B1: *P. fortunei*

B2: *P. elongata*

B3: Híbrido (*P. fortunei* x *P. elongata*)

B4: Testigo (*Eucaliptus saligna*).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T1	A1B1	<i>P. fortunei</i> en un marco de plantación de 3x3m
T2	A1B2	<i>P. elongata</i> en un marco de plantación de 3x3m
T3	A1B3	(<i>P. fortunei</i> x <i>P. elongata</i>) en un marco de plantación de 3x3m
T4	A1B4	Testigo (<i>Eucaliptus saligna</i>) en un marco de plantación de 3x3m
T5	A2B1	<i>P. fortunei</i> en un marco de plantación de 4x4m
T6	A2B2	<i>P. elongata</i> en un marco de plantación de 4x4m
T7	A2B3	(<i>P. fortunei</i> x <i>P. elongata</i>) en un marco de plantación de 4x4m
T8	A2B4	Testigo (<i>Eucaliptus saligna</i>) en un marco de plantación de 4x4m

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

3. Diseño experimental

a. Tipo de Diseño

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar factorial con arreglo combinatorio.

b. Esquema del análisis de varianza

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza para la fertilidad en el suelo

Fuente de Variación	Fórmula	Gl
Bloques (B)	$(B-1)=(3-1)$	2
Marco de Plantación (MP)	$(MP-1)= (2-1)$	1
Especie forestal (EF)	$(EF-1)=(4-1)$	3
Profundidad (P)	$(P-1)= 2-1$	1
Evaluación (E)	$(E-1) = 2-1$	1
M. Plantación x Especie (MPxEF)	1x3	3
M. plantación*Profundidad (MPxP)	1x1	1
M. plantación*Evaluación (MPxE)	1x1	1
Especie*Profundidad (EFxP)	3x1	3
Especie*Evaluación (EFxE)	3x1	3
Profundidad*Evaluación (Px E)	1x1	1
M. plantación*Especie*Profundidad (MPxEFxP)	1x3x1	3
M. plantación*Especie*Evaluación (MPxEFxE)	1x3x1	3
M.plantación*Profundidad*Evalua (MPxPx E)	1x1x1	1
Especie*Profundidad*Evaluación (EFxPx E)	3x1x1	3
M.plantación*Especie*Profundidad* Evaluación (MPxExPx E)	1x3x1x1	3
ERROR	$Gl-(B)-(MP)-(EF)-(P)-(E)-(MPxE)-(MPxP)-(MPxE)-(EFxP)-(EFxE)-(Px E)-(MPxEFxP)-(MPxEFxE)-(MPxPx E)-(MPxEFxPx E)$	62
TOTAL	$(B)(MP)(EF)(P)(E)-1=96-1$	95

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 4. Esquema del análisis de varianza para la compactación y densidad aparente en el suelo

Fuente de Variación	Fórmula	Gl
Bloques (B)	$(B-1)=(3-1)$	2
Marco de Plantación (MP)	$(MP-1)=(2-1)$	1
Especie forestal (EF)	$(EF-1)=(4-1)$	3
Profundidad (P)	$(P-1)=2-1$	1
M. Plantación x Especie (MPxEF)	3x1	3
M. plantación*Profundidad (MPxP)	1x1	1
Especie Forestal*Profundidad (EFxP)	3x1	3
M. plantación*Especie*Profundidad (MPxEFxP)	1x3x1	3
ERROR	$Gl-(B)-(MP)-(EF)-(P)-(MPxEF)-(MPxP)-(EFxP)-(MPxEFxP)$	30
TOTAL	$(B)(MP)(EF)(P) 1=48-1$	47

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

4. Análisis estadístico

Para las variables de altura total, diámetro a 10 cm del suelo, área de copa, que fueron registradas en el tiempo, se utilizó un modelo mixto, esto para corregir la heterogeneidad de las varianzas y la dependencia temporal al registrar datos en el tiempo sobre el mismo individuo.

Para las variables del suelo se utilizó el análisis de varianza factorial con respecto a: la profundidad, especies forestales, marco de plantación, y edad. Adicionalmente, se utilizó las pruebas de comparación Fisher 5% para las fuentes de variación e interacción en función del nivel de discriminación esperado.

Para el caso de sobrevivencia y evaluación de plagas y enfermedades se realizó un análisis descriptivo, mientras que para el caso de los costos se realizó un análisis descriptivo de los costos invertidos en cada etapa de la investigación es decir en costos de establecimiento y durante el primer año de evaluación donde se incluirá los rubros

de mano de obra, insumos agrícolas, herramientas, equipos e instalaciones, maquinaria y herramientas, materiales y equipos de oficina

Para aquellas variables registradas en el tiempo, la evaluación del modelo del análisis de la varianza se realizó comprobando los supuestos: normalidad, homocedasticidad e independencia. En las demás, se determinó el coeficiente de variación (CV) en porcentaje. Adicionalmente, se utilizó las pruebas de comparación Fisher 5% para las fuentes de variación e interacción en función del nivel de discriminación esperado.

D. METODOS DE EVALUACIÓN

1. En el suelo

a. Compactación del suelo

Se registraron datos de compactación del suelo, al inicio de la evaluación de la plantación (año 1), mediante muestreo sistemático en la parcela neta de cada UE siguiendo transectos en forma de zig – zag, en cada una de las unidades experimentales. Esta información se tomó a dos profundidades (0 a 25cm, y 25,1 a 50 cm), con la ayuda de un penetrómetro de lectura directa. Esta variable se expresó en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgfcm^{-2}).

b. Densidad aparente del suelo

Se recolectaron muestras de suelo al inicio utilizando el método del barreno de cilindro de volumen conocido (Forsythe citado por Ramos, 2003). Para lo cual se obtuvieron muestras de suelo a dos profundidades (0 a 25 cm y 25,1 a 50 cm), en la parcela neta de cada UE ubicando el cilindro en el tercio medio de la profundidad en cuestión, luego se traspasó el suelo a una bolsa plástica etiquetada posteriormente, se registró el peso de la caja (g), peso fresco del suelo y se colocó en una estufa a 105 °C de temperatura por 24 horas, luego de lo cual se colocó la muestra en desecadores para enfriarla y pesarla.

La densidad aparente se expresó en g/cc y se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Da= Ms/Vt}$$

Dónde:

Da= densidad aparente en g/cc

Ms= masa del suelo seco en g

Vt= volumen total del cilindro en cm^3

c. Fertilidad

Se registraron datos de fertilidad de suelo al inicio y al final del periodo de evaluación de la plantación de *Paulownia*, a dos profundidades (0 a 25 cm y 25.1 a 50 cm); mediante muestreo sistemático en la parcela neta de cada UE, siguiendo transectos en forma de zig – zag. Con la ayuda de un barreno de tubo, se tomaron 2 submuestras de suelo por profundidad, las mismas que formaron una muestra compuesta. La muestra se colocó en una bolsa plástica bien etiquetada y se llevó al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para determinar:

Textura (%), pH, materia orgánica total (%), Nitrógeno total (%), Fósforo (ppm), Azufre (ppm), Potasio (meq/100 ml), Calcio (meq/100 ml), Magnesio (meq/100 ml), Zinc (ppm), Cobre (ppm), Hierro (ppm), Manganeso (ppm), Boro (ppm).

d. Número lombrices

Se realizaron dos evaluaciones durante dos épocas del año: durante la época seca (Agosto) y en la época lluviosa (Abril); se muestreo con un cuadrante de 0,25*0,25 m y se exploró hasta una profundidad de 20 cm.

2. En las especies forestales en estudio

a. Porcentaje de Prendimiento en campo

Se cuantificó el número de plantas prendidas en el área neta de cada UE, realizando la primera evaluación a los 15 días después de la plantación y las posteriores cada 30 días, hasta los 120 días del cultivo, Esta variable se reportó en porcentaje (%) y se calculó a través de la siguiente fórmula. (DOMÍNGUEZ, O. 2011)

$$\% \text{ de Prendimiento} = \frac{\# \text{ de plantas Prendidas}}{\# \text{ total de plantas trasplantadas}} * 100$$

b. Altura de la planta

A los 15 días del trasplante, en cada parcela neta se registró la altura de planta de cada uno de los individuos a evaluar ($n=9$) utilizando una regla graduada en cm, se midió desde la base del árbol hasta su yema apical, posteriormente se evaluó cada 30 días durante el primer año de ejecución del experimento. Los datos se registraron en cm.

c. Diámetro a 10 cm del suelo

En cada parcela neta, inmediatamente luego del trasplante, se registró el diámetro del tallo a 10 cm del suelo de cada una de las plantas, con la ayuda de una forcípula digital graduada en cm, posteriormente se evaluó cada 30 días.

d. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Esta variable se registró en cada una de las plantas de la parcela neta de cada UE ($n=9$), luego que éstas alcanzaron 1,5 m de altura, que en nuestro caso fue la especie testigo (*Eucalipto saligna*). Se tomó como diámetro el valor promedio de dos mediciones tomadas perpendiculares a 1,3 m desde la base del árbol (Fig. 1) con ayuda de una forcípula digital. El diámetro a la altura del pecho se registró en cm.



Fig. 1: Medición del DAP (Villareal et al., 2004).

e. Área de la copa

Para la estimación del área de la copa, se requirió medir dos diámetros de la copa, uno en el lado más angosto y otro en el lado más ancho, formando una cruz y tomando como vértice el fuste del árbol. Para la estimación de éstos diámetros se utilizó la proyección de la copa en el suelo; se midió en dos direcciones (puntos cardinales Norte-Sur y Este-Oeste) (Fig. 2). Esta estimación se realizó cada 30 días y el área de copa se calculó mediante la siguiente fórmula:

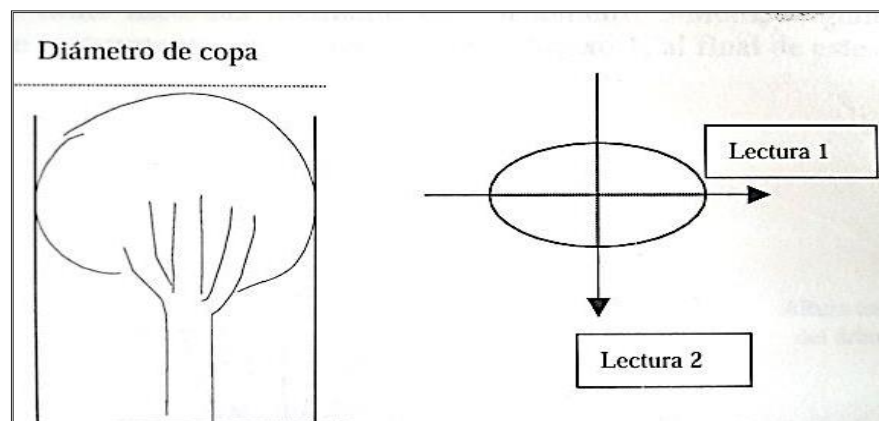


Fig.2: Lecturas de diámetros de copa (Morales, et al. 2002)

$$\text{Área} = \pi * \frac{d_1}{2} * \frac{d_2}{2}$$

Donde:

d_1 : diámetro N - S

d_2 : diámetro E - O

f. Incidencia de insectos plaga y enfermedades en las especies forestales en estudio

Se evaluó la presencia de insectos plaga y enfermedades. Esta variable se evaluó identificando el síntoma o daño presente en el órgano específico del árbol (hoja, rama, fuste, raíz, etc) y se llevó al laboratorio para su identificación. Las evaluaciones se realizaron constantemente durante los primeros 120 días del cultivo y luego se realizaron visitas cada 15 días. Para la evaluación de los daños se procedió de la siguiente manera:

Por tratamiento: Se evaluó la incidencia de daño como porcentaje de plantas enfermas. Se consideró planta enferma toda aquella que sufrió algún daño por pequeño que éste sea. Por contraposición, se denominó planta sana aquella que no posea ningún tipo de tejido dañado. Así se obtuvo datos de % de plantas enfermas respecto al total de plantas de cada tratamiento.

$$\% \text{ plantas afectadas} = \frac{n^{\circ} \text{ plantas afectadas}}{9} \cdot 100$$

Por planta: para evaluar la severidad del daño sufrido en cada planta enferma, se estableció una escala en función del porcentaje de tejido dañado. Si el daño se produce en hojas, ramas o brotes, el % de tejido dañado se calculó como número de hojas afectadas en relación al número total.

3. Para el análisis económico

Se levantó la información económica mediante un registro de egresos durante el transcurso de toda la investigación tomando en cuenta los siguientes aspectos.

Se registró los egresos o gastos durante toda la investigación: valor de la mano de obra, precios de los insumos. Para ello, se consideraron las diferentes actividades (preparación del terreno, balizado, ahoyado, fertilización, plantado, control de malezas, podas y riegos). Los insumos (fertilizante, materia orgánica, hidrokeeper, otros), equipos (herramientas manuales, equipo de riego, otros), materiales (baldes, cuerda, otros), servicios (análisis de suelo, análisis de plagas y enfermedades) y mano de obra durante el primer año de plantación.

Para cuantificar la cantidad de mano de obra utilizada en cada actividad de la instalación y manejo del experimento, se registró durante el periodo de investigación y se expresó en número de jornales por hectárea. Igualmente se determinaron los insumos internos y externos utilizados en la investigación y se registrará la cantidad y costo de cada uno de ellos.

E. MANEJO DEL ENSAYO.

1. Reconocimiento del área en estudio

Con información previa determinada en el proyecto, se realizó un recorrido del lugar (Granja Experimental Tunshi) y con la ayuda de un GPS se delimitó el área para el experimento. Para la selección del área experimental se tomó en cuenta los siguientes criterios: 1) accesibilidad, 2) Topografía, 4) Disponibilidad de agua para riego.

2. Medición del área experimental.

Para el diseño de las parcelas en estudio, se realizó el levantamiento topográfico con la ayuda de un GPS y con la ayuda de un flexómetro, estacas y cuerda. Se procedió a delimitar el área total de los tratamientos, donde se ubicaron las 36 parcelas de investigación o unidades experimentales considerando los respectivos marcos de plantación.

3. Registro Climático.

Con el fin de registrar datos e información climática que sirvió para correlacionar con el comportamiento de las especies en estudio durante el periodo experimental, se procedió a instalar una mini estación meteorológica en el sitio de estudio

Se registró información de: temperatura en grados centígrados, y humedad relativa en (%) / Presión atmosférica en (mbar) / Velocidad en (m/s) y dirección del viento / Precipitación en (mm).

4. Prácticas pre culturales

a. Preparación del suelo

Previo a la instalación del experimento se realizó la respectiva adecuación del lote, realizando limpieza del material vegetal que se encuentre en el terreno (chapia), se realizó un pase de arado y rastra.

b. Balizado

Se colocó una estaquilla en cada sitio donde se plantaran los árboles, colocando a las distancias respectivas de acuerdo al diseño propuesto en la investigación,

c. Hoyado

Una vez que se tuvo el terreno balizado con la ubicación destinada para las plántulas, se realizó la apertura de los hoyos con las siguientes dimensiones 40 cm de ancho x 40 cm de largo x 40 cm de profundidad, para esto se utilizó una hoyadora.

d. Fertilización

Al fondo de cada uno de los hoyos se colocó 50 g de SUMICOAT (19-8-12-2), fertilizante de lenta liberación y 500 g de materia orgánica descompuesta

f. Plantación

Se plantó de acuerdo a los marcos de plantación anteriormente mencionados; y se utilizó el sistema de siembra conocido como RECTANGULAR O CUADRANGULAR dependiendo de la densidad de plantación.

g. Riego

Luego de la plantación, se realizó un riego con 2 litros de agua por planta, Durante el período de evaluación, en la época seca, se aplicó agua de acuerdo a las condiciones ambientales del sitio.

5. Prácticas Culturales

a. Control de malezas

El experimento permaneció sin maleza para evitar competencia por nutrientes entre la maleza y la especie forestal y evitar posibles hospederos de plagas. Para ello, se realizó

limpieza manual de la corona y chapia; dicha labor se efectuó cada 15 días en todos los tratamientos en estudio.

b. Podas

Se eliminaron todos los brotes laterales (ramas, nunca las hojas), cada dos semanas durante los primeros 120 días de la plantación. Los brotes laterales se eliminaron con el uso de tijeras de podar.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. EN EL SUELO

1. Compactación del suelo

Según el Cuadro 5, la Compactación del suelo evaluada al inicio del ensayo presenta diferencias altamente significativas para el factor profundidad, mientras que para los demás factores no presentan diferencias significativas.

Cuadro 5. ADEVA para la compactación inicial en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	178,63	2	89,32	4,99	0,0135*
M. plantación	2,24	1	2,24	0,13	0,7258 ns
Especie	53,17	3	17,72	0,99	0,411 ns
Profundidad	1374,31	1	1374,31	76,73	<0,0001***
M. plantación*Especie	26,53	3	8,84	0,49	0,6893 ns
M. plantación*Profundidad	0,8	1	0,8	0,04	0,834 ns
Especie*Profundidad	46,21	3	15,4	0,86	0,4725 ns
M. plantación*Especie*Profundidad	10,55	3	3,52	0,2	0,8981 ns
Error	537,34	30	17,91		
Total	2229,79	47			

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

* : significativo a un 95%

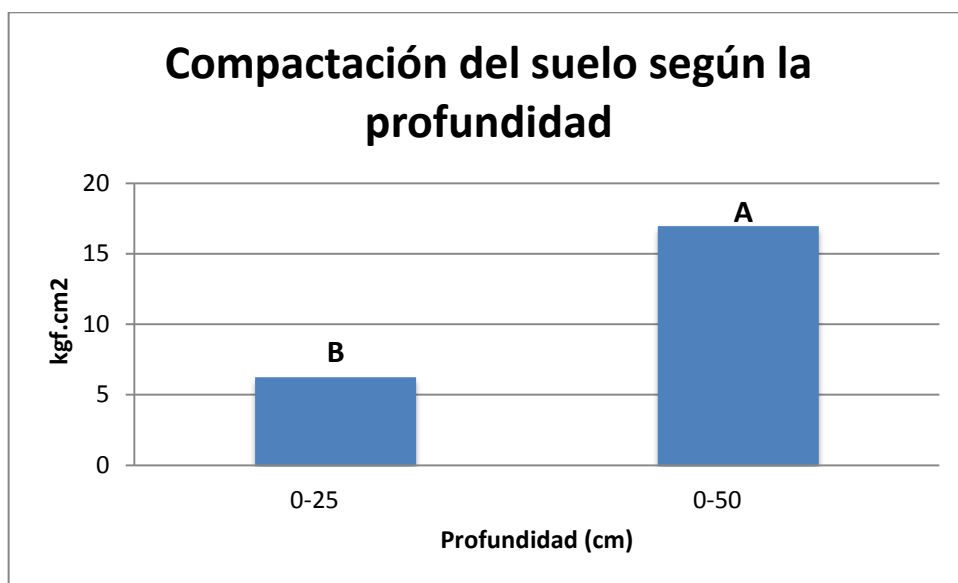
** : altamente significativo a un 99%

***: muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 1, la zona más compactada aparece justo por debajo de 25cm es decir la compactación aumenta con la profundidad, este aumento de compactación se puede atribuir a la preparación del terreno con la utilización de maquinaria agrícola, mismo que ejerce presión y peso sobre la tierra logrando su compactación, lo cual concuerda con lo mencionado por Materechera et al., (1992), quien manifiesta que la tendencia

hacia el uso de maquinaria pesada, equipos de labranza y el tráfico vehicular sobre tierras agrícolas ha incrementado no solo la severidad, sino además la profundidad a la cual ocurre la compactación del suelo

Por su parte Martino y Shaykewich (1994), establecieron que la resistencia de 2000 kPa (20 kgf.cm²) del suelo es crítica para la penetración radical, por tal razón, el sitio experimental no debió presentar problemas para la penetración radical de las especies en estudio debido a que los datos de compactación obtenidos en campo son valores menores a los citados por dicho autor (6,24 y 16,95 kgf.cm²)



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 1. Compactación del suelo según la profundidad, Est. Exp. Tunshi, 2015

2. Densidad aparente del suelo

Según el Cuadro 6, la Densidad Aparente del suelo evaluada al inicio del ensayo presenta diferencias significativas para el factor especie y para la interacción Marco de Plantación * Especie.

Cuadro 6. ADEVA para la Densidad Aparente inicial en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,05	2	0,02	3,46	0,0444 *
M. plantación	0,0033	1	0,0033	0,5	0,4854 ns
Especie	0,06	3	0,02	3,04	0,0444 *
Profundidad	0,02	1	0,02	3,12	0,0876 ns
M. plantación*Especie	0,06	3	0,02	3,08	0,0425 *
M. plantación*Profundidad	0,01	1	0,01	2	0,168 ns
Especie*Profundidad	0,01	3	0,0036	0,54	0,6582 ns
M. plantación*Especie*Profundidad	0,02	3	0,01	0,75	0,5318 ns
Error	0,2	30	0,01		
Total	0,43	47			

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

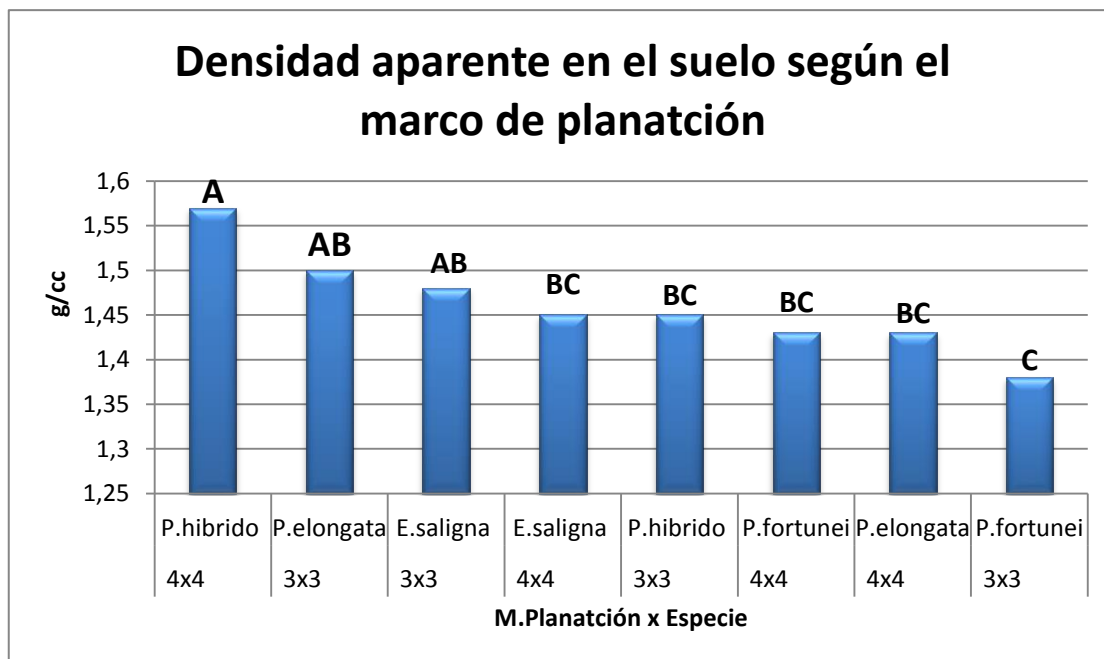
ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Gráfico 2, el suelo que presenta una mayor densidad aparente es el que se encuentra la especie *Paulownia hibrido* en el marco de plantación 4x4 m, y la menor densidad aparente se encuentra en el sitio donde está la especie de *Paulownia fortunei* con el marco de plantación 3x3 m. A pesar de que estadísticamente hay diferencia, no existen diferencias matemáticas importantes entre las especies encontrándose la densidad aparente en un rango que varía entre (1,57 a 1,38) g.cm⁻³; por tal razón el sistema radicular de las especies en estudio no deberían tener ningún problema para desarrollarse, ya que según ASAE (1981), considera los valores de 1,58, 1,65, 1,80 y 1,85 g.cm⁻³ para la densidad aparente , que causarían impedimentos severos en el crecimiento radical y el rendimiento, en suelos franco arcilloso, franco limoso, franco arenoso fino, y arenosos finos francos, respectivamente. Este resultado refleja también la heterogeneidad del terreno del experimento, a pesar de tratarse de un sitio aparentemente homogéneo.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

GRÁFICO 2. Densidad aparente del suelo según el marco de plantación, Est. Exp. Tunshi, 2015

3. Fertilidad

a) pH

Según el Cuadro 7, El potencial hidrógeno del suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor, mientras que en la evaluación final muestras diferencias significativas para el factor Evaluación.

Cuadro 7. ADEVA para el pH inicial y final en el suelo a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Inicial
Bloque	0,75	2	0,38	4,56	0,0142 **	0,2336 ns
M. plantación	0,0000042	1	0,0000042	0,00005	0,9944 ns	0,8345 ns
Especie	0,43	3	0,14	1,73	0,1697 ns	0,8491 ns
Profundidad	0,05	1	0,05	0,54	0,4633 ns	0,8345 ns
Evaluación	6,14	1	6,14	74,22	<0,0001***	
M. plantación*Especie	0,32	3	0,11	1,29	0,2864 ns	0,2079 ns
M. plantación*Profundidad	0,01	1	0,01	0,16	0,6924 ns	0,9044 ns
M. plantación*Evaluación	0,01	1	0,01	0,12	0,7345 ns	
Especie*Profundidad	0,01	3	0,003	0,04	0,9906 ns	0,7447 ns
Especie*Evaluación	0,28	3	0,09	1,11	0,35 ns	
Profundidad*Evaluación	0,1	1	0,1	1,15	0,2881 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,04	3	0,01	0,16	0,9253 ns	0,9234 ns
M. plantación*Especie*Evalua..	0,33	3	0,11	1,33	0,2732 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,03	1	0,03	0,35	0,558 ns	
Especie*Profundidad*Evalua..	0,25	3	0,08	1	0,3969 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,03	3	0,01	0,12	0,949 ns	
Error	5,13	62	0,08			
Total	13,9	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

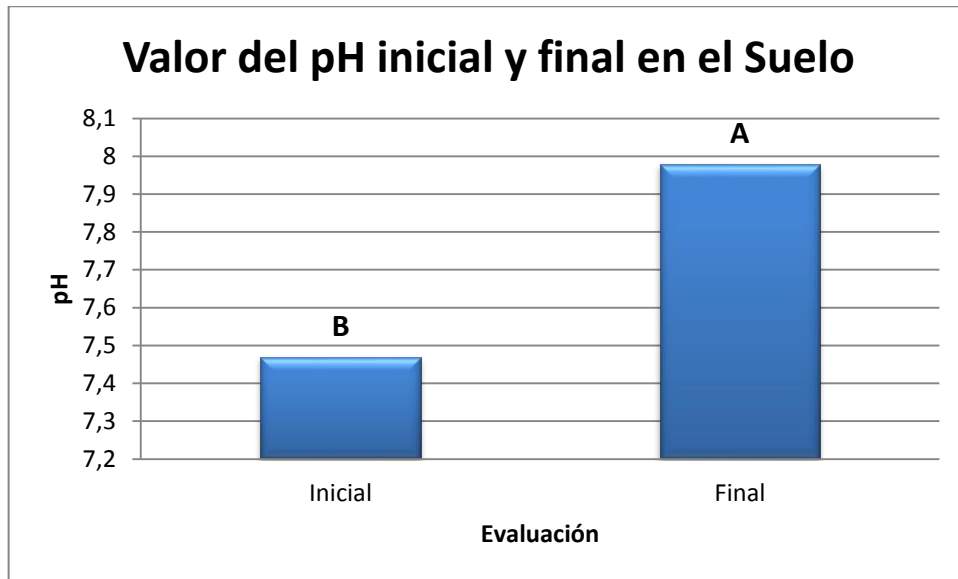
*****: altamente significativo a un 99%

*******: muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 3, el pH promedio en la evaluación inicial de la investigación resultó con un valor de 7,47, sin embargo, en el análisis al año de edad del sistema, resultó con un valor de 7,98. Esto significa un incremento de 0,51 puntos en el pH del sistema. A pesar de que se sigue manteniendo como un suelo ligeramente alcalino existe una tendencia a aumentar la alcalinidad del suelo. Este incremento entre periodos de evaluación, se podrían atribuir a que el suelo es un ente dinámico sobre el cual actúan factores físicos, químicos y biológicos como intemperismo⁴, reacciones minerales,

⁴ Es la acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.), mediante los cuales la roca es descompuesta y desintegrada por la exposición continua a los agentes atmosféricos, transformando a las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado (Haas, H., 2010).

descomposición de materia orgánica producida por microorganismos y ciclaje de nutrientes; con diferentes intensidades en el tiempo. (Criollo, N. 2013)



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 3. pH inicial y final del suelo, Est. Exp. Tunshi, 2015

b) Nitrógeno Total

Según el Cuadro 8, el nitrógeno total presente en el suelo, resultado del muestreo en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; mientras que en la evaluación final muestra una diferencia altamente significativa para el factor evaluación.

Cuadro 8. ADEVA para el Nitrógeno Total inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	p-inicial
Bloque	0,11	2	0,06	25,92	<0,0001***	<0,0001***
M. plantación	0,0018	1	0,0018	0,83	0,3647 ns	0,1325 ns
Especie	0,0042	3	0,0014	0,63	0,5967 ns	0,2862 ns
Profundidad	0,00082	1	0,00082	0,37	0,5449 ns	0,6227 ns
Evaluación	0,17	1	0,17	75,63	<0,0001***	
M. plantación*Especie	0,00011	3	0,000037	0,02	0,9969 ns	0,9299 ns
M. plantación*Profundidad	0,000037	1	0,000037	0,02	0,8966 ns	0,9563 ns
M. plantación*Evaluación	0,01	1	0,01	2,32	0,1331 ns	
Especie*Profundidad	0,0014	3	0,00048	0,22	0,8844 ns	0,9226 ns
Especie*Evaluación	0,01	3	0,0024	1,11	0,3512 ns	
Profundidad*Evaluación	0,000067	1	0,000067	0,03	0,8625 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,00058	3	0,00019	0,09	0,9666 ns	0,9647 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,0024	3	0,00082	0,37	0,7749 ns	
M.plantación*Profundidad*E..	0,0001	1	0,0001	0,05	0,8286 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	0,00072	3	0,00024	0,11	0,9549 ns	
M_plantación*Especie*Profu..	0,00088	3	0,00029	0,13	0,9401	
Error	0,14	62	0,0022			
Total	0,44	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

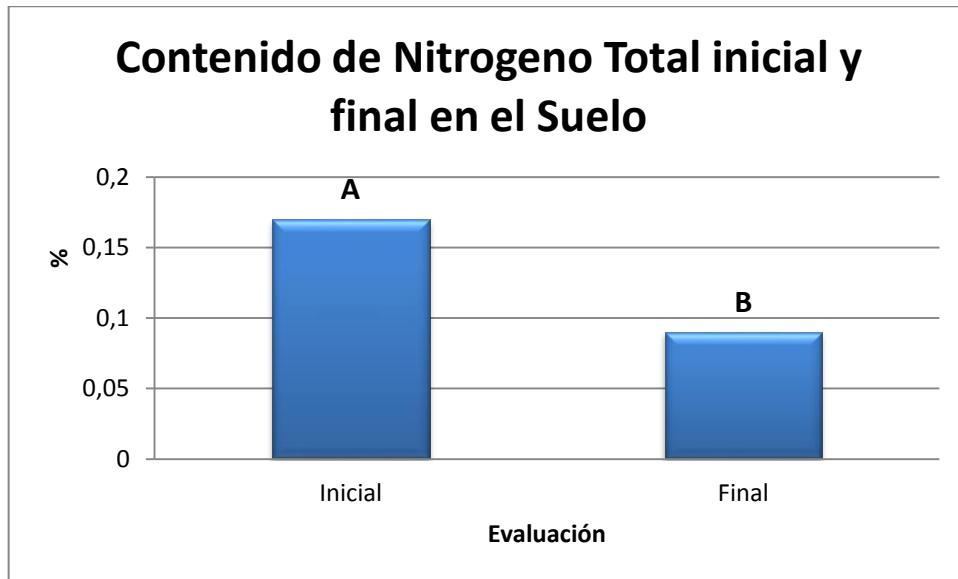
***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

El Gráfico 4, que describe el comportamiento de este nutriente desde el inicio hasta la fase final de la evaluación, se puede evidenciar claramente que existe una disminución del elemento, lo mismo que puede explicarse debido a que el sistema en general puede estar extrayendo este elemento sin distinguir ninguna especie o factor en estudio en particular, por lo tanto, ya que tanto Paulownia y Eucalipto generan una gran cantidad de follaje durante el primer año, puede atribuirse que una gran cantidad de N está siendo utilizado para este fin, ya que según Rodríguez (1982), cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno se incrementa la densidad de clorofila así la asimilación y síntesis de productos orgánicos, lo cual se observa en el incremento en volumen y peso del follaje. Mientras que Bonner y Galston, (1961), manifiestan que el nitrógeno constituye,

aproximadamente, del 1 al 5% del peso seco de las hojas, y una parte menor, pero aún importante, del peso seco de los demás tejidos vegetales.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 4. Nitrógeno Total inicial y final del suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

c) Fósforo

Según el Cuadro 9, el fósforo asimilable resultado del muestreo en la evaluación inicial presenta diferencias significativas en el factor de Marco de Plantación, diferencias que se han mantenido en la evaluación final, lo que nos indica que probablemente no existió influencia de las especies forestales en estudio durante el periodo de evaluación de la investigación.

Cuadro 9. ADEVA para el Fósforo inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-final	p-inicial
Bloque	542,99	2	271,49	2,81	0,0677 ns	0,0007 **
M. plantación	800,42	1	800,42	8,3	0,0055 **	0,0058 **
Especie	193,52	3	64,51	0,67	0,5746 ns	0,6249 ns
Profundidad	299,63	1	299,63	3,11	0,083 ns	0,4876 ns
Evaluación	148,5	1	148,5	1,54	0,2194 ns	
M. plantación*Especie	459,28	3	153,09	1,59	0,2016 ns	0,0572 ns
M. plantación*Profundidad	114,41	1	114,41	1,19	0,2804 ns	0,4682 ns
M. plantación*Evaluación	3,3	1	3,3	0,03	0,8539 ns	
Especie*Profundidad	286,53	3	95,51	0,99	0,4035 ns	0,9435 ns
Especie*Evaluación	118,85	3	39,62	0,41	0,746 ns	
Profundidad*Evaluación	121,95	1	121,95	1,26	0,2653 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	199,94	3	66,65	0,69	0,5612 ns	0,925 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	331,38	3	110,46	1,14	0,3381 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	297,51	1	297,51	3,08	0,084 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	271,6	3	90,53	0,94	0,4277 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	218,59	3	72,86	0,76	0,5236 ns	
Error	5982,51	62	96,49			
Total	10390,9	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

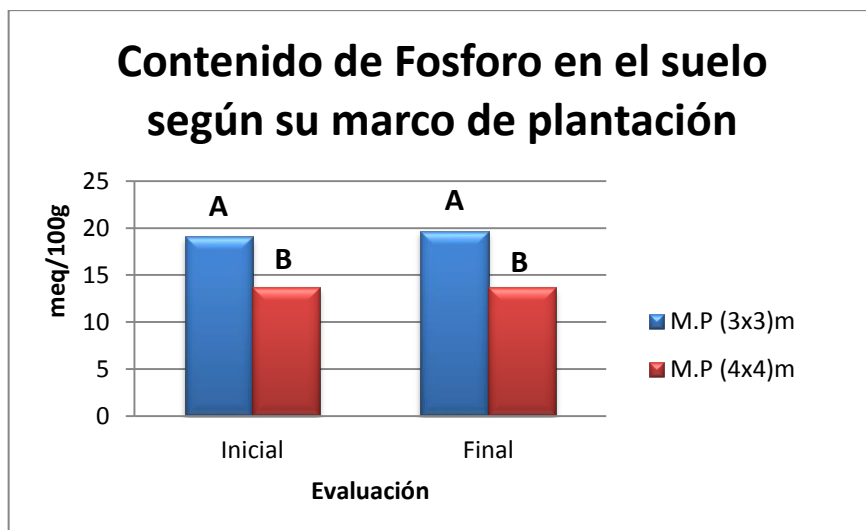
ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

*****: altamente significativo a un 99%

*******: muy altamente significativo a un 99,99%

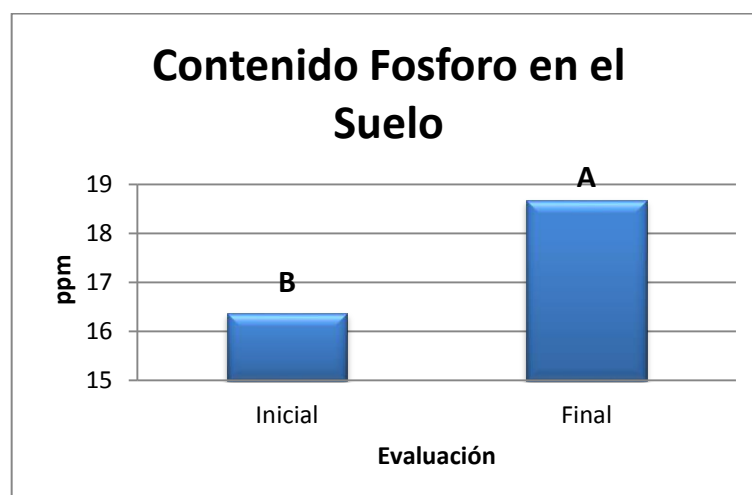
Según el Grafico 5, se puede observar que el marco de plantación 3x3 m presenta el mayor contenido de fosforo tanto en la evaluación inicial como en la final, las diferencias encontradas en el factor marco de plantación, puede atribuirse a que el sitio o terreno utilizado para la investigación no es totalmente homogéneo para este elemento, y por coincidencia el marco de plantación 3x3 fue ubicado en el sitio con mayor cantidad de P (19,08 ppm). Esta tendencia fue mantenida hasta el final de la evaluación.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 5. Fósforo presente en el suelo según el marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015

Según el Grafico 6, el contenido de fosforo en el suelo entre periodos de evaluación, aumentó de 16,38 ppm a 18,68 ppm. Este aumento de niveles de Fosforo en el suelo se podría deber a la incorporación de materia orgánica producto de las labores culturales, esto incluye a las podas, control de malezas, también a la caída natural de hojas senescentes tanto de *Paulownia* y *Eucalipto*, ya que según (Lugo, 1986), los árboles pueden absorber entre 6 y 30 kg/ha por año de fósforo retornando un 50% con las hojas caídas, lo cual puede significar una importante devolución de P al suelo.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 6. Fósforo inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

d) Potasio

Según el Cuadro 10, el Potasio asimilable resultado del muestreo en la evaluación inicial presenta diferencias significativas en el factor Especie, diferencias que se han mantenido en la evaluación final lo que nos indica que probablemente no existió influencia de las especies forestales en estudio durante el periodo de evaluación de la investigación, pero también presenta diferencias significativas en el factor profundidad.

Cuadro 10. ADEVA para el Potasio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	P-inicial
Bloque	0,03	2	0,01	1,19	0,3122 ns	0,0623 ns
M. plantación	0,01	1	0,01	0,49	0,4863 ns	0,1059 ns
Especie	0,23	3	0,08	6,69	0,0005 *	0,0062 **
Profundidad	0,14	1	0,14	12,27	0,0009 *	0,1173 ns
Evaluación	0,01	1	0,01	0,73	0,3964 ns	
M. plantación*Especie	0,1	3	0,03	2,97	0,0387 ns	0,0899 ns
M. plantación*Profundidad	0,03	1	0,03	2,51	0,1184 ns	0,6579 ns
M. plantación*Evaluación	0,03	1	0,03	2,76	0,102 ns	
Especie*Profundidad	0,02	3	0,01	0,62	0,6048 ns	0,2489 ns
Especie*Evaluación	0,08	3	0,03	2,43	0,0738 ns	
Profundidad*Evaluación	0,02	1	0,02	1,49	0,2276 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,02	3	0,01	0,44	0,7227 ns	0,7551 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,03	3	0,01	0,95	0,4205 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,01	1	0,01	0,9	0,3458 ns	
Especie*Profundidad*Evalua..	0,1	3	0,03	2,83	0,0457 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,01	3	0,0038	0,34	0,7994 ns	
Error	0,7	62	0,01			
Total	1,55	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

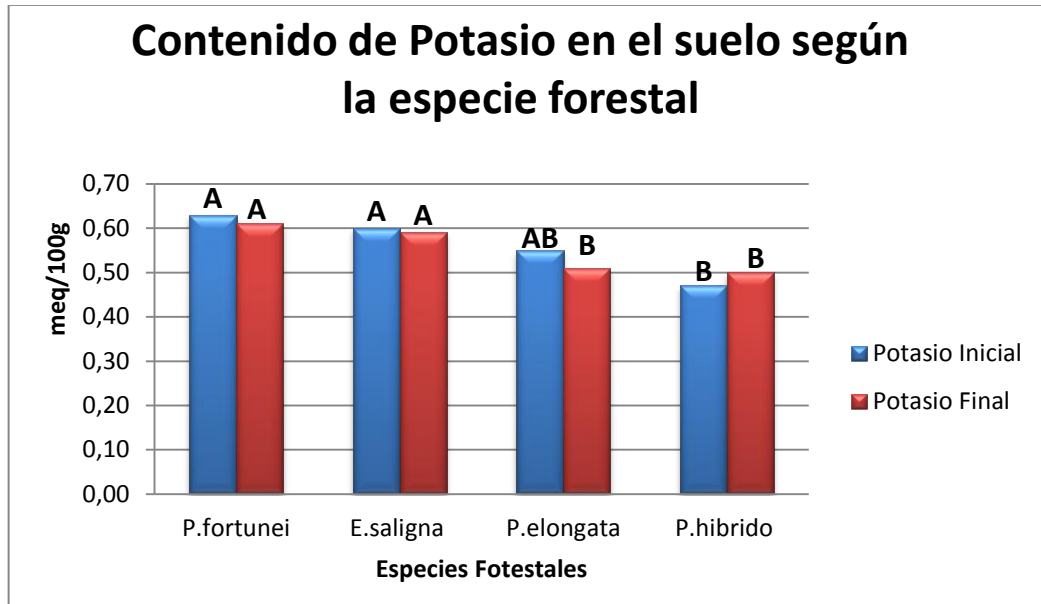
* : significativo a un 95%

** : altamente significativo a un 99%

***: muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 6, se puede observar que las especies de *Paulownia fortunei* y *Eucalipto saligna* son las especies forestales que mayor contenido de potasio presentan tanto en la evaluación inicial como en la final, Las diferencias encontradas en el factor

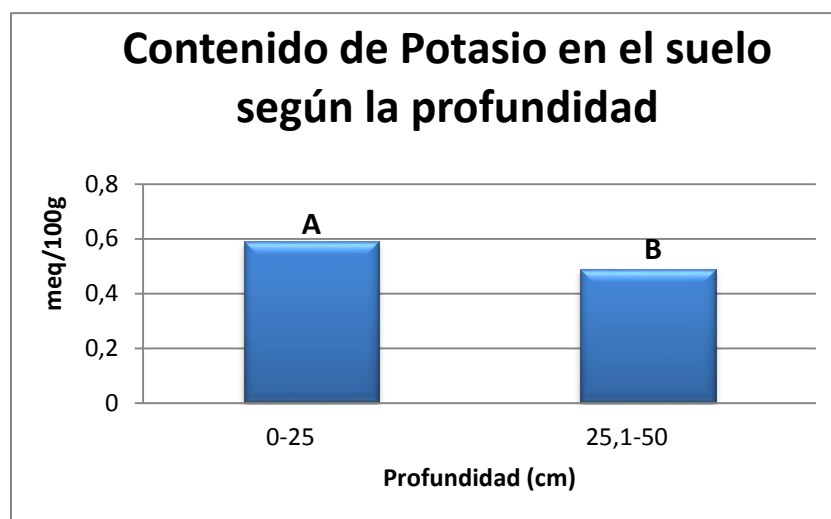
especie, puede atribuirse a que el sitio o terreno utilizado para la investigación no es totalmente homogéneo para este elemento, y por coincidencia, las especie *Paulownia fortunei* y *Eucalipto saligna* fueron ubicadas en el sitio con mayor cantidad de K (0,63 meq/100g y 0,60 meq/100g) respectivamente, diferenciándose significativamente de las demás, tendencia que se mantiene al final de la investigación.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 7. Contenido de Potasio en el suelo según las especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015

Según el Grafico 8, el contenido de Potasio promedio en la profundidad (0-25 cm) evaluación final de la investigación es 0,59 meq/100g, mientras que en la profundidad (0-50cm) es de 0,49 meq/100 ml es decir disminuye el elemento a una mayor profundidad, al respecto INPOFOS, (1997) afirma que a diferencia del N y algunos otros nutrientes, el K tiende a mantenerse en el sitio donde se coloca cuando se fertiliza. Cuando el K se mueve, lo hace por medio del proceso denominado difusión, en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas del suelo. Las condiciones secas hacen que este movimiento sea más lento, pero niveles alto de K en el suelo lo aceleran.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 8. Contenido de Potasio en el suelo según su profundidad. Est. Exp. Tunshi, 2015

e) Calcio

Según el Cuadro 11, el Calcio presente en el suelo resultado del muestreo en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; mientras que en la evaluación final presenta diferencias estadísticas significativas para el factor especie y para el factor evaluación presenta deferencias altamente significativa

Cuadro 11. ADEVA para el contenido de Calcio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-final	p-inicial
Bloque	158,77	2	79,38	28,8	<0,0001***	0,0001***
M. plantación	0,46	1	0,46	0,17	0,6836 ns	0,4139 ns
Especie	31,99	3	10,66	3,87	0,0133 ns	0,1915 ns
Profundidad	1,39	1	1,39	0,5	0,4807 ns	0,9264 ns
Evaluación	413,09	1	413,09	149,89	<0,0001***	
M. plantación*Especie	6,66	3	2,22	0,81	0,4954 ns	0,573 ns
M. plantación*Profundidad	0,53	1	0,53	0,19	0,6622 ns	0,7744 ns
M. plantación*Evaluación	0,49	1	0,49	0,18	0,6747 ns	
Especie*Profundidad	2,93	3	0,98	0,35	0,7858 ns	0,9759 ns
Especie*Evaluación	19,13	3	6,38	2,31	0,0847 ns	
Profundidad*Evaluación	1,78	1	1,78	0,64	0,4251 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,67	3	0,22	0,08	0,9702 ns	0,9873 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,12	3	0,04	0,01	0,9975 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	1,47	1	1,47	0,53	0,4687 ns	
Especie*Profundidad*Evalua..	2,73	3	0,91	0,33	0,8034 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	1,69	3	0,56	0,2	0,8934 ns	
Error	170,87	62	2,76			
Total	814,77	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

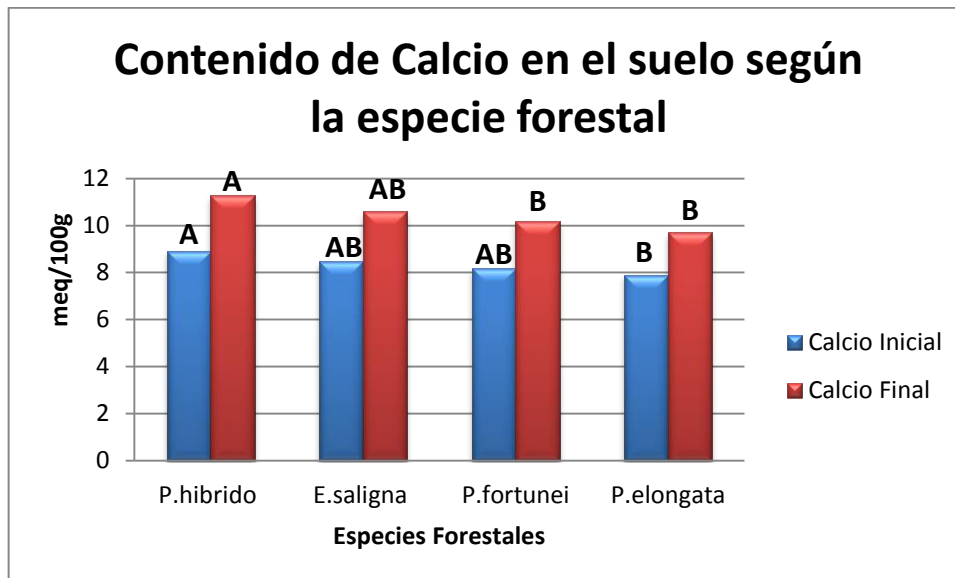
****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Gráfico 9, al año de plantación la especie que más aportó el elemento Calcio fue *Paulownia hibrido* con 2,35 meq/100g seguida de *Eucalipto saligna* con 2,14 meq/100g, luego *Paulownia fortunei* con 2,02 meq/100g y finalmente, *Paulownia elongata* con 1,79 meq/100g, se podría decir que al inicio de la evaluación el terreno fue homogéneo en lo referente al contenido de Calcio para todas las especies forestales, pero en la evaluación final se nota que si hay un aporte de este elemento, por parte de las especies forestales en estudio principalmente por *Paulownia hibrido*

Según Padilla (2007), las plantas y sus componentes, tienen contenidos variables de Ca y esto depende de la especie, variedad y condiciones de crecimiento de las mismas, las flores y semillas son generalmente bajas en calcio; una cantidad relativamente grande de Ca está contenida en las hojas, lo que nos ayudaría explicar por qué la especie

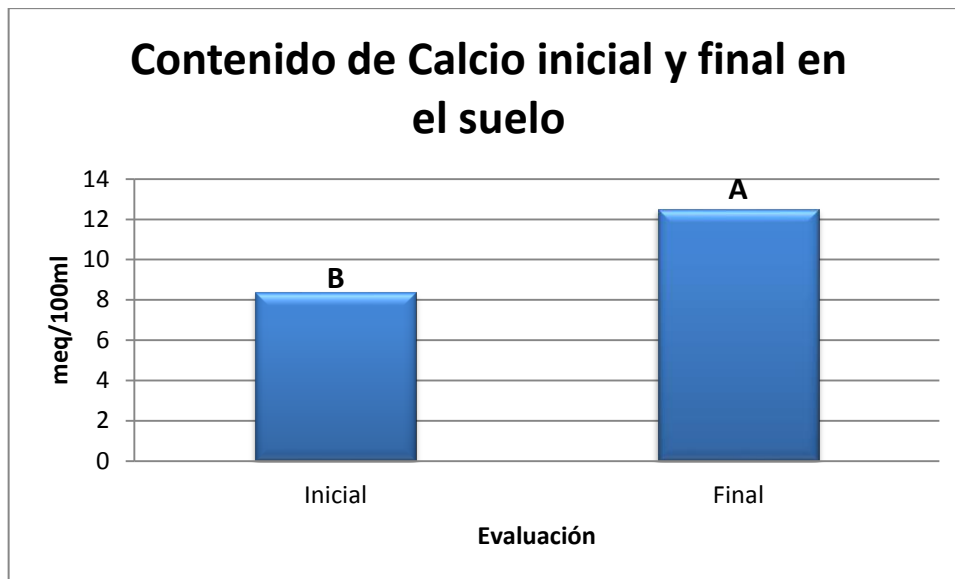
Paulownia hibrido aporta mayor cantidad de Calcio en el suelo, debido a que fue una de las especie que presento mayor área de copa.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 9. Calcio inicial y final en el suelo de las cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015

Según el Gráfico 10, el contenido de calcio en el suelo, entre periodos de evaluación, aumentó de 8,37 meq/100m a 12,51 meq/100m. Este aumento de niveles de calcio en el suelo se puede deber al aporte con la hojarasca, y labores culturales tales como control de malezas, podas. Laclau et al., (2001), señalan que el flujo de nutrientes en el suelo de una plantación de eucalipto es muy dinámica, la cantidad de nutrientes aportados por la hojarasca es importante, lo cual indica un ciclo biológico alto en este ecosistema, pero también la cantidad de nutrientes absorbida por la plantación es muy alta. Entre los elementos que aporta la hojarasca se pueden mencionar el fósforo, calcio, magnesio, nitrógeno y potasio



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 10. Calcio inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

f) Magnesio

Según el Cuadro 12, el Magnesio presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; lo cual demuestra una homogeneidad de este elemento en el sitio de investigación mientras que en la evaluación final muestra diferencias altamente significativas para el factor evaluación.

Cuadro 12. ADEVA para el contenido de Magnesio inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-final	p-inicial
Bloque	40,84	2	20,42	176,79	<0,0001***	<0,0001***
M. plantación	0,01	1	0,01	0,09	0,7627 ns	0,7113 ns
Especie	0,07	3	0,02	0,2	0,8955 ns	0,8794 ns
Profundidad	0,15	1	0,15	1,31	0,257 ns	0,4523 ns
Evaluación	7,83	1	7,83	67,75	<0,0001***	
M. plantación*Especie	0,34	3	0,11	0,98	0,4077 ns	0,2638 ns
M_plantación*Profundidad	0,12	1	0,12	1,05	0,3098 ns	0,9215 ns
M. plantación*Evaluación	0,07	1	0,07	0,6	0,4397 ns	
Especie*Profundidad	0,03	3	0,01	0,08	0,9723 ns	0,8957 ns
Especie*Evaluación	0,12	3	0,04	0,35	0,7894 ns	
Profundidad*Evaluación	0,0036	1	0,0036	0,03	0,8599 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,01	3	0,0039	0,03	0,9916 ns	0,8656 ns
M. plantación*Especie*Evalua..	0,1	3	0,03	0,29	0,8325 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,09	1	0,09	0,81	0,3727 ns	
Especie*Profundidad*Evalua..	0,09	3	0,03	0,25	0,8609 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,08	3	0,03	0,23	0,8721 ns	
Error	7,16	62	0,12			
Total	57,12	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

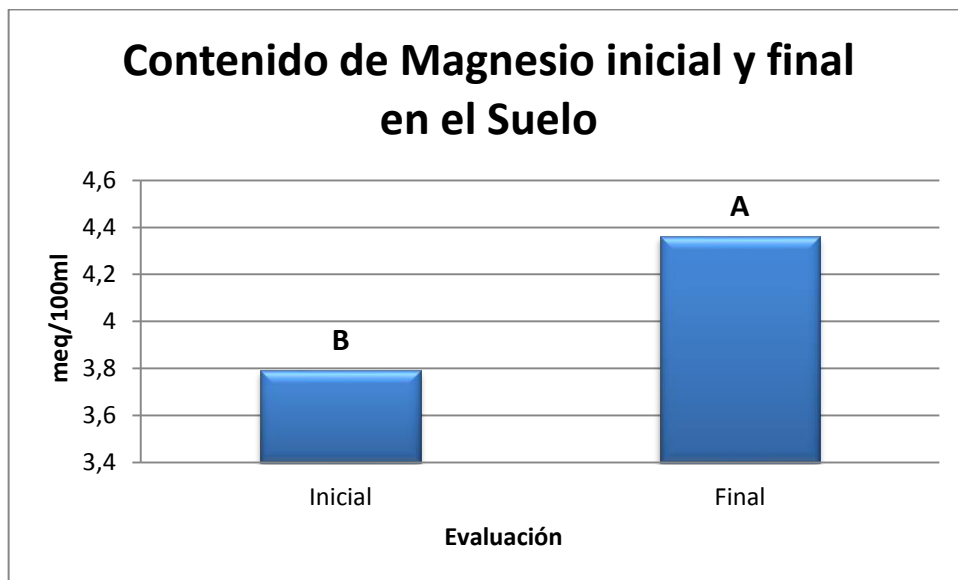
***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

El Gráfico 11, que describe el comportamiento de este nutriente desde el inicio hasta la fase final de la evaluación, se puede evidenciar que existe un aumento del elemento, este aumento de nivel de Magnesio en el suelo, se podría deber a un aporte de las especies forestales en estudio de materia orgánica al suelo, a través de la incorporación de hojarasca luego de realizar las labores culturales correspondientes. Ya que según Munguía (2003), sostiene que la cantidad de hojarasca, su composición y propiedades, son esenciales en una plantación debido a que controla la formación de la materia orgánica del suelo y los procesos de humificación por los microorganismos, siendo un proceso oxidativo que libera productos como: CO₂, H₂O, N, P, K, Ca y Mg

Mientras que por su parte Vitousek et al., (1994), manifiesta que la hojarasca y en especial las hojas caídas son las que generan el mayor retorno de nutrientes al suelo, Sobre el suelo se van depositando diferentes materiales, provenientes de distintos estratos de vegetación, como hojas, ramas, inflorescencia, frutos, cuyo conjunto se denomina hojarasca (Prause et al., 2003).



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 11. Magnesio inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

g) Azufre

Según el Cuadro 13, el azufre presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; mientras que en la evaluación final muestra una diferencia altamente significativa para el factor evaluación.

Cuadro 13. ADEVA para el contenido de Azufre inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	p-inicial
Bloque	164,16	2	82,08	8,96	0,0004**	<0,0001***
M. plantación	8,28	1	8,28	0,9	0,3454 ns	0,1552 ns
Especie	11,14	3	3,71	0,41	0,7497 ns	0,9929 ns
Profundidad	2,22	1	2,22	0,24	0,6243 ns	0,6466 ns
Evaluación	252,2	1	252,2	27,52	<0,0001***	
M. plantación*Especie	12,72	3	4,24	0,46	0,7093 ns	0,2753 ns
M. plantación*Profundidad	0,3	1	0,3	0,03	0,8561 ns	0,8694 ns
M. plantación*Evaluación	5,41	1	5,41	0,59	0,445 ns	
Especie*Profundidad	5,97	3	1,99	0,22	0,8842 ns	0,7945 ns
Especie*Evaluación	13,19	3	4,4	0,48	0,6976 ns	
Profundidad*Evaluación	0,03	1	0,03	0,0029	0,9572 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	12,05	3	4,02	0,44	0,7264 ns	0,6099 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	16,1	3	5,37	0,59	0,6266 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	1,31	1	1,31	0,14	0,707 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	2,39	3	0,8	0,09	0,9669 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	4,53	3	1,51	0,16	0,9196 ns	
Error	568,18	62	9,16			
Total	1080,2	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

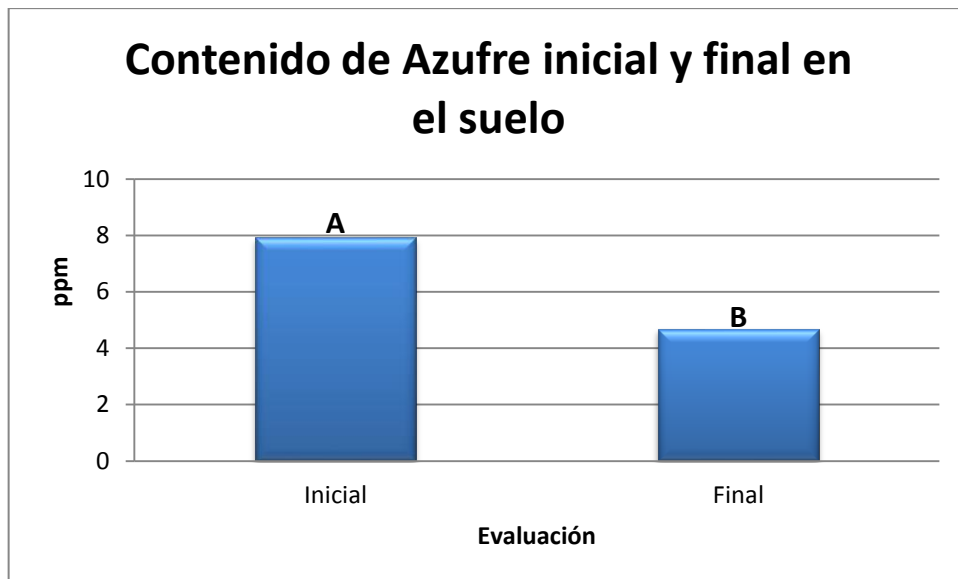
ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

El gráfico 12, que describe el comportamiento de este nutriente desde el inicio hasta la fase final de la evaluación se puede observar una importante reducción del contenido de azufre en el suelo, de 7,92 ppm a 4,68 ppm en la evaluación final, estos resultados se puede atribuir a que tanto las especies de Paulownia como Eucalipto, requieran cantidades sustanciales de este elemento, ya que según Padilla (2011), el azufre es un elemento tan preciso para el óptimo desarrollo de las plantas como alguno de los llamados elementos principales de la fertilización. De hecho, en muchos casos, algunos cultivos precisan cantidades de Azufre similares a las de Fósforo o Magnesio.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 12. Azufre inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

h) Zinc

Según el Cuadro 14, el zinc presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; mientras que en la evaluación final muestra una diferencia altamente significativa para el factor evaluación.

Cuadro 14. ADEVA para el contenido de Zinc inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	p-inicial
Bloque	0,07	2	0,03	0,37	0,6922 ns	0,0095 *
M. plantación	0,00042	1	0,00042	0,0044	0,9471 ns	0,1002 ns
Especie	0,23	3	0,08	0,81	0,4912 ns	0,3612 ns
Profundidad	0,11	1	0,11	1,14	0,2902 ns	0,8226 ns
Evaluación	0,7	1	0,7	7,47	0,0082 **	
M. plantación*Especie	0,48	3	0,16	1,71	0,1744 ns	0,1776 ns
M. plantación*Profundidad	0,17	1	0,17	1,78	0,1872 ns	0,3169 ns
M. plantación*Evaluación	0,4	1	0,4	4,27	0,0429 ns	
Especie*Profundidad	0,13	3	0,04	0,46	0,7116 ns	0,7475 ns
Especie*Evaluación	0,18	3	0,06	0,64	0,5948 ns	
Profundidad*Evaluación	0,06	1	0,06	0,64	0,4267 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,08	3	0,03	0,28	0,8427 ns	0,9506 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,05	3	0,02	0,17	0,9179 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,0017	1	0,0017	0,02	0,8943 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	0,06	3	0,02	0,22	0,8806 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,07	3	0,02	0,23	0,8722 ns	
Error	5,81	62	0,09			
Total	8,59	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

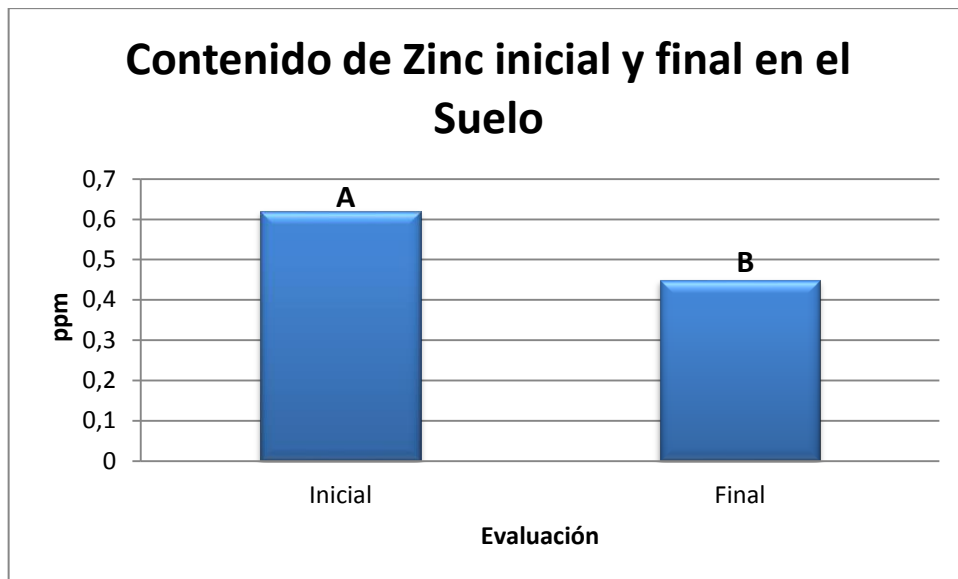
ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

El Gráfico 13, que describe el comportamiento de este nutriente desde el inicio hasta la fase final de la evaluación se puede observar una reducción del contenido de zinc en el suelo, de 0,62 ppm a 0,45 ppm en la evaluación final, estos resultados se puede atribuir a que tanto las especies de Paulownia como Eucalipto toman este elemento del suelo en un momento dado ya que según Padilla, (2007), las raíces a medida que van creciendo por el espacio poroso del suelo (macro poros) van entrando nutrientes disponibles como el Zinc , los cuales son absorbidos por ellas en las cantidades que en un momento dado de crecimiento y desarrollo lo requiera.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 13. Zinc inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

i) Cobre

Según el Cuadro 15, el zinc presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor; mientras que en la evaluación final presenta diferencias altamente significativas para el factor evaluación.

Cuadro 15. ADEVA para el contenido de Cobre inicial y final en el suelo. a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-final	P-inicial
Bloque	7,25	2	3,62	3,72	0,0298 ns	0,0865 ns
M. plantación	0,11	1	0,11	0,12	0,7341 ns	0,6888 ns
Especie	0,86	3	0,29	0,29	0,8289 ns	0,8937 ns
Profundidad	5	1	5	5,13	0,0271 ns	0,2725 ns
Evaluación	35,89	1	35,89	36,84	<0,0001***	
M. plantación*Especie	6,29	3	2,1	2,15	0,1029 ns	0,0851 ns
M. plantación*Profundidad	0,9	1	0,9	0,92	0,34 ns	0,9812 ns
M. plantación*Evaluación	0,47	1	0,47	0,48	0,4911 ns	
Especie*Profundidad	0,19	3	0,06	0,06	0,9787 ns	0,9636 ns
Especie*Evaluación	0,72	3	0,24	0,25	0,8628 ns	
Profundidad*Evaluación	1,63	1	1,63	1,67	0,201 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,05	3	0,02	0,02	0,9972 ns	0,9191 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,59	3	0,2	0,2	0,8954 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,94	1	0,94	0,96	0,3298 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	0,76	3	0,25	0,26	0,8539 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,56	3	0,19	0,19	0,9011 ns	
Error	60,41	62	0,97			
Total	122,61	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

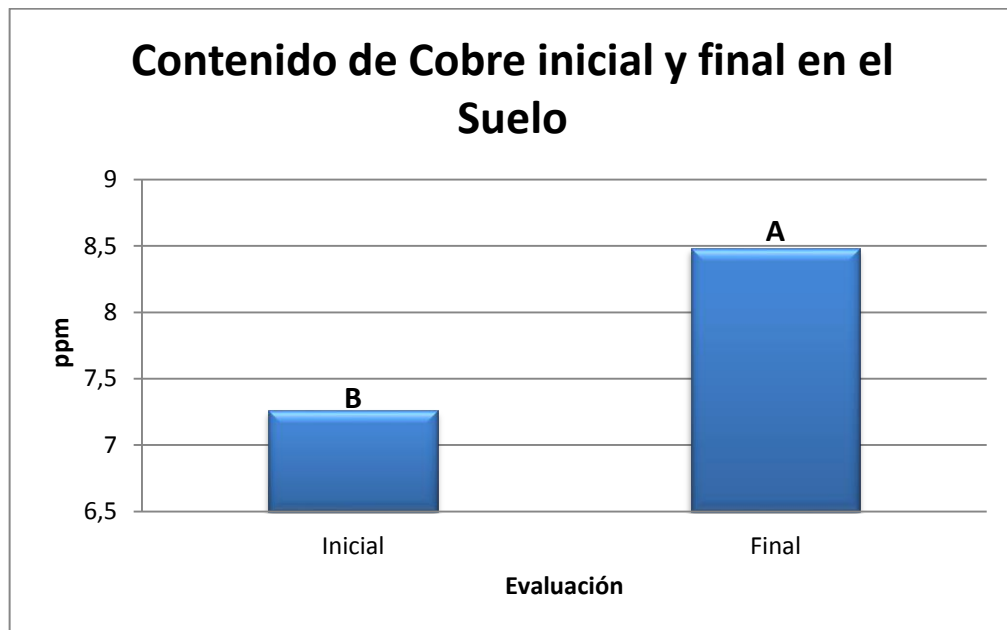
***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

El Gráfico 14, que describe el comportamiento de este nutriente desde el inicio hasta la fase final de la evaluación se puede observar un aumento del contenido de cobre en el suelo, de 7,26 ppm a 8,48 ppm en la evaluación final. Esto se podría explicar debido a la incorporación de materia orgánica originada por las labores culturales como son las limpiezas del terreno, podas etc, además de las hojas senescentes de las especies forestales en estudio que caían al suelo, ya que según Santa Regina y Gallardo, 1985; Gallardo, et al. 1994 encionan que el retorno anual de materia orgánica y bioelementos al suelo, asociados bajo la forma de hojarasca, constituye el proceso principal de reciclaje de nutrientes de los ecosistemas forestales.

Por su parte Laskowski and Berg, (1993). Manifiestan que la liberación de nutrientes durante la descomposición de la hojarasca, es conocida como uno de los procesos cuantitativamente más importantes que contribuyen con el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas forestales.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 14. Cobre inicial y final en el suelo. Est. Exp. Tunshi, 2015

j) Hierro

Según el Cuadro 16, el hierro presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial presenta diferencias significativas para el factor marco de plantación, en la evaluación final presenta diferencias significativas para el mismo factor marco de plantación y diferencias altamente significativas para el factor evaluación.

Cuadro 16. ADEVA para el contenido de Hierro inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-final	p-inicial
Bloque	701,69	2	350,84	12,48	<0,0001***	0,0006**
M. plantación	157,59	1	157,59	5,6	0,0211*	0,0219*
Especie	104,11	3	34,7	1,23	0,305 ns	0,3067 ns
Profundidad	4,59	1	4,59	0,16	0,6875 ns	0,4356 ns
Evaluación	8195,51	1	8195,51	291,41	<0,0001***	
M. plantación*Especie	64,2	3	21,4	0,76	0,5203 ns	0,4814 ns
M. plantación*Profundidad	0,09	1	0,09	0,0033	0,9541 ns	0,8178 ns
M. plantación*Evaluación	75,26	1	75,26	2,68	0,1069 ns	
Especie*Profundidad	24,7	3	8,23	0,29	0,8305 ns	0,6571 ns
Especie*Evaluación	58,11	3	19,37	0,69	0,5623 ns	
Profundidad*Evaluación	23,01	1	23,01	0,82	0,3692 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	48,36	3	16,12	0,57	0,6347 ns	0,7471 ns
M. plantación*Especie*Evalua..	147,86	3	49,29	1,75	0,1656 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	3,01	1	3,01	0,11	0,7446 ns	
Especie*Profundidad*Evalua..	47,61	3	15,87	0,56	0,6406 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	8,78	3	2,93	0,1	0,9574 ns	
Error	1743,65	62	28,12			
Total	11408,16	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

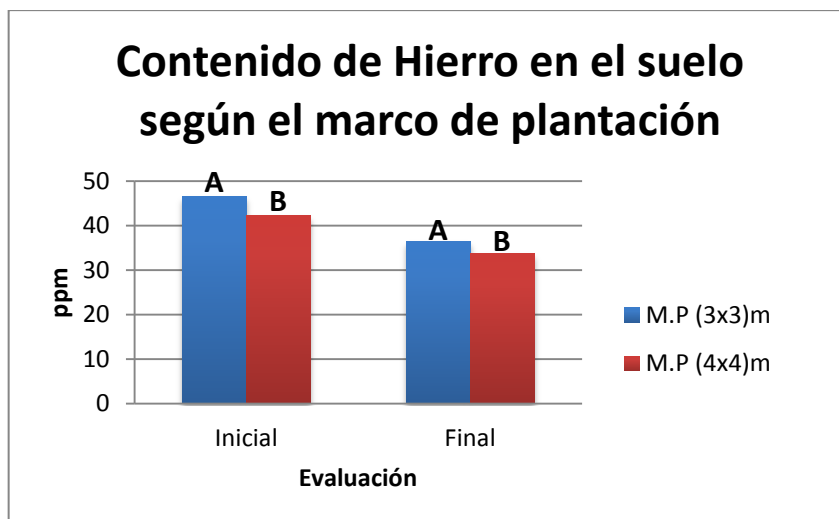
ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

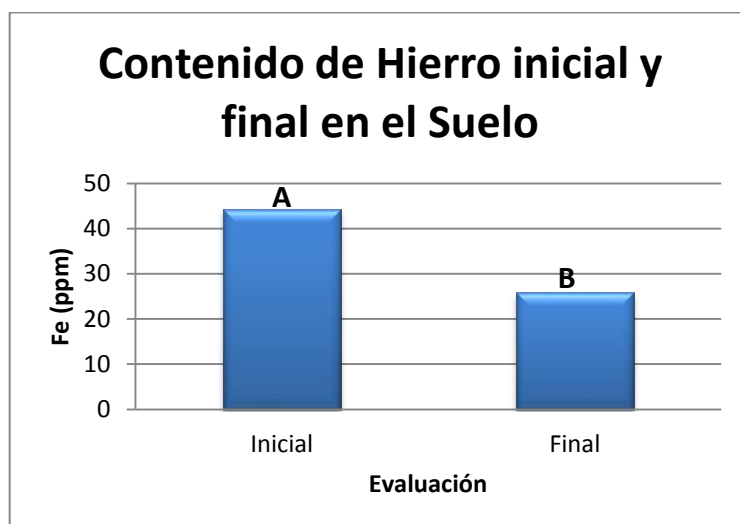
Según el Gráfico 15, se puede observar que el marco de plantación 3x3 m presenta el mayor contenido de hierro tanto en la evaluación inicial como en la final, las diferencias encontradas en el factor marco de plantación, puede atribuirse a que el sitio o terreno utilizado para la investigación no es totalmente homogéneo para este elemento, y por coincidencia el marco de plantación 3x3 m fue ubicado en el sitio con mayor cantidad de Fe (46,5 ppm). Esta tendencia fue mantenida hasta el final de la evaluación.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 15. Hierro inicial y final en el suelo según el marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015

Según el Gráfico 16, el contenido de hierro en el suelo entre periodos de evaluación, se puede evidenciar una disminución de este elemento en el suelo de 44,33(ppm) en la evaluación inicial a 25,85 (ppm) en la Evaluación final, este descenso de Hierro en el suelo se puede deber en parte a que las especies forestales sean exigentes en este elemento debido a que el hierro es un catalizador que ayuda la formación de clorofila y actúa como portador de oxígeno. (Padilla, W. 2002)



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 16. Hierro inicial y final en el suelo, Est.Exp.Tunshi, 2015

k) Manganeso

Según el Cuadro 17, el manganeso presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial no presenta diferencias significativas para ningún factor en estudio, manteniéndose esta tendencia al final de la investigación. Lo que quiere decir que al inicio de la investigación el manganeso es uniforme en todo el suelo, por tal razón se podría considerar que el terreno donde se instaló el ensayo, es homogéneo para esta elemento, mientras que en la evaluación final se podría decir que no existió influencia de las cuatro especies forestales en estudio sobre este elemento,

Cuadro 17. ADEVA para el contenido de Manganeso inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est.Exp.Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	p-inicial
Modelo.	17,32	33	0,52	0,99	0,5023 ns	0,2139 ns
Bloque	2,72	2	1,36	2,56	0,0855 ns	0,0228 ns
M_plantación	0,21	1	0,21	0,4	0,5308 ns	0,3588 ns
Especie	1,46	3	0,49	0,92	0,4377 ns	0,8638 ns
Profundidad	1,68	1	1,68	3,17	0,0801 ns	0,0074 ns
Evaluación	0,9	1	0,9	1,7	0,1975 ns	
M. plantación*Especie	1,11	3	0,37	0,7	0,5563 ns	0,9015 ns
M. plantación*Profundidad	0,44	1	0,44	0,83	0,366 ns	0,5553 ns
M. plantación*Evaluación	0,32	1	0,32	0,59	0,4439 ns	
Especie*Profundidad	0,84	3	0,28	0,53	0,6663 ns	0,3 ns
Especie*Evaluación	1,18	3	0,39	0,74	0,5306 ns	
Profundidad*Evaluación	3,41	1	3,41	6,43	0,0138 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,04	3	0,01	0,03	0,9942 ns	0,9651 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,99	3	0,33	0,62	0,6048 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,0001	1	0,0001	0,0002	0,9889 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	1,62	3	0,54	1,01	0,3922 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,4	3	0,13	0,25	0,8586 ns	
Error	32,91	62	0,53			
Total	50,23	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

* : significativo a un 95%

** : altamente significativo a un 99%

*** : muy altamente significativo a un 99,99%

l) Boro

Según el Cuadro 18, el boro presente en el suelo, muestreado en la evaluación inicial presenta diferencias significativas para el factor marco de plantación, mientras que en la evaluación final presenta diferencias altamente significativas para el factor evaluación

Cuadro 18. ADEVA para el contenido de Boro inicial y final en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est.Exp.Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	7,46	33	0,23	2,99	0,0001***	<0,0001***
Bloque	3,33	2	1,67	22,02	<0,0001***	<0,0001***
M. plantación	0,09	1	0,09	1,16	0,2862 *	0,0071 ns
Especie	0,03	3	0,01	0,13	0,9443 ns	0,3487 ns
Profundidad	0,01	1	0,01	0,11	0,7396 ns	0,4758 ns
Evaluación	3,12	1	3,12	41,19	<0,0001***	
M. plantación*Especie	0,04	3	0,01	0,17	0,9161 ns	0,6301 ns
M. plantación*Profundidad	0,01	1	0,01	0,07	0,796 ns	0,4758 ns
M. plantación*Evaluación	0,27	1	0,27	3,58	0,0632 ns	
Especie*Profundidad	0,12	3	0,04	0,54	0,6561 ns	0,3305 ns
Especie*Evaluación	0,14	3	0,05	0,63	0,5968 ns	
Profundidad*Evaluación	0,01	1	0,01	0,17	0,6846 ns	
M. plantación*Especie*Prof.	0,06	3	0,02	0,28	0,842 ns	0,3967 ns
M. plantación*Especie*Evalu..	0,04	3	0,01	0,18	0,9112 ns	
M. plantación*Profundidad*E..	0,08	1	0,08	1	0,3204 ns	
Especie*Profundidad*Evalu..	0,04	3	0,01	0,18	0,9112 ns	
M. plantación*Especie*Profu..	0,07	3	0,02	0,31	0,8183 ns	
Error	4,69	62	0,08			
Total	12,15	95				

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

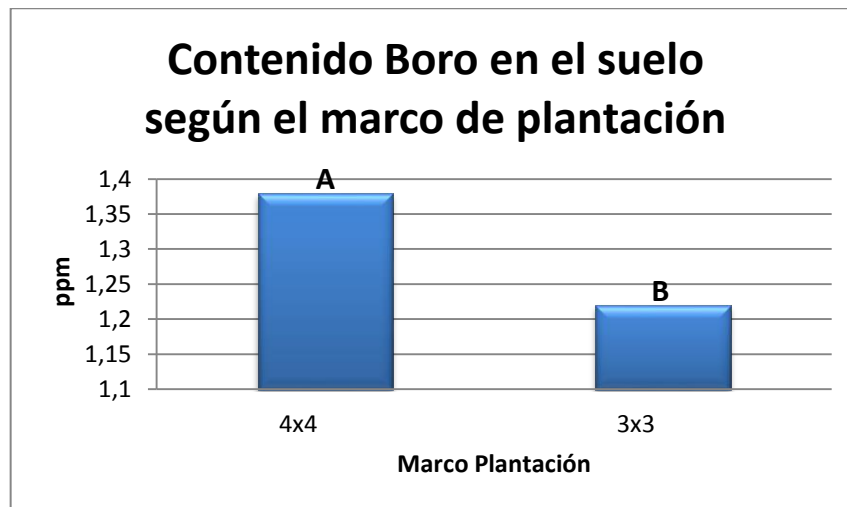
***** : significativo a un 95%

****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 17, se puede observar que el marco de plantación 4x4 m presenta el mayor contenido de boro en la evaluación inicial, Las diferencias encontradas en el factor marco de plantación en la evaluación inicial, puede atribuirse a que el sitio o terreno utilizado para la investigación no es totalmente homogéneo para este elemento,

y por coincidencia, el marco de plantación 4x4 fue ubicado en el sitio con mayor cantidad de Boro (1,38 ppm), diferenciándose significativamente de las demás.

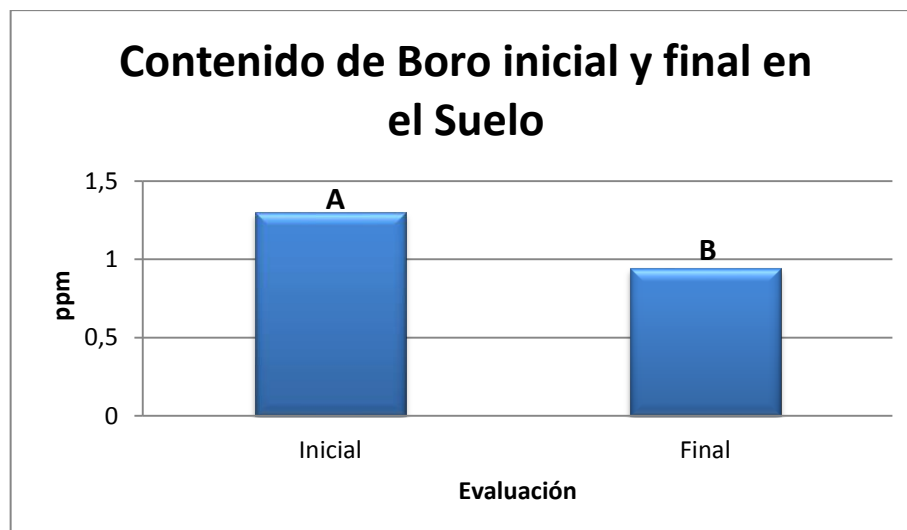


Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 17. Boro inicial en el suelo según el marco de plantación. Est.Exp.Tunshi, 2015

A pesar de ello, el contenido de boro en el suelo entre periodos de evaluación, se puede evidenciar que hubo una disminución de este elemento en el suelo de 1,33 ppm en la evaluación inicial a 0,94 ppm en la evaluación final, esta disminución del elemento en el suelo se puede deber en parte a que las especies forestales estén aprovechando del Boro que se encuentra disponible en el suelo ya que según Davey (1983), la mayor parte del boro en el suelo está presente en la materia orgánica y se vuelve asequible para su absorción solo cuando los microorganismos lo mineralizan.

Por otro lado la disminución de este elemento en el suelo se podría deber a que las especies forestales en estudio sean exigentes en este elemento ya que se trata de un elemento importante para mejorar el rendimiento, está relacionado con la actividad de los meristemas especialmente el apical, interviene en la fertilidad, participa en la síntesis de proteína y de membranas permeables (Fainstein, 1997).



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Gráfico 18. Boro inicial y final en el suelo, Est.Exp.Tunshi, 2015

m) Materia Orgánica

Según el Cuadro 19, para el valor inicial del contenido de materia orgánica en el suelo, no existen diferencias significativas para ningún factor en estudio lo que quiere decir que el contenido de materia orgánica es uniforme en todo el suelo

Cuadro 19. ADEVA para el contenido de Materia Orgánica en el suelo, a dos profundidades (0-25 y 25,1-50) cm. Est. Exp. Tunshi, 2015

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,06	17	0,3	1,73	0,0919 ns
Bloque	2,35	2	1,18	6,84	0,0036**
M. plantación	0,23	1	0,23	1,32	0,2597 ns
Especie	0,65	3	0,22	1,26	0,3052 ns
Profundidad	0,54	1	0,54	3,15	0,0859 ns
M. plantación*Especie	0,3	3	0,1	0,58	0,6328 ns
M. plantación*Profundidad	1,9	1	1,9	0,01	0,9175 ns
Especie*Profundidad	0,53	3	0,18	1,02	0,3965 ns
M. plantación*Especie*Profu..	0,46	3	0,17	0,89	0,4559 ns
Error	5,16	30	0,17		
Total	10,21	47			

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

******: altamente significativo a un 99%7

*******: muy altamente significativo a un 99,99%

B. EN LAS ESPECIES FORESTALES

1. Porcentaje de prendimiento en campo

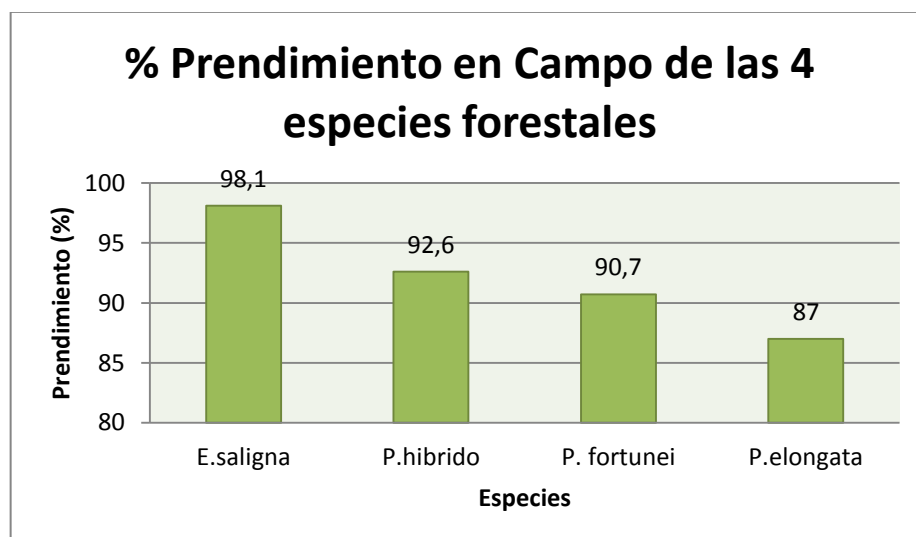
A los 120 días después del trasplante, el mayor porcentaje de prendimiento en campo tuvo *E. saligna* con 98,1%, seguida de *P. hibrido* con 92,6 %, *P. fortunei* con el 90,7% y *P. elongata* con el 87%. (Tabla 4)

El porcentaje de prendimiento en campo de la mayoría de las especies forestales en estudio se calificaría como excelente ya que según Spitler (1995), manifiesta que el porcentaje de prendimiento en campo mayor del 90% se califica como excelente, del 80 al 90% como aceptable.

Cuadro 20. Prendimiento en campo de las especies forestales en estudio

Espece	% prendimiento
<i>E.saligna</i>	98,1
<i>P.hibrido</i>	92,6
<i>P. fortunei</i>	90,7
<i>P.elongata</i>	87

Elaboración: Guilcapi, D. 2015



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 19. Porcentaje de Prendimiento en campo de las 4 especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015

2. Altura total

Según el Cuadro 21, la altura total de planta evaluada durante el transcurso de la investigación: el factor marco de plantación y la interacción especie*edad presenta diferencias altamente significativas, para los demás factores se encontraron diferencias no significativas.

Cuadro 21. ADEVA para altura de planta de cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015

Pruebas de hipótesis secuenciales			
	GL	F-valor	p-valor
Bloque	2	7,09	0,0011 **
M plantación	1	16,52	0,0001 ***
Especie	3	1867,44	<0,0001 ***
Edad	11	247,99	<0,0001 ***
M plantación : Especie	3	1,15	0,3296 ns
M plantación: Edad	11	0,73	0,7136 ns
Especie: Edad	33	73,76	<0,0001 ***
M plantación: Especie: Edad	33	1,43	0,0747 ns

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

***** : significativo a un 95%

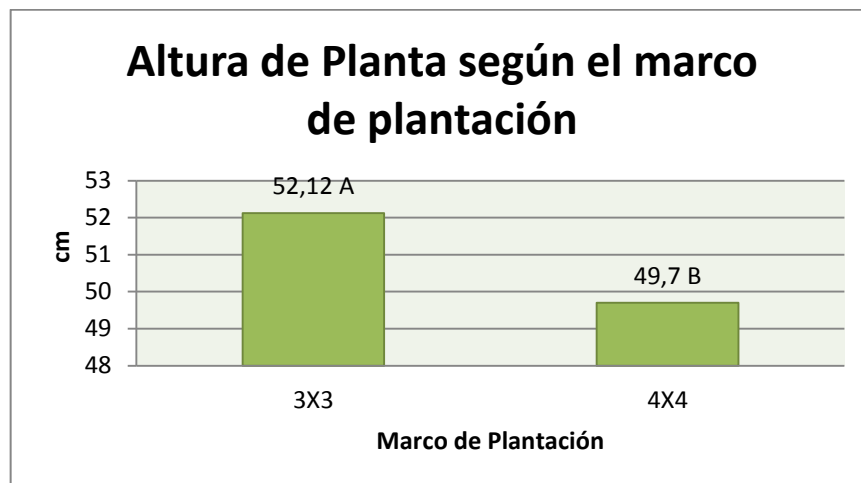
****:** altamente significativo a un 99%

*****:** muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 20, se puede observar que el marco de plantación (3x3) m presenta una altura media de 59,12 cm; mientras que el marco de plantación (4x4)m presenta una altura media de 49,70 cm, las diferencias encontradas en el factor marco de plantación, puede atribuirse a que el sitio o terreno utilizado para la investigación no es totalmente homogéneo para el elemento fosforo, y por coincidencia el marco de plantación 3x3 fue ubicado en el sitio con mayor cantidad de P (19,08 ppm). El Fósforo luego del N es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular, contribuye a las

raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la resistencia de algunas plantas a enfermedades. (Citado por Paganquiza, E. 2012). Por su parte Ruano (2008), menciona que el fósforo también es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta.

Donahue, et al. (1981) y Jack, (1984) citados por Cruz, (2003), mencionan que el núcleo de cada célula de la planta contiene fósforo, por lo que la división y el crecimiento celular son dependientes de adecuadas cantidades de él. El fósforo es concentrado en las células que se dividen rápidamente y activan el crecimiento de raíces y tallos



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 20. Altura media de las 4 especies forestales de acuerdo a su marco de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015

Según el Grafico 21, se puede observar que para la interacción especie * edad ya desde los datos iniciales la especie *Eucalipto saligna* ya es superior a las tres especies de *Paulownia* con una media aproximada de 33,98 en relación a la media de aproximadamente de 21 cm que presentan las especies de *Paulownia*.

La especie *Eucalipto saligna* presente un crecimiento uniforme durante toda la investigación en relación a las tres especies de *Paulownia* que durante los tres primeros meses de investigación prácticamente no demuestran ningún crecimiento

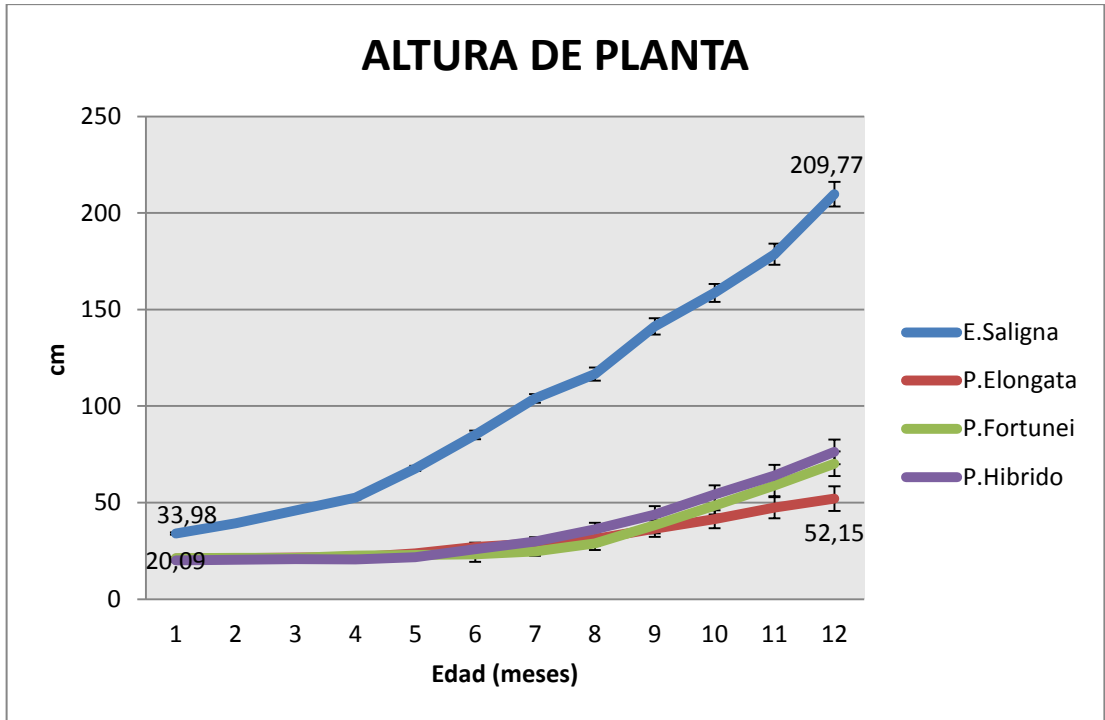
permaneciendo en un estado de dormancia, a partir del cuarto mes de investigación empiezan a demostrar un crecimiento lento pero uniforme durante el resto de investigación. Esto se podría explicar ya que según el Grafico 22, este mes fue el segundo mes de mayor de precipitación durante todo el periodo de investigación (109,5 mm), mientras que los meses anteriores registran las menores cantidades de precipitación ya que por ejemplo el mes de Febrero registra la menor precipitación durante todo el periodo de investigación (16,5 mm)

El crecimiento del eucalipto siempre fue superior al de las tres especies de *Paulownia* tal es el caso que los valores que se obtienen en la última evaluación de la *Paulownia hibrido* que es la especie de *Paulownia* que más creció se acercan un poco a los valores obtenidos en la sexta evaluación del *Eucalipto saligna*.

Esto se puede explicar ya que según Ecuador Forestal (2012), el eucalipto presenta buenos resultados cuando se planta en altitudes entre 2200 a 3300 msnm, con una precipitación de 800 a 1500 mm y una temperatura entre 10,8 a 16,8 C, parámetros que coinciden con los que se presentaron en el sitio de investigación, ya que según el Grafico 22, el ensayo presento una temperatura media anual de 13,8 ° C, y una precipitación anual de 835,6 mm razón por la cual se desarrolló en forma normal y tuvo los mejores resultados la Especie de Eucalipto

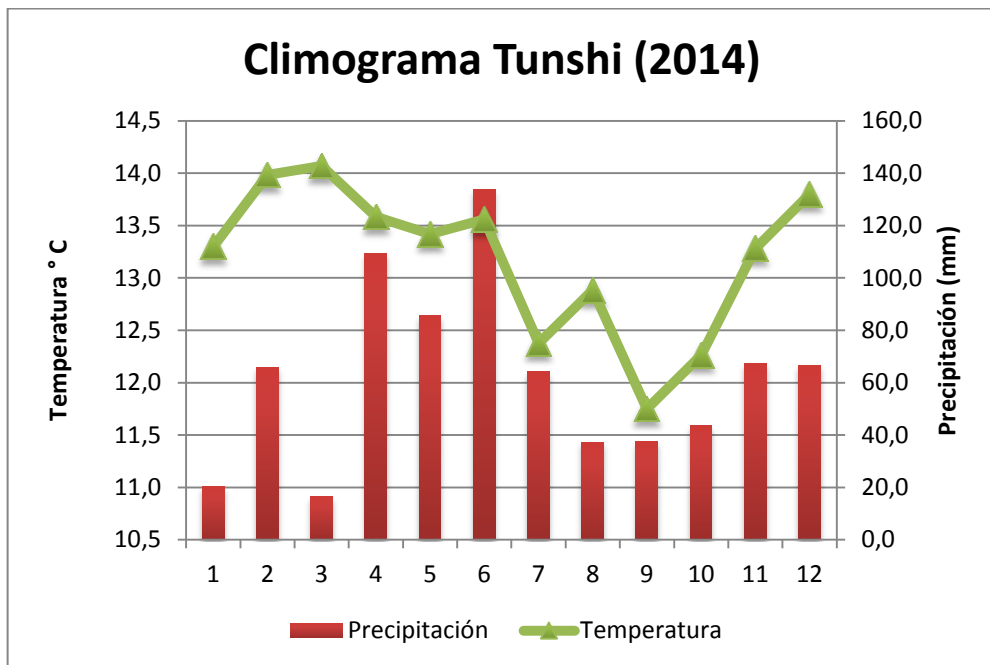
Mientras que para la especie de *Paulownia* según (Zhu Zhao-Hua et al., 1986), el rango que normalmente ocupa esta especie varía entre los 600 y 1500 metros sobre el nivel del mar. Por su parte MAGAP (2013), menciona que la especie de eucalipto prefiere suelos francos arenosos-arcillosos o areno-arcillosos, con un pH de 5 a 7, con buen drenaje no compactado, parámetros que coinciden con los que se presentaron en el sitio de investigación.

También se podría decir que durante la investigación comparándoles entre las tres especies de *Paulownia* la que menos creció es la *Paulownia elongata* presentando una media de 52,15cm frente a la *Paulownia hibrido* que presenta una media de 76,26.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 21. Altura de planta de cuatro especies forestales con sus dos marcos de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 22. Comportamiento de las variables climáticas temperatura y precipitación durante todo el transcurso de la investigación.

4. Diámetro a 10 cm del suelo

Según el Cuadro 22, el diámetro a 10 cm de suelo evaluado durante el transcurso de la investigación: la interacción especie*edad presenta diferencias altamente significativas, el factor especie y la interacción triple (marco de plantación*especie*edad) presentan diferencias significativas.

Cuadro 22. ADEVA para diámetro a 10 cm del suelo de cuatro especies forestales, Est.Exp.Tunshi, 2015

Pruebas de hipótesis secuenciales			
	GL	F-valor	p-valor
Bloque	2	1,43	0,2417 ns
M. plantación	1	0,33	0,5685 ns
Especie	3	5,47	0,0013 *
Edad	11	405,52	<0,0001**
M. plantación*Especie	3	0,69	0,5573 ns
M. plantación*Edad	11	1,12	0,3501 ns
Especie* Edad	33	54,16	<0,0001 **
M. plantación*Especie*Edad	33	1,63	0,0231 *

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

* : significativo a un 95%

** : altamente significativo a un 99%

***: muy altamente significativo a un 99,99%

Según el Grafico 23, se puede notar claramente que en la última evaluación el *Eucalipto saligna* en sus dos marcos de plantación es la especie que presenta los mayores valores en diámetro tomando en cuenta que el mayor valor se obtiene en el marco de plantación 3x3 m con una media de 45,23 mm, a pesar de que en el primer mes esta especie presento los menores valores en diámetro con una media de 2,46 mm; es decir que los valores de diámetro del *Eucalipto saligna* fueron creciendo en una forma exponencial mucho mayor que las tres especies de *Paulownia*.

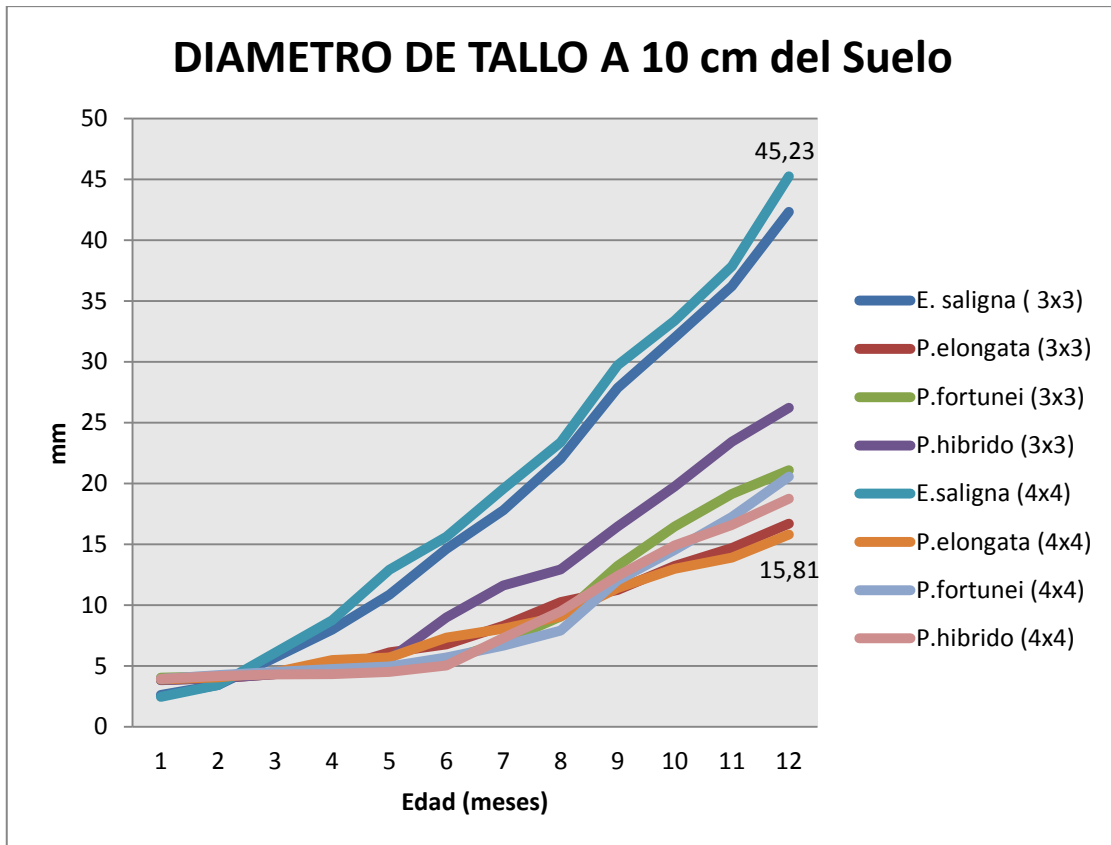
Se puede notar que a partir del noveno mes ya marca una diferencia el eucalipto en relación a las otras tres especies forestales de *Paulownia*, debido a que los diámetros de

las especie de Paulownia en su última evaluación (22,49 mm), recién se asemejan a los valores de los diámetros del *Eucalipto saligna* obtenidos en su novena evaluación (22,70 mm).

En lo que se refiere a las especies de Paulownia podemos observar que al inicio las tres especies parten con diámetros similares presentando una media aproximada de 3,90 mm manteniéndose estos valores de diámetro durante los tres primeros meses ya que al igual que en el crecimiento en altura, durante estos primeros meses no presenta un crecimiento importante; a partir del cuarto mes y durante el transcurso de la investigación las tres especies del genero Paulownia presentan un crecimiento relativamente homogéneo, a excepción de la especie Paulownia hibrido que en su marco de plantación 3x3 m ya a partir del sexto mes ya marca una diferencia presentando un crecimiento mayor que las otras especies de Paulownia inclusive que su otro marco de plantación 4x4 m, tendencia que se mantiene hasta el final del periodo de investigación presentando en el último mes una media de 26,23 mm, hay que tomar en cuenta que el marco de plantación 3x3 presenta los mejores crecimiento en altura en comparación al marco de plantación 4x4 m.

Mientras que la especie que menor crecimiento presenta es la *Paulownia elongata* presentando una media de 15,81 mm en el marco de plantación 4x4 m, lo cual tiene sentido ya que la *Paulownia elongata* es la especie de todas las especies forestales en estudio que menor crecimiento en altura presento. Se ha visto que el incremento volumétrico máximo en *P. fortunei* es generalmente 18 -36% mayor que en *P. elongata* para un mismo diámetro. (Chinese Academy of Forestry. 1986).

Diferentes experiencias demuestran que el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento en altura y diámetro de las especies del Genero Paulownia se localiza usualmente entre 24 °C y 29 °C de temperatura media diaria (Zhu Zhao-Hua et al., 1986), lo que en parte ayudaría a explicar porque el *Eucalito saligna* siempre tuvo los mejores crecimientos en comparación a las tres especies de *Paulownia* debido a que el sitio de la investigación no presenta estas condiciones de temperatura para que las especies del Genero Paulownia hayan tenido un óptimo desarrollo



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 23. Diámetro de tallo (10cm) de cuatro especies forestales en sus dos marcos de plantación. Est. Exp. Tunshi, 2015

5. Área de Copa

Según el Cuadro 23, el área de copa evaluada durante el transcurso de la investigación: la interacción Especie*Evaluación presenta diferencias altamente significativas, el factor M. plantación, la interacción triple (M. plantación*Especie*Evaluación) presenta diferencias significativas.

Cuadro 23. ADEVA para área de copa de cuatro especies forestales. Est. Exp. Tunshi, 2015

Pruebas de hipótesis secuenciales			
	GL	F-valor	p-valor
Bloque	2	0,14	0,8718 ns
M. plantación	1	11,71	0,0008 *
Especie	3	13,13	<0,0001 **
Edad	11	305,14	<0,0001 **
M plantación :Especie	3	0,50	0,6795 ns
M plantación :Edad	11	0,36	0,9686 ns
Especie : Edad	33	68,86	<0,0001 **
M. plantación :Especie : Edad	33	1,63	0,0245 *

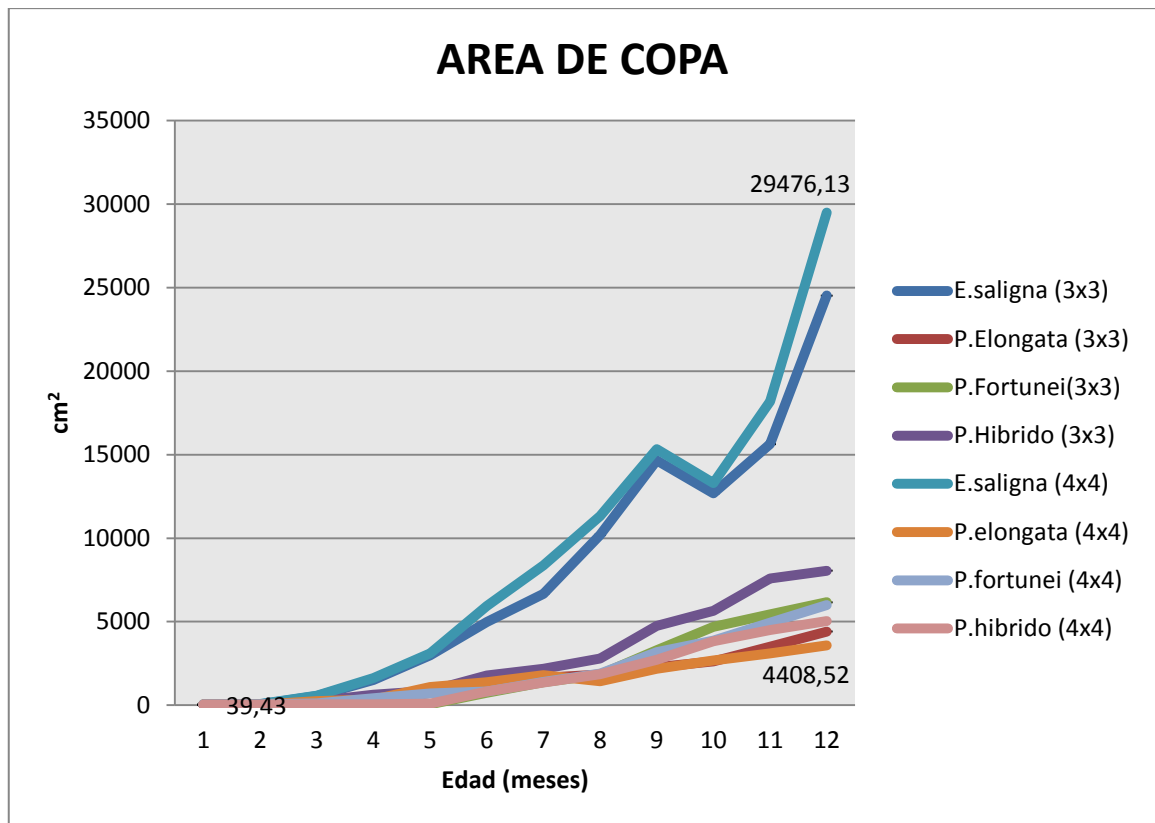
Elaboración: Guilcapi, D. 2015

ns: no significativo

* : significativo a un 95%

*: altamente significativo a un 99%

***: muy altamente significativo a un 99,99%



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 24. Área de copa de cuatro especies forestales en sus dos marcos de plantación. Est.Exp.Tunshi, 2015

Según el Grafico 24, se puede decir que durante los tres primeros meses de la investigación tanto el *Eucalipto saligna* como las tres especies forestales del genero *Paulownia* en sus dos marcos de plantación no presentan un crecimiento significativo, a partir del cuarto mes se empieza a notar un incremento en su área foliar por parte de las cuatro especies forestales en estudio, lo cual se podría explicar debido a que en este mes fue el segundo mes de mayor de precipitación durante todo el periodo de investigación (109,5 mm), ya que según Obregón, (2005) manifiesta que un beneficio de las especies forestales es transformar el agua en biomasa en edades tempranas.

Hay que tomar en cuenta que el *Eucalipto saligna* en sus dos marcos de plantación a partir del sexto mes ya empieza a marcar diferencia presentando un incremento mayor en su área foliar en comparación al de las tres especies del genero *Paulownia*, tendencia que se mantiene hasta el final del periodo de investigación. Ya que el *Eucalipto saligna* en su marco de plantación 4x4 m presenta los mayores valores de área de copa con una

media de 29476,13 cm²; mientras que la especie forestal que registra los menores valores en área de copa es la especie *Paulownia elongata* en el marco de plantación 4x4 m presentando una media de 4408,52 cm²

Las tres especies forestales del Genero *Paulownia* presentan un crecimiento relativamente uniforme durante todo el periodo de la investigación; mientras que el *Eucalipto saligna* también presenta un crecimiento relativamente uniforme hasta el noveno mes y esto se debe a que en el mes de Agosto la plantación sufrió el ataque de la plaga conocida como mosca blanca (*bemicea tabaci*) y la especie de Eucalipto actuó como especie hospedera para dicha plaga por tal razón se tuvo que realizar una poda severa para ayudar a controlar a la plaga que estaba afectando a las tres especies del genero *Paulownia*, por tal razón se puede observar que el crecimiento en lo que se refiere al área de copa decrece un poco, sin embargo al final del periodo de investigación se puede notar que presenta crecimientos mucho mayor en relación al resto de meses y esto se debe que a partir del décimo mes ya no se le realizo ningún tipo de poda al Eucalipto y por tal razón su área de copa iba ser mucho mayor ya que durante el resto de las evaluaciones si se les realizo podas al eucalipto.

El crecimiento en área de copa del *Eucalipto saligna* en sus dos marcos de plantación siempre fue superior al de las tres especies del Genero *Paulownia* tal es el caso que los valores que se obtienen en la última evaluación de la especie *Paulownia hibrido* con un marco de plantación 4x4 m (8046,96 cm²) que es la especie de *Paulownia* que más creció se acercan un poco a los valores obtenidos en el séptimo mes del *Eucalipto saligna* (8377,07 cm²) de igual manera en un marco de plantación 4x4 m

También se podría decir que durante la investigación comparándoles entre las tres especies de *Paulownia* la que menor área de copa presentó es la *Paulownia elongata* con un marco de plantación 4x4 m presentando una media de 4408,52 cm² frente a la *Paulownia hibrido* que es la que más área de copa presenta con una media de 8046,96 cm² con el marco de plantación 4x4 m

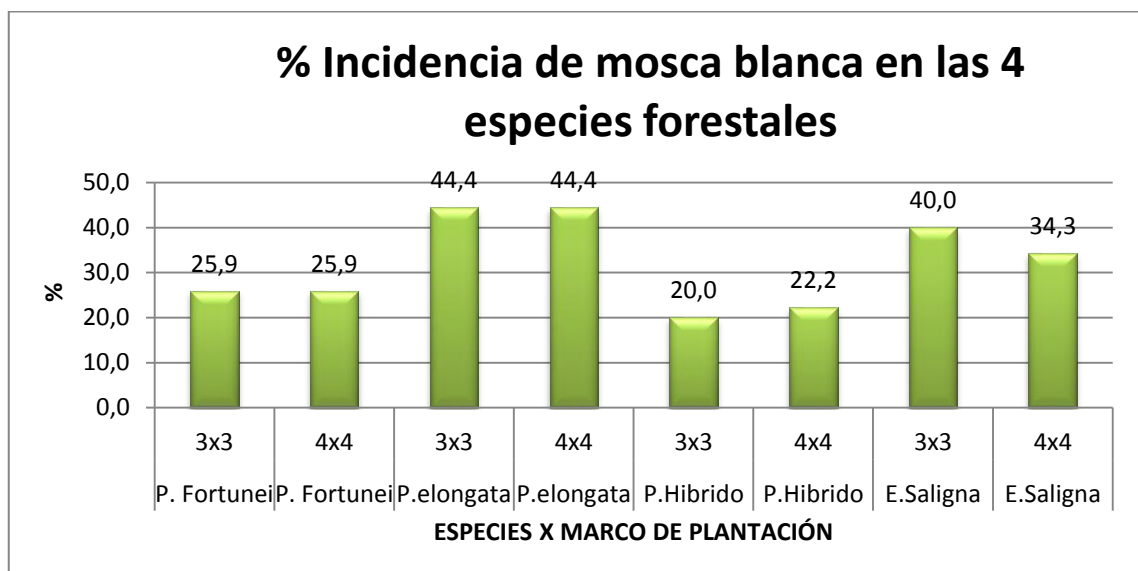
6. Incidencia de plagas y enfermedades

Debido a la naturaleza de las hojas de Paulownia, grandes y nutritivas, que constituyen un buen forraje, esta planta, aunque muy resistente, puede ser atacada por algunas especies de plagas. (Agrodesierto, 2004). En nuestro caso fue una plaga mosca blanca (*Bremicia tabaci*) y una enfermedad Fumagina.

a. Mosca Blanca

La “mosca blanca” pertenece a la familia Aleyrodidae y al orden Homoptera, siendo considerada en diversas localidades del mundo desde 1926 hasta 1981 como una plaga esporádica y secundaria (Vilas Boas et al. 1997); sin embargo, en los últimos años se convirtió en una plaga y vector de algunos virus importantes.

Según INFOJARDIN, (2015), la mosca blanca entre los primeros síntomas que presenta esta plaga consiste en el amarilleamiento de las hojas las cuales posteriormente se decoloran y más adelante, se secan y se caen, Al mismo tiempo que se recubren con una sustancia pegajosa y brillante que es la melaza que excretan los propios insectos sobre la cual se asienta el hongo llamado Negrilla (Fumaginas sp.).



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 25. Porcentaje de Incidencia de la Mosca Blanca. Est.Exp.Tunshi, 2015

Según el Gráfico 24, se puede observar que el ataque de la mosca blanca fue generalizado para las 4 especies forestales en estudio siendo la especie *P. elongata* la más afectada con un porcentaje de incidencia de 44,4 %, lo que puede explicar porque esta especie obtuvo el menor crecimiento entre las tres especies de *Paulownia*, ya que según Byrne et al. (1990); Perring (2001), los daños directos causados por este insecto se deben a su alimentación a expensas de los nutrientes de la planta y a desórdenes fisiológicos causados por el biotipo B, mientras que los indirectos se deben al crecimiento de hongos sobre la excreción de melaza por la mosca blanca y a la habilidad de transmitir virus

El daño a los cultivos se debe a su alimentación directa en el floema, succión de la savia de la planta por adultos y larvas, provocando debilitamiento de la planta e incluso con poblaciones numerosas marchitamiento de las hojas, y de modo indirecto a la excreción de melaza que favorece el crecimiento de hongos (*Capnodium spp*), y a la transmisión de virus. (Oliveira et al. 2001).

Según HORTOINFO, (2014), Los adultos colonizan la planta desde el inicio de los cultivos, aunque su aparición está condicionada por la climatología. El rango de temperatura para su desarrollo está entre 16°C y 34°C. Temperaturas letales se sitúan por debajo de los 9°C y por encima de los 40°C. El umbral de temperatura para la oviposición es de 14°C, datos que concuerdan con los presentados en campo ya que en el mes de Julio presento una media máxima de 18,3 °C, que fue cuando el mes se presentó la plaga.

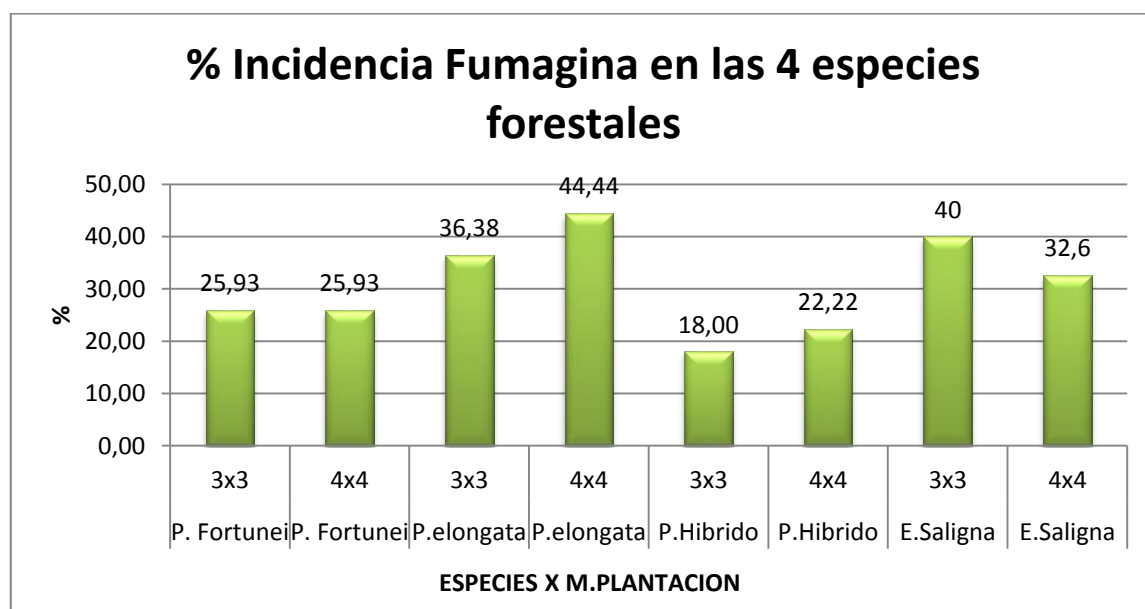
A pesar de que la especie *Eucalipto saligna* presenta también un alto ataque de esta plaga (40,4 % Incidencia), esta no se ve afectada en su normal crecimiento, más bien esta especie sirvió como planta hospedera para dicha plaga, debido a su gran cantidad de follaje.

b. Fumagina

Según WIKIPEDIA, (2015), la fumagina es una patología de las plantas producida por el desarrollo de un hongo saprófito sobre un sustrato glúcido presente en la superficie de los vegetales, presentando un aspecto carbonoso y está compuesto de las estructuras

fúngicas epifíticas de *Capnodium* sp, son hongos saprófitos que no se alimentan de la planta viva sino que solo la utilizan como soporte. En realidad se alimentan de las secreciones azucaradas que producen diversos insectos como los homópteros, áfidos, aleiródidos, cóccidos, fulgoromorfos, etc.

Por su parte MASSOGARDEN, (2015), menciona que la Fumagina se trata de un hongo que se desarrolla sobre las secreciones azucaradas de insectos como pulgones, las cochinillas, o mosca blanca observándose como un polvo seco negro que forma una película o costra. Debido a que se desarrollan principalmente sobre la mielecilla secretada por algunos insectos chupadores.



Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Grafico 26. Porcentaje de Incidencia de la Fumagina. Est.Exp.Tunshi, 2015

Según el Grafico 25, se puede observar que la especie que mayor incidencia de esta enfermedad presenta es la *P. elongata*, lo cual tiene sentido ya que fue la especie que mayor ataque de la mosca blanca tuvo, ya que según HORTOINFO, (2014), la melaza segregada por esta plaga favorece el ataque del hongo que ocasiona la negrilla o fumagina (*Capnodium* sp.), que merma la capacidad fotosintética de la planta, así como la respiración de ésta, pudiendo además depreciar la calidad de la cosecha y dificultar la penetración de los fitosanitarios.

Por su parte SYNGENTA, (2015), manifiesta que esta enfermedad provoca daños tanto directos como indirectos en la planta, provocan un daño directo por succión de savia y daños indirectos por la eliminación de sustancias ricas en hidratos de carbono sobre las cuales se desarrollan hongos ("fumagina"). Provocando de esta manera una disminución de la superficie fotosintética y dificulta la evapotranspiración.

A pesar de que esta enfermedad también se presenta en el *Eucalipto saligna* este no se ve afectado en su normal desarrollo debido a que la zona más afectada es la baja, es decir las ramas bajas las cuales fueron eliminadas mediante las podas, estando prácticamente sana la copa.

C. PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DURANTE EL PRIMER AÑO

Se determinó los gastos de operación e inversión durante todo el proceso del ensayo para esto nos ayudamos mediante un registro contable. Para tener como dato comparativo se presenta a continuación el resumen de costo de plantación: Establecimiento y Mantenimiento durante el primer año.

1) Establecimiento del ensayo

Cuadro 24. Costos de mano de obra en el Establecimiento del ensayo

Descripción	unidades	Valor c/u	cantidad	Subtotal
Tractor	Horas	10	12	120
Trazado	Horas	1,50	32	48
Hoyado	Horas	1,50	48	72
Fertilización	Horas	1,50	8	12
Trasplante	Horas	1,50	64	96
COSTO DE MANO DE OBRA				\$348

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 25. Costos de las especies forestales

Descripción	unidades	Valor c/u	Cantidad	Subtotal
<i>P.Fortunei</i>	Planta	5,00	180	900
<i>P.Elongata</i>	Planta	5,00	180	900
<i>P.Hibrido</i>	Planta	5,00	180	900
<i>E.Saligna</i>	Planta	0,25	180	45
TOTAL				\$2745

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 26. Total de Insumos en el establecimiento del ensayo.

Insumos	Total. Plantas	Gramos/planta	Total Gramos	Total Kg
Sumicoat	900	50	45000	45
Hidrokeeper	900	5	4500	4,5
Materia Orgánica	900	500	450000	450

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 27. Costos de insumos en el establecimiento del ensayo.

Descripción	unidades	Valor c/u	Cantidad	Subtotal
Sumicoat	Kg	1,00	45	45
Hidrokeeper	Kg	0,25	4,5	1,12
Materia Orgánica	Kg	0,10	450	45
COSTO DE INSUMOS				\$91,12

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 28. Costos de herramientas y equipos en el establecimiento y manejo del ensayo.

Descripción	unidades	Valor c/u	cantidad	Subtotal
Azadon		15,00	2,00	30
Palas		8,00	2,00	16
Hoyadoras		20,00	2,00	40
Tijeras de podar		50,00	2,00	100
Cámara de fotos		150,00	1,00	150
Calibrador digital		80,00	1,00	80
Regla telescópica		150,00	1,00	150
Cinta métrica		5,00	1,00	5
Flexómetro		5,00	1,00	5
Bomba de Mochila		40	1,00	40
Sistema de Riego		2920	1	2920
COSTO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				\$876

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 29. Costos de materiales de oficina en el establecimiento y manejo del ensayo.

Descripción	Unidades	Valor c/u	Cantidad	Subtotal
Computadora portátil		600,00	1,00	600
Impresora		150,00	1,00	150
Hojas de papel bond		3,00	4,00	12
libreta de campo		2,00	1,00	2
Lápiz		1,00	5,00	5
Esferográficos		0,25	3,00	0,75
Borrador		0,20	3,00	0,6
Flash memory		10,00	1,00	10
COSTOS DE MATERIALES DE OFICINA				880,35

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 30. Costos totales en el establecimiento del ensayo

<i>Actividad</i>	<i>Costos</i>
Mano de Obra	348
Insumos	91,12
Herramientas y equipos	876
Materiales de oficina	880,35
TOTAL	2195,47

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

2) Mantenimiento del ensayo

Cuadro 31. Costos mano de obra en el mantenimiento del ensayo

Descripción	unidades	Valor c/u	cantidad	Subtotal
Chapia(manual)	Horas	1,50	160	240
Limpieza de corona	Horas	1,50	288	576
Limpieza mecanizada (motoguadaña)	Horas	2	10	20
Limpieza mecanizada (tractor)	Horas	10	5	50
Podas	Horas	2	60	120
Toma de datos	Horas	2	160	320
Controles Fitosanitarios	Horas	1,50	18	27
Riego asistido	Horas	0,90	100	90
COSTO DE MANO DE OBRA				1443

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Cuadro 32. Costo de los Controles fitosanitarios.

Descripción	Valor c/u	Cantidad	Subtotal
Insecticida Losrban 4E	5,00	2	10
Insecticida Kuik 900	4,00	2	8
Insecticida Polo	7,50	1	7,50
Fungicida Cuprofix	5,50	2	11
Fungicida Cupron 40 F	4,50	1	4,50
COSTO DE INSUMOS			41

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

3) Costo total de la plantación

Cuadro 33. Costo Total de la Plantación.

Rubro	TOTAL
Costos de Establecimiento \$	2195,47
Costos Mantenimiento \$	1416
Costos Controles Fitosanitarios \$	41
Costo TOTAL Plantas \$	2745
TOTAL COSTOS \$ / 0,9 Ha	6401,47

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

3) Costo total de la plantación / Especie Forestal

Cuadro 34. Costo Total de la Plantación / Especie Forestal

Rubro	<i>P. fortunei</i>	<i>P. elongata</i>	<i>P. híbrido</i>	<i>E. Saligna</i>	TOTAL
Costos de Establecimiento	548,86	548,86	548,86	548,86	2195,47
Costos Mantenimiento	354	354	354	354	1416
Costos Controles Fitosanitarios	10,25	10,25	10,25	10,25	41
Costo TOTAL Plantas	900	900	900	45	2745
TOTAL COSTOS \$ / 0,9 Ha	1813,11	1813,11	1813,11	958,11	6410,47

Elaboración: Guilcapi, D. 2015

Al realizar el análisis económico se ha determinado que el costo total de la investigación con 320 plantas es de 6401,47 dólares, y el valor por especie es de: \$1813,11 para las tres especies de *Paulownia* y de \$958,11 para la especie testigo *Eucalipto saligna*, por lo que se puede notar claramente que las tres especies de *Paulownia* tiene un costo mucho mayor que a la de *E,saligna*.

Esta diferencia se da por la diferencia de costos de las plántulas ya que las tres especies del género *Paulownia* tiene un costo de \$5/planta, mientras que *Eucalipto saligna* tiene un costo de \$0,25/ planta. Tomando en cuenta que a todas las especies en estudio se dio el mismo tratamiento en campo es decir se realizó las mismas podas, riegos, limpiezas.

VI. CONCLUSIONES

- Las condiciones edafoclimáticas de la localidad de Tunshi, no fueron favorables para el género *Paulownia* ya que durante los tres primeros meses de investigación prácticamente no demuestran ningún crecimiento permaneciendo en un estado de dormancia.
- En términos de crecimiento el Eucalipto saligna siempre fue mejor que las especies del género *Paulownia*, debido a que durante el transcurso de la investigación presentó mayor crecimiento en diámetro a los 10 cm del suelo, mayor crecimiento en altura total y mayor incremento en área de copa, tendencia que se mantuvo hasta el final.
- De acuerdo a los datos de costos obtenidos en la presente investigación se observó que el género *Paulownia* presenta un mayor costo de inversión para el establecimiento con respecto a la especie *Eucalipto saligna* esto se debe sobre todo al costo del material genético.
- Las especies del género *Paulownia* resultaron no ser susceptibles a las heladas, ya que durante el periodo de investigación en los días 01 y 25 de Septiembre del 2014 que hubo presencia de heladas en el sector, no provocó ningún daño a las especies forestales en estudio

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar la presente investigación con el objeto de obtener una base de datos que permita determinar la adaptabilidad en un período mayor de tiempo del que duró esta investigación (un año).
- Utilizar al *Eucalipto saligna* como potencial especie para programas forestales debido a que demostró ser una especie que presenta un crecimiento uniforme, no es susceptible al ataque de plagas y enfermedades, y no le afecta el ataque de las heladas.
- Con el objetivo de obtener un fuste libre de nudos en las especies del género *Paulownia*, se recomienda eliminar durante su primer año de crecimiento los brotes laterales cada dos o tres semanas dependiendo como vayan creciendo.

VIII. ABSTRACTO

La presente investigación propone: estudiar la adaptabilidad de tres especies forestales, de rápido crecimiento del género Paulownia (P. fortunei, P. elongata e Híbrido entre fortunei x elongata) a las condiciones de sitio “Estepa espinosa” de Tunshi, este estudio se realizó en la Granja Experimental Tunshi de la ESPOCH. Para lo cual se utilizó dos marcos de plantación (3x3m y 4x4 m), tres especies forestales del género Paulownia y un testigo local Eucaliptus saligna, el diseño fue de bloques completos al azar en arreglo factorial, las variables de altura total, diámetro a 10 cm del suelo, y área de copa se registraron cada 30 días, dando como resultado que en términos de crecimiento el Eucaliptus saligna siempre fue mejor que las especies del género Paulownia, debido a que durante el transcurso de la investigación presentó mayor crecimiento en diámetro, altura total y área de copa, tendencia que se mantuvo hasta el final de la investigación, Así los valores que se obtienen en altura en la última evaluación de la especie Paulownia híbrido (76,22 cm) que es la especie del género Paulownia que más creció se acercan un poco a los valores obtenidos en la sexta evaluación del Eucaliptus saligna. (86,22 cm), el costo total de la plantación fue \$ 5334,62/Ha donde las tres especies tuvieron un costo de \$ 1579,3 Ha c/u, mientras que el testigo tuvo un costo de \$ 596,6/Ha la diferencia en costos radica en que las plantas de Paulownia fueron importadas y por ende mucho más costosas que las plantas de Eucalipto, concluyendo que las condiciones edafoclimáticas de la localidad de Tunshi no fueron favorables para el desarrollo normal de las especies del género Paulownia.



IX. SUMMARY

The proposal of this research is: to study the adaptability of three forest species, fast growth of the genus Paulownia (*P. elongata*, *P. fortunei* and *fortunei x elongata hybrid*) in a “thorny steppe” conditions; This study was done at the experimental farm of the ESPOCH in Tunshi; where two frames of plantation (3x3m 4x4m), with three tree species of the genus Paulownia group, and a plot of land with a plantation of *Eucalyptus saligna*, complementary design was randomized blocks in factorial arrangement was carried variables total height, diameter 10 cm of soil and crown area were recorded every 30 days, resulting in growth in terms of the *Eucalyptus saligna* was always better than the Paulownia species because during the course of the research showed greater growth in diameter, total height and crown area, a trend that continued until of the investigation. Thus, the values obtained at the height of the latest assessment of the species Paulownia hybrid (76.22 cm) which is the species of the genus Paulownia approach that grew a little to the values obtained in the sixth evaluation of *Eucalyptus saligna* (86.22 cm), the total cost of the plantation was \$ 5,334.62; where the three species had a cost of \$ 1,579.30 Hec. Each, while the plot of eucalyptus at a cost of 596.60 each hectare. The difference in costs is that plants Paulownia were imported and therefore much more expensive than eucalyptus plants, was concluded that the soil and climate of the town of Tunshi were not favorable for the normal development of the genus Paulownia.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre V. Raúl, (2005). Curso Teórico-Práctico, Capacitación en el Monitoreo Desarrollo de Plantaciones y su Raleo Chimore-Cochabamba
2. AGLOMERADOS COTOPAXI, (2014). Consultado el 20 Feb. 2015.
Disponible en: <http://www.cotopaxi.com.ec/blogs/la-importancia-de-las-plantaciones-forestales>
3. Agrodesierto, (2004). Programas Agroforestales Paulownias (*Paulownia fortunei* y *Paulownia elongata*) Árbol de Usos Múltiples de Crecimiento Ultrarrápido. Consultado el 10 Mar. 2015.
Disponible en <http://www.agrodesierto.com/paulownia.html>.
4. AGROGEN, (2010). Diagramas de Troug, influencia del PH sobre la disponibilidad de nutrientes. Consultado el 10 de Feb. 2015
Disponible en: <http://www.agrogen.com.mx/troug.asp>
5. ASAE, (1981). Modifying the root environment to reduce crop stress. Edited by Arkin, G. F., and Taylor, H. M. Monograph number 4. American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, P.O. Box 410, St. Joseph, Michigan 49085. 407 p.
6. ATLAS ECOLÓGICO, (1995). Adaptación vegetal, Ed. Cultural, Madrid España, 34- 35pp.
7. Beckjord P.R., (1984). *P. tormentosa*, a brief guide for the tree, farmer. University of Maryland. Miscellaneous publication N° 984
8. Boland, D.J; Brooker, M.I.H; Chipendale, G.M; Hall, N; Hyland, B.P.M; Johnston, R.D; Kleing, D.A; Turner, J.D. (1986). Forest trees of Australia. Melbourne, Australia. NELSON-CSIRO, 687 p.
9. Bonner, J. & Galston, A. 1961. Principles of plant physiology. En: Principios de fisiología vegetal. Freeman, W. y Aguilar, C. (eds). Company Publishers. Madrid. Pág. 485.
10. Botanical Book, (2015). Nutrición Mineral de las Plantas. Consultado el 15 Abril. 2015. Disponible en : <http://www.forest.ulave/rubengh>.
11. Byrne, D.; Miller, W.B. (1990). Carbohydrate and amino acid composition of phloem sap and honeydew produced by *Bemisia tabaci*. Journal of Insect Physiology 36: 433-439.

12. Carrión, D & Chú, M. (2011). Documento del Programa Nacional REDD. Sexta reunión de la Junta Normativa del Programa ONU-REDD. Consultado el 10 Sep. 2014. Disponible en: www.unredd.net/index.php?option=com_docman&task=doc.
13. Cabrera, C. (2003). Plantaciones Forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible, Investigador Asociado del IARNA Serie de documentos técnicos No. 06 Guatemala, Mayo 2003
14. CATIE (1986). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de Leña en America Central: resultados de cinco años de Investigación. CATIE (CR), Serie Técnica. Informe técnico no. 86. 224.
15. Cerro, A, (2009). Informe del proyecto de Investigación” Forestación de Zonas Semiáridas de Castilla La Mancha con *Paulownia spp*”
16. Cevallos, D, (2007). “Evaluación de la adaptabilidad de 20 variedades y líneas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*) de grano rojo y amarillo en el valle de Intag, Imbabura” Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
17. CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical) 2002. Plantaciones Forestales en Santa Cruz, Avances y Recomendaciones Técnicas a partir de Parcelas de Medición Permanente Santa Cruz – Bolivia.
18. Criollo, N. (2011). “Evaluación de alternativas silvopastoriles que promuevan la intensificación y recuperación de pasturas degradadas y contribuyan a reducir el impacto ambiental de la actividad ganadera en la Amazonía ecuatoriana al segundo año de establecimiento”. Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
19. Chinese Academy of Forestry, (1986). *Paulownia in China: Cultivation and Utilization*. 65 p.
20. Das, T. & G.C. Mitra, (1990). Micropropagation of *Eucalyptus tereticornis* Sm. *Tiss. and Org. Cult.*, 22(2): 95 -103.
21. Davey, C. (1983). Crecimiento de los Árboles y los Elementos Nutrientes Esenciales. Consultor y Profesor de suelos Forestales. Universidad del Estado de Carolina del Norte, Estados Unidos. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual para Cartón de Colombia S.A. Cali – Colombia. 1983 13p.

22. Donahue, et al.(1981) & Jack, (1984) citados por Cruz J. (2003). Fertilización en plántulas de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham. y *Pinus ayacahuite* Ehre en vivero. México. Consultado el 20 Ene. 2015. Disponible en: www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../Cruz%20Nicolas%20Jorge%202003.pdf.
23. Diccionario Científico y Tecnológico, (2002). Conceptos de términos culturales. Librería Americana. Bogotá-Colombia. 4-200pp.
24. Donald D.G.M., (1990). Paulownia, the tree of the future? South African Forestry J. N° 154.
25. DOMINGUEZ, A. (1998). Tratamientos Silviculturales, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León Linares-México
26. Domínguez, O. (2011). “. Evaluación del área reforestada y revegetada en el campo petrolero secoya, Canton Lago Agrio, Provincia de Sucumbios”. Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
27. Donahue R., L.; R. W. Miller & J. C. Shickluna. (1981). Introducción al estudio de los suelos y crecimiento de las plantas. Traducción por Aurelio Romeo del Valle. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. México. D. F. 624 p
28. Ecuador forestal, (2012). Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador. Consultado el 15 de Feb. 2014. Disponible en: http://ecuadorforestal.org/wpcontent/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf.
29. FAO, (2010). Global Forest Resources Assesment 2010. Main Report. FAO Forestry Paper 163. 378 págs. Consultado el 23 Oct. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
30. FAO, (2012). El estado de los bosques en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma 2012. ISBN 978-92-5-307292-7. Consultado el 10 Nov. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>
31. Gardencenterejea, (2010). *Paulownia fortunei x elongata*.

- Consultado el 10 Sep. 2014. Disponible en:
<http://www.gardencenterejea.com/producto.php/plantas/arboles/arboles-de-gran-porte/paulownia-fortunei-x-elongata/1356>.
32. Gutiérrez, J. & Ocaña R. (2009). Manual Para El Cultivo De *Paulownia elongata*, Consultado el 10 Sep. 2014. Disponible en:
http://www.uaemex.mx/SIEA/editorial/2009/09_C_422_0643.pdf.
33. Grijalva, J., X. Checa, R. Ramos, P. Barrera & R. Limongi. (2012). Situación de los Recursos Genéticos Forestales – Informe País Ecuador. Preparado por el Programa Nacional de Forestería del INIAP con aval del INIAP/FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma, para preparación del Primer Informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo. 95 p.
34. Hartman, H & Kester D. (1975). Plant propagation principles and practices. 3ed. Engelwood Cliffs, N.J. Prentice Hall. 271 p.
35. Haas, (2010). Formación de los suelos. Consultado el 10 Marz. 2015. Disponible en:
www.ingenieria.unam.mx/haaz/geologia/curso_geologia_haaz_2010/03_formacion_suelos.pdf
36. HERNÁNDEZ, R. (2005). “ Medio Ambiente de las plantas”. Consultado el 20 Nov. 2014. Disponible en: rubenhg@ula.ve.
37. Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zonas de vida (Traducido del inglés por Humberto Jiménez. Edición I. II reimpresión. II Capítulo. 8-12 p.
38. HORTOINFO, (2014). Mosca Blanca. Consultado el 20 Mar. 2015. Disponible en: <http://www.hortoinfo.es/index.php/plagas/3025-mosca-blanca-bemisia-tabaci-020314>.
39. ICA, (1992). Fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación. Consultado el 20 Mar. 2015. Disponible en:
<http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5822>.
40. INBUY, (2014). Base de Datos de Investigaciones Biológicas para el Uruguay Consultado el 20 Mar. 2015. Disponible en: <http://inbuy.fcien.edu.uy>
41. INTA- EEA- Marcos Juárez. (2000). Evaluación de la fertilización con S, B y

Zn en el cultivo de trigo implantado en labranza mínima y siembra directa. Hoja Informativa N°338

42. INFOJARDIN, (2015). Plagas y Enfermedades. Consultado el 20 Mar. 2015.
Disponible en: [http://articulos.infojardin.com/PLAGASYENF/PLAGAS/Mosca blanca.htm](http://articulos.infojardin.com/PLAGASYENF/PLAGAS/Mosca%20blanca.htm)
43. INPOFOS, (1997). Manual Internacional de fertilidad de suelo, Instituto de la potasa y el fósforo, Editorial POTASH PHOSPHATE INSTITUTE, Quito – Ecuador, PP. 69
44. JIMÉNEZ, L. (2009). Nota de Aula de Silvicultura. Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de ingeniería en Ciencias Agropecuarias, Santo Domingo de los Tsáchilas. Ecuador. 68 p
45. Laclau, J; Ranger, J; Nzila, JD; Bouillet, J-P; Deleporte, P. (2001). Nutrient cycling in Eucalyptus plantations in Congo. Consequences for the management of the stands. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto del futuro. Valdivia, Chile. 14p.
46. Laskowski, R., & B. Berg. (1993). Dynamics of some mineral nutrients and heavy metals in decomposing litter. *Sacandinavian Journal Research* 8: 446-456.
47. Lyons, A. (1993). Paulownia. In: *Agroforestry - Trees for Productive Farming*. Ed. D. Race. Agmedia, East Melbourne
48. Limongi, R.; Guiracocha, G.; Yépez, C. (2011). Amarillo de Guayaquil (*Centrolobium ocoxylum* Rose ex Rudd) especie de uso múltiple del bosque seco del Ecuador. Boletín técnico 148. INIAP, Estaciones Experimentales del Litoral Sur & Portoviejo – MAGAP – SENESCYT. Editorial Cgraf. Manta, EC. 32.p
49. Loewe, V. (2010). Apuntes Sobre Algunas Latifoliadas de madera Valiosa, 2. *Paulownia spp.* División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Santiago, Chile. Consultado el 12 sep. 2014. Disponible en: <http://biblioteca1.infor.cl:81/DataFiles/18515.pdf>
50. Lugo. (1986). Solos, interpretación físico-química. Cátedra de Química Xerale Agrícola, E.U.I.T.A. España. In website. Consultado el 12 Sep. Disponible en: http://www.geocities.com/Yosemite/8300/anexo1_2.htm
51. Lucas, M., E. Martínez, F. López, M. Abellán, F. García, (2011). El cultivo

- forestal de Paulownia spp: Primeros resultados de su aplicación en Castilla La Mancha. Universidad de Castilla La Mancha, Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete y Departamento de Ciencia y tecnología Agroforestal y Genética.
52. Luzar J. (2007). The Political Ecology of a “Forest Transition”: Eucalyptus forestry in the Southern Peruvian, Consultado el 20 Feb. 2015. Disponible en: <http://www.wikipedia%eucalipto1.mht>
53. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). 2013. Programa de Incentivos para la reforestación con fines comerciales. Guayaquil – Ecuador. CD-ROM
54. MAE, (2000). Políticas del sector forestal nacional, Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable. Consultado el 4 Sep. 2014. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j4524s/j4524s00.pdf>
55. Morales, D., Kleinn, C., Kunth, S. (2002). Manual de campo para el censo de árboles en potreros. Universität Göttingen. 25p
56. Munguía, R. (2003). Tasas de descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca de Eucalyptus deglupta, Coffea arabica y de hojas verdes de Erythrina poeppigiana solas y en mezclas. Tesis MSc. Turrialba, CR. CATIE 2003. 82 p.
57. MASSOGARDEN, (2015). Fumagina. Consultado el 10 Mar. 2015. Disponible en: <http://www.massogarden.com/plagas/enfermedades/enfermedadeshongos/item/323-fumagina-negrilla-negreo>.
58. Martino, D. L. & C. F. Shaykewich. (1994). Root penetration profiles of wheat and barleys as affected by soil penetration resistance in field conditions. Canadian Journal of Soil Science. 74 (2): 193-200.
59. Materechera, S. A.; A. M. Alston; J. M. Kirby and A. R. Dexter. (1992). Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. Plant and Soil 144:297-303.
60. Obregón, C. (2005). Gmelina arborea Versatilidad, Renovación y Productividad Sostenible para el Futuro Bogotá – Colombia 20 p.
61. Oliveira, M. R. V.; T. J. Henneberry; Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for B. tabaci. Crop Protection 20: 709-723.
62. Padilla, W. (2007). Fertilización de Suelos y Nutrición Vegetal. Quito, EC.

Grupo Clínica Agrícola. p. 61, 62, 148, 149, 163,174, 207.

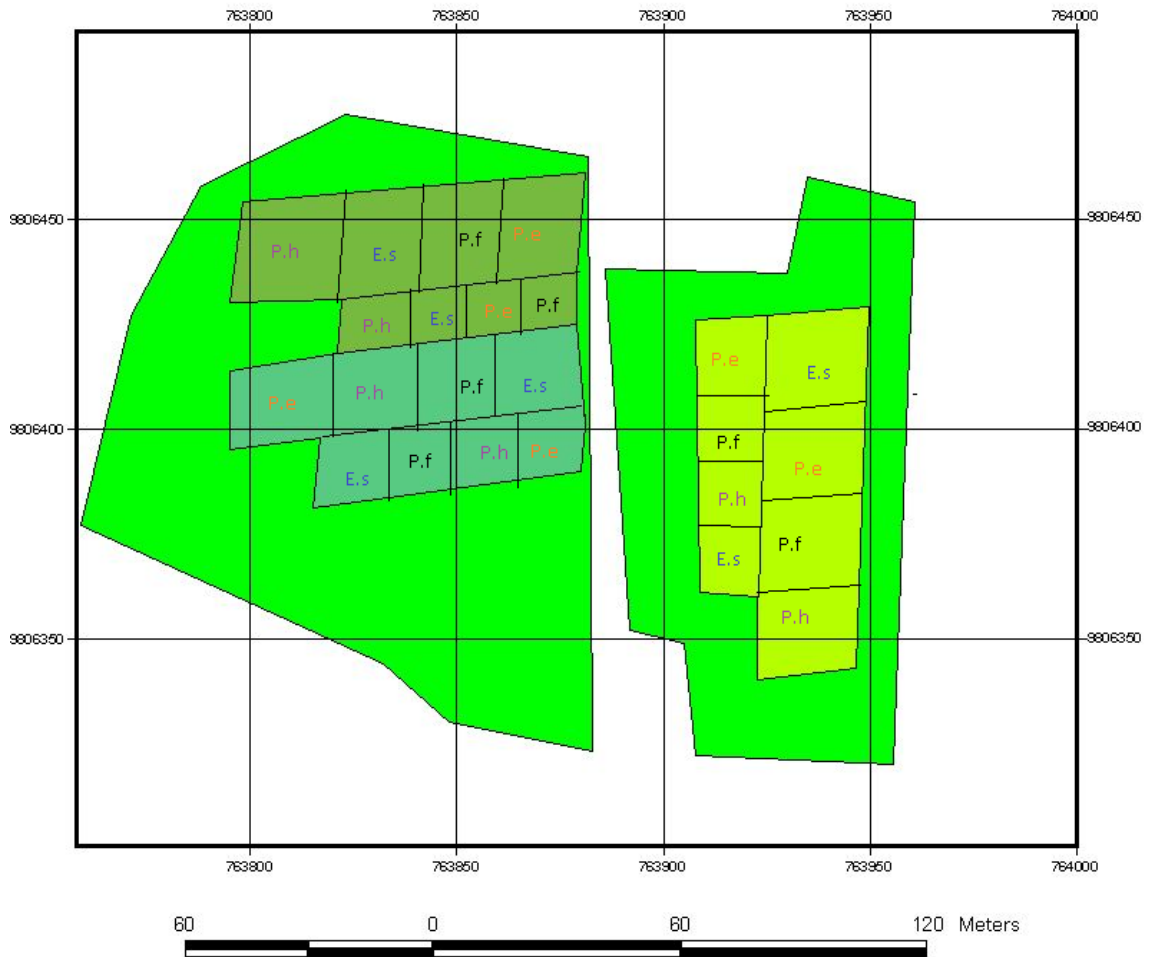
63. Paganquiza, E. (2012). “Elaboración de una línea base para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* en la hacienda San Joaquín de Aglomerados Cotopaxi S.A (ACOSA)” Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
64. Prause, J., Angeloni, P. & Arce, G. (2003). Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del Parque Choqueño húmedo (Argentina). *Revistas de Ciencias Forestales Quebracho* 10: 39-45. Pritchett, W. 1986. Suelos
65. Perring, T. M. (2001). The Bemisia tabaco-species complex. *Crop Protection* 20: 725-737
66. Ramos, R. (2003). “Fraccionamiento de carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica”. Tesis M.Sc. Turrialba, CATIE.
67. Reigosa M, P. & Sánchez, A. (2004). “La Ecofisiología Vegetal una ciencia de síntesis” Editorial Thomsom Editores Paraninfo S.A, Segunda Reimpresión Madrid (España), 8, 9 pp
68. Rivas F, Alarcon A, Espinosa C, Carrillo F, Villamarin, D. (2005). Formaciones vegetales en el Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Aplicadas, Escuela de Ingeniería en Biotecnología Sangolquí - Pichincha – Ecuador.
69. Rioja, A, (2002). Análisis de Suelos. Consultado el 20 Mar. 2015. Disponible en:<http://www.ingenieriarural.com/Proyectos/AntonioPavon/05AnejoIII>
70. Rodríguez, S. F. (1982). Fertilizantes. A. G. T. Editor, México. 157 p
71. Ruano, J. (2008). Viveros Forestales. Segunda edición, ediciones Mundi-Prensa, España, 33-36 p. Consultado el 26 de marzo de 2012, disponible en:
http://books.google.com/books?id=NmO6hoXuXcYC&printsec=frontcover&dq=viveros&hl=es&ei=6lm3TZyNHYnn0QHbz7zhCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&sqi=2&ved=0CDsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
72. Spitler, (1995). Guía técnica para el inventario de bosques secundarios. Costa Rica, 1995. pág. 20.18.

73. SYNGENTA, (2015). Mosca Blanca. Consultado el 20 Mar. 2015.
Disponible en: www3.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/mosca-blanca.asp
74. Vilas Boas, G; F. Franca; A. de Avila e I. Bezerra. (1997). Manejo integrado da mosca-branca Bemisia argentifolii. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Circular Técnica da EMBRAPA, Hortalizas. Brasília, Brasil. P. 3.
75. Villafuerte, F. (2008). “Aclimatación y adaptación, ¿Cuál es la diferencia?” revista trimestral de la universidad Peruana Cayetano Heredia. Volumen IX. Número 33.
76. Villareal H, M. Alvarez, S. Cordoba, F. Escobar, G. FAUNA, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina Y A.M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Disponible en http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/067_Metodos_Inventarios_2004.pdf
77. Vitousek, P., Turner, D., Parton, W. y Sanford, Y. (1994). Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms, and models. Ecology 72: 418-429.
78. Wayne, K. & Donald, G. (2004). Tree crops for marginal farmland. University of Tennessee. 31 pp.
79. WIKIPEDIA, (2015). Plagas y enfermedades. Consultado el 20 Mar. 2015.
Disponible en :<http://es.wikipedia.org/wiki/Fumagina>
80. White, A. & Martin, A. (2002). Who owns the world forests? Forest tenure and public forests in transitions. Forest Friends, 30pp
81. Zhao-Hua, Z., X. Yao Guo & L. Xin-Yu, (1986). Paulownia in China; cultivation and utilization. The Chinese Academy of Forestry. Beijing, China.

XI. ANEXOS

Anexo 1: Croquis del ensayo

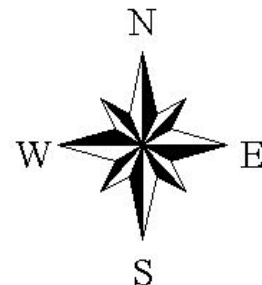
GRANJA EXPERIMENTAL TUNSHI CROQUIS DEL ENSAYO



LEYENDA

-  Granja Tunshi
-  BLOQUE 1
-  BLOQUE 2
-  BLOQUE 3

P.f : *Paulownia fortunei*
P.e : *Paulownia elongata*
P.h : *Paulownia hibrido*
E.s : *Eucalipto saligna*



Realizado Por: Danny Guilcapi
Fecha: 05/04/2015

Anexo 2: Medición de variables de suelo.

1. Número de lombrices

Fecha época seca:			Fecha época lluviosa:		
Marco	Repetición	Especie	NÚMERO DE LOMBRICES		OBSERVACIONES
			Época seca	Época lluviosa	
4x4	1	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			
	2	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			
	3	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			
3x3	1	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			
	2	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			
	3	<i>P. fort</i>			
		<i>P. elong</i>			
		<i>P. hibrida</i>			
		<i>testigo</i>			

2. Compactación del suelo

Fecha evaluación:/...../.....				COMPACTACIÓN DE SUELO A DIFERENTES PROFUNDIDADES														
Marco	Bloque	Código	Especie	0-25cm					25,1-40cm					40,1-50cm				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4x4	1		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															
	2		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															
	3		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															
3x3	1		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															
	2		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															
	3		<i>P. fort</i>															
			<i>P. elong</i>															
			<i>P. hibrida</i>															
			<i>testigo</i>															

3. Densidad aparente

Fecha inicio:		Fecha final:														
Marco	Repetición	Especie	VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD APARENTE													
			0-25 cm							25.1 - 50 cm						
			inicio				final			inicio				final		
			Nº caja	Peso de caja (g)	Peso suelo fresco + caja (g)	Peso suelo seco + caja (g)	Nº caja	Peso de caja (g)	Peso suelo fresco + caja (g)	Peso suelo seco + caja (g)	Nº caja	Peso de caja (g)	Peso suelo fresco + caja (g)	Peso suelo seco + caja (g)	Nº caja	Peso de caja (g)
4x4	1	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														
	2	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														
	3	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														
3x3	1	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														
	2	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														
	3	<i>P. fort</i>														
		<i>P. elong</i>														
		<i>P. hibrida</i>														
		testigo														

Anexo 3. VARIABLES DASOMÉTRICAS

FECHA:		MARCO PLANTACIÓN:				BLOQUE:					
Planta	Código	Pr	d 10cm (mm)		DAP (cm)		Altura total (cm)	Radio de la copa		Observaciones	
			d1	d2	DAP1	DAP2		R1 (cm)	R2 (cm)		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

