

**Determinación del rendimiento de las
plantaciones forestales de la Escuela Agrícola
Panamericana Zamorano, Honduras**

Jean Bertrand Contina

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

Determinación del rendimiento de las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Jean Bertrand Contina

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Determinación del rendimiento de las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras

Presentado por:

Jean Bertrand Contina

Aprobado:

Timothy Longwell, M.Sc.
Asesor Principal

Arie Sanders, M.Sc.
Director
Carrera de Desarrollo
Socioeconómico y Ambiente

Nelson Agudelo, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesora

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Contina, J. 2008. Determinación del rendimiento de las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 82 p.

Las plantaciones forestales juegan un papel importante en la disminución de la presión que se está ejerciendo sobre los bosques naturales y en la producción de biomasa para energía. El objetivo de este proyecto es determinar el rendimiento de las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, estableciendo tablas de volumen, tasas de crecimiento promedio anual por hectárea y evaluando las características físico-morfológicas de los suelos de cada plantación. Estas informaciones recolectadas en el terreno servirán de base para la toma de decisión a futuro sobre el manejo y la producción de biomasa en las plantaciones forestales de Zamorano. Este proyecto fue realizado en cuatro plantaciones forestales: Gradadas, Florencia, Llano y Rodimiro Zelaya; las cuales cuentan con tres especies diferentes: eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh*), melina (*Gmelina arborea Roxb*) y pino (*Pinus oocarpa Schiede*). Estas plantaciones fueron evaluadas a través del establecimiento de parcelas de estudio de forma circular utilizando un muestreo aleatorio simple; en cada parcela fueron medidos los parámetros de DAP (Diámetro-altura-Pecho), altura total y se calculó el área basal. Se realizaron cortes de árboles en cada plantación para estimar el rendimiento en metros cúbicos por hectárea (ha) por año: la plantación de eucalipto en las Gradadas tiene un rendimiento de 6 m³/ha/año, en Florencia 9 m³/ha/año; la plantación de melina en las Gradadas tiene un rendimiento de 23 m³/ha/año, en Rodimiro Zelaya 19 m³/ha/año; la plantación de pino en el Llano tiene un rendimiento de 15 m³/ha/año, en Rodimiro Zelaya 8 m³/ha/año. Los principales tipos de suelos encontrados son: Entisoles en las plantaciones de pino los cuales se caracterizan por alta pedregosidad y de profundidad efectiva superficial; inceptisoles en las plantaciones de melina y de eucalipto en Florencia con profundidad efectiva moderada; alfisoles en la plantación de eucalipto en las Gradadas los cuales se caracterizan por un drenaje deficiente.

Palabras clave: Altura total, área basal, DAP, Gradadas, Llano, regresión múltiple, Rodimiro Zelaya, taxonomía de suelo.

CONTENIDO

	Portadilla.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Resumen.....	iv
	Contenido.....	v
	Índice de Cuadros, Figuras, Fotografías, Gráficos y Anexos.....	vi
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6	RECONOCIMIENTOS.....	69
7	BIBLIOGRAFÍA.....	70
8	ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Ubicación de las plantaciones evaluadas.....	12
2. Establecimiento de las parcelas de estudio.....	15
3. Ubicación de las calicatas en las plantaciones.....	18
4. Clasificación por aptitud de uso de suelo.....	20
5. Subclases de suelo.....	22
6. Mediciones dasométricas para eucalipto en las Gradadas.....	24
7. Clases diámetricas para eucalipto en las Gradadas.....	24
8. Volumen en m ³ de los eucaliptos cortados en las Gradadas.....	27
9. Tabla de volumen para eucalipto en las Gradadas.....	29
10. Mediciones dasométricas para melina en las Gradadas.....	30
11. Clases diámetricas para melina en las Gradadas.....	30
12. Volumen en m ³ de las melinas cortadas en las Gradadas.....	32
13. Tabla de volumen para melina en las Gradadas.....	34
14. Mediciones dasométricas para eucalipto en Florencia.....	36
15. Clases diámetricas para eucalipto en Florencia.....	36
16. Tabla de volumen para eucalipto en Florencia.....	39
17. Mediciones dasométricas para pino en el Llano.....	41
18. Clases diámetricas para pino en el Llano.....	41
19. Volumen en m ³ de los pinos cortados en el Llano.....	44
20. Tabla de volumen para pino en el Llano.....	46
21. Mediciones dasométricas para pino en Rodimiro Zelaya.....	48
22. Clases diámetricas para pino en Rodimiro Zelaya.....	48
23. Volumen en m ³ de los pinos cortados en Rodimiro Zelaya.....	51
24. Tabla de volumen para pino en Rodimiro Zelaya.....	53
25. Mediciones dasométricas para melina en Rodimiro Zelaya.....	54
26. Clases diámetricas para melina en Rodimiro Zelaya.....	54
27. Volumen en m ³ de las melinas cortadas en Rodimiro Zelaya.....	57
28. Tabla de volumen para melina en Rodimiro Zelaya.....	59
29. Resumen de los rendimientos en cada plantación.....	60
30. Descripción de perfiles de suelo.....	62
31. Clasificación taxonómica de los suelos.....	63
32. Resultados generales de las evaluaciones en cada plantación.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Países de mayor extensión boscosa.....	1
2.	Países con mayor extensión de plantaciones forestales.....	2
3.	Delimitación de las áreas de estudio.....	14
4.	Plantaciones forestales de las Gradas.....	23
5.	Plantación forestal de Florencia.....	36
6.	Plantación forestal del Llano.....	40
7.	Plantaciones forestales de Rodimiro Zelaya.....	47

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía	Página
1. Vista de la plantación de eucalipto en las Gradadas.....	26
2. Vista de la plantación de melina en las Gradas.....	32
3. Vista de la plantación de eucalipto en Florencia.....	38
4. Vista de la plantación de pino en el Llano.....	43
5. Vista de la plantación de pino en Rodimiro Zelaya.....	50
6. Vista de la plantación de melina en Rodimiro Zelaya	56
7. Vista de las calicatas de las diferentes plantaciones.....	64
8. Vista de las rocas excavadas en la plantación de pino en R.Z.....	65
9. Vista de las rocas excavadas en la plantación de pino en el Llano.....	65

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico		Página
1.	Distribución de DAP para eucalipto en las Gradadas.....	25
2.	Distribución de altura total para eucalipto en las Gradadas.....	25
3.	Relación DAP y volumen para eucalipto en las Gradadas.....	28
4.	Relación altura total y volumen para eucalipto en las Gradadas.....	28
5.	Distribución de DAP para melina en las Gradadas.....	31
6.	Distribución de altura total para melina en las Gradadas.....	31
7.	Relación DAP y volumen para melina en las Gradadas.....	33
8.	Relación altura total y volumen para melina en las Gradadas.....	33
9.	Distribución de DAP para eucalipto en Florencia.....	37
10.	Distribución de altura total para eucalipto en Florencia.....	37
11.	Distribución de DAP para pino en el Llano.....	42
12.	Distribución de altura total para pino en el Llano.....	42
13.	Relación DAP y volumen para pino en el Llano.....	45
14.	Relación altura total y volumen para pino en el Llano.....	45
15.	Distribución de altura total para pino en Rodimiro Zelaya.....	49
16.	Distribución de DAP para pino en Rodimiro Zelaya.....	49
17.	Relación DAP y volumen para pino en Rodimiro Zelaya.....	52
18.	Relación altura total y volumen para pino en Rodimiro Zelaya.....	52
19.	Distribución de DAP para melina en Rodimiro Zelaya.....	55
20.	Distribución de altura total para melina en Rodimiro Zelaya.....	55
21.	Relación DAP y volumen para melina en Rodimiro Zelaya.....	58
22.	Relación altura total y volumen para melina en Rodimiro Zelaya.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Mediciones forestales para la plantación de eucalipto en las Gradadas.....	72
2.	Mediciones forestales para la plantación de melina en las Gradadas.....	73
3.	Mediciones forestales para la plantación de eucalipto en Florencia.....	74
4.	Mediciones forestales para la plantación de pino en el Llano.....	75
5.	Mediciones forestales para la plantación de pino en Rodimiro Z.....	78
6.	Mediciones forestales para la plantación de melina en Rodimiro Z.....	81

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los datos de la FAO (2006), el área total de bosque en 2005 es casi 4 mil millones de hectáreas lo cual cubre el 30% del área total de las tierras emergidas. Pero esta área está desigualmente repartida, los 10 países más ricos en bosques reúnen dos tercios del área total de bosque ilustrados en la Figura 1.

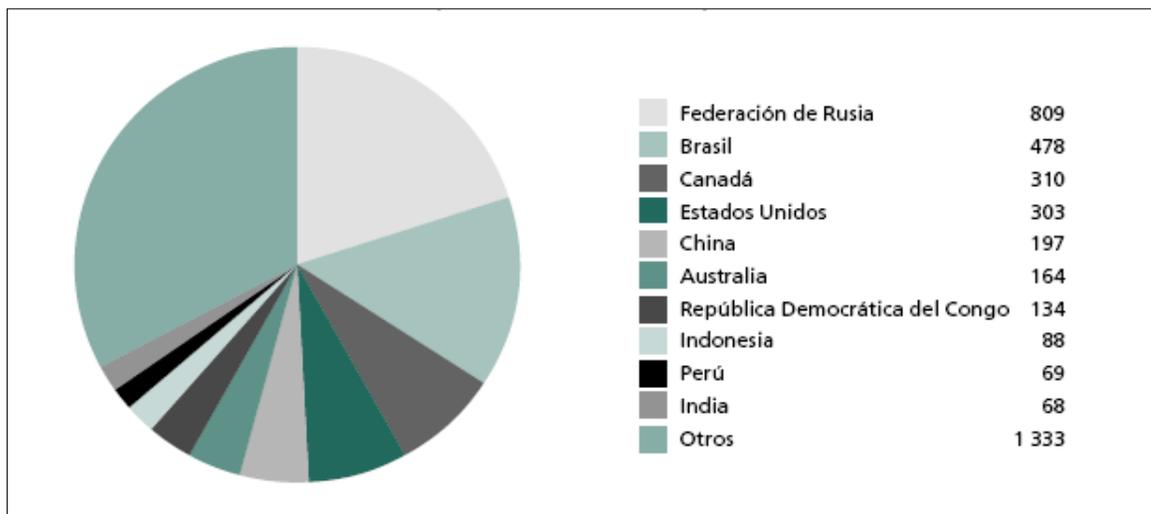


Figura 1. Los 10 países con mayor extensión de área boscosa (millones de hectáreas) (FAO, 2006).

De acuerdo con la FAO (2006), la deforestación, sobre todo para convertir los bosques en tierras agrícolas, prosigue a un ritmo alarmante: unos 13 millones de hectáreas al año. Sudamérica experimentó la mayor pérdida neta de bosques entre 2000 y 2005- unos 4,3 millones de hectáreas anuales- seguida por África, que perdió 4 millones de hectáreas anuales. Norteamérica con Centroamérica y Oceanía tuvieron sendas pérdidas netas de unas 350.000 hectáreas por año, mientras que Asia, que tuvo una pérdida neta de unas 800.000 hectáreas anuales en los años noventa, registró una ganancia neta de 1 millón de hectáreas anuales de 2000 a 2005, sobre todo gracias a la forestación en gran escala realizada por China. Las áreas de bosque en Europa siguieron extendiéndose, aunque a menor ritmo que en los noventa.

Según la FAO (2006), las plantaciones forestales, subclase de todos los bosques plantados, se definen como bosques de especies introducidas y en algunos casos de especies nativas, establecidas mediante plantación o siembra, con pocas especies, esparcimiento regular y/o rodales de edad uniforme. Las plantaciones forestales para la

producción se definen como aquellas que están concebidas predominantemente para el suministro de madera, fibra y productos forestales no madereros y las plantaciones forestales para protección, se definen como aquellas que se establecen sobre todo para la conservación del suelo y del agua.

Las plantaciones forestales para la producción, ocupan una posición estratégica y creciente para satisfacer la demanda de madera y de productos madereros a nivel global. Con el establecimiento de una plantación forestal, se reduce de manera considerable la presión que ejerce el ser humano sobre los bosques naturales presentes y contribuye a la restauración de la misma.

De acuerdo con la FAO (2006), las plantaciones forestales se calculan en el 3,8% del área total de bosque, o sea 140 millones de hectáreas. Las plantaciones forestales productivas representan el 78% de las plantaciones forestales y las plantaciones forestales protectoras el 22%. El área de las plantaciones forestales ha crecido en unos 2,8 millones de hectáreas anuales durante 2000-2005 siendo el 87% plantaciones forestales productivas.

Según la FAO (2006), actualmente hay en el mundo unos 109 millones de hectáreas de plantaciones forestales para la producción de madera y otros productos derivados. La región de Asia tiene el 41%; Europa el 20%; Norteamérica y Centroamérica el 16%; Sudamérica y África del 10% cada una; y Oceanía el 3%. Los primeros diez países suman el 73 % del área total de plantaciones forestales ilustrados en la Figura 2, correspondiendo a China, la Federación de Rusia y los Estados Unidos, en conjunto, más de la mitad del área total de plantaciones para la producción.

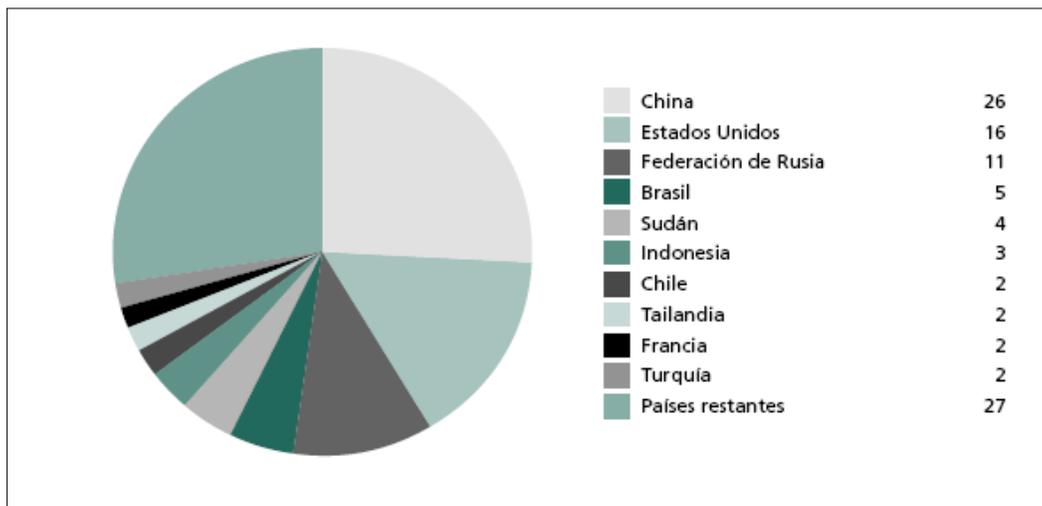


Figura 2. Los 10 países con mayor extensión de plantaciones forestales para producción en porcentaje (%) (FAO, 2006).

En 2005, se estimaron que las plantaciones forestales de Honduras representan 30.000 hectáreas cuyas especies dominantes son *Pinus spp*, *Eucalyptus spp*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y que las áreas de bosques naturales alcanzan 5.989.600 hectáreas con una tasa anual negativa de cambio en 2000-2005 de 3,1% (FAO, 2006).

De acuerdo con Mora *et al.* (1990), para la producción maderera, el establecimiento de plantaciones forestales debe acompañarse de manera obligatoria de un manejo de las mismas con el fin de lograr un mayor rendimiento posible. El volumen es considerado como una variable indicadora del potencial o de la capacidad de producción de una plantación y es afectado por diferentes variables que deben considerarse en el manejo, tales como la densidad inicial, la calidad de sitio, el diámetro, la altura, la forma del árbol, la edad de la plantación, las intervenciones silviculturales entre otras. El uso de ecuaciones para calcular el volumen, es una alternativa de amplio uso en el manejo forestal que permite la estimación del mismo con una precisión conocida, mediante modelos matemáticos ajustados a partir de medidas detalladas, tomadas sobre una pequeña muestra representativa de la población, lo que permite simplificar el trabajo de campo.

Los avances tecnológicos de los sistemas de información geográfica (SIG) representan un componente clave para el manejo de plantaciones forestales en determinadas áreas por medio del establecimiento de mapas de distribución espacial de especies madereros o de clasificación de suelos aptos para plantaciones.

Las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) no representan una unidad homogénea, son repartidas en varios parches de diversas especies sobre los 7.000 ha de tierra que posee, lo cual complica las prácticas de manejo en el terreno. No existen datos disponibles sobre el manejo y la evaluación de estas plantaciones forestales cuyo objetivo principal de existencia es el uso de estas plantaciones para contener al avance de las poblaciones locales sobre las tierras de la EAP.

El propósito de este estudio es incrementar conocimiento sobre el rendimiento de las plantaciones forestales de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* y *Pinus oocarpa* de la Escuela Agrícola Panamericana, EAP y de plantear recomendaciones para aumentar el rendimiento/ha.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La determinación del rendimiento de las plantaciones forestales de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* y *Pinus oocarpa* de la Escuela Agrícola Panamericana, constituirá los primeros datos sobre el estado actual de estas plantaciones en términos de producción y de rendimiento por hectárea. Dichos datos facilitarán la toma de decisión con relación a la administración y manejo de las plantaciones forestales de Zamorano.

Este estudio pretende contribuir con el cumplimiento del objetivo 5 del plan estratégico de Zamorano del 2006 al 2010, el cual establece: Administrar nuestros recursos y activos físicos (EAP Zamorano, 2006).

1.2 LÍMITES DEL ESTUDIO

Este estudio se enfocó en cuatro plantaciones forestales de la zona plana de la Escuela Agrícola Panamericana, EAP: Florencia, las Gradadas, el Llano y Rodimiro Zelaya.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Determinar el rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* y *Pinus oocarpa* de la Escuela Agrícola Panamericana, EAP.

1.3.2 Objetivos específicos

Establecer tablas de volúmenes y tasas de crecimiento promedio anual para las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* y *Pinus oocarpa* de la EAP.

Analizar las condiciones físicas y morfológicas de los suelos de estas plantaciones.

1.4 LIMITANTE

La inexistencia de datos previos sobre las características productivas y el manejo de las plantaciones forestales fueron las principales limitantes encontrados durante la realización del estudio.

1.5 ALCANCES

El estudio fue realizado en las tierras de la Escuela Agrícola Panamericana EAP, departamento de Francisco Morazán en el periodo de Mayo-Agosto del 2008. Los resultados del estudio y los datos de terreno recolectados servirán de base para la elaboración de futuros estudios relacionados al campo forestal.

1.6 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el rendimiento de las plantaciones forestales de eucalipto, melina y pino en la propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana, EAP?

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PLANTACIONES FORESTALES

La necesidad de existencia de plantaciones forestales fue reconocida hace décadas por Champion (1949) que enfatizó la urgencia de que millones de hectáreas de tierra deberían ser forestadas. La FAO (1981) describió que cerca de 30 millones de hectáreas de plantaciones manejadas intensivamente sería necesitada para suplir la demanda durante los próximos años. Wardsworth, concluyó que las plantaciones forestales deben existir en zonas donde: (1) el bosque natural es inadecuado, (2) el bosque natural crece demasiado lento para suplir con la demanda creciente, (3) el bosque natural es demasiado disperso para permitir actividades económica de cosecha, y (4) el bosque natural se encuentra en zonas de difícil acceso para ser transportado (Wardsworth, 1997).

2.1.1 Ventajas productivas de las plantaciones forestales

La superioridad de las plantaciones forestales sobre los bosques naturales reside en la alta productividad y comercialización de sus productos madereros debido a los avances en el área de mejoramiento genético lo cual permite un desarrollo rápido en un tiempo corto. Las ventajas de las plantaciones forestales son evidentes donde la regeneración natural es deficiente, donde los árboles nativos son de utilidades limitadas y donde diferencias en tasas de crecimientos son pronunciados (Wardsworth, 1997).

Las plantaciones forestales traen beneficios ambientales, tales como:

- Captura y secuestro de carbono
- Protección de cuencas y recarga de mantos acuíferos
- Protección del suelo contra erosión
- Protección y enriquecimiento de la biodiversidad dentro de la plantación

Shoji Sánchez (2002) concluyó que las plantaciones forestales proveen beneficios económicos, tales como:

- Reducción de los costos de extracción y transporte de productos forestales
- Abastecimiento adecuado de materias primas para las industrias forestales
- Optimización de la capacidad productiva del suelo
- Generación de empleos

2.1.2 Evaluación y medición de plantaciones forestales

La evaluación de una plantación consiste en aplicar cierta técnica para recopilar información de alguna o algunas características particulares de la misma. La evaluación de una plantación es una actividad de extrema relevancia en su administración, independientemente de que se cuente con guías definidas sobre el manejo de plantaciones establecidas en condiciones similares, como podrían ser las tablas de rendimiento o los modelos de manejo bien calibrados (Torres, 2001).

Las mediciones de variables básicas en plantaciones forestales proveen al administrador, o encargado de la misma, con información cuantitativa que es necesaria para la buena planeación y manejo. Es claro que los métodos de medición pueden variar dependiendo del objetivo de la medición, cantidad y valor del recurso, condiciones locales, tiempo disponible, presupuesto asignado factores de mercado (Torres, 2001).

Las reiteradas mediciones forestales también permiten evaluar la eficiencia del manejo pasado. En general, las parcelas se vuelvan a medir a intervalos de 5 a 10 años (Young *et al.*, 1991).

2.1.3.1 Recolección de informaciones. Antes de realizar cualquier evaluación se necesita conocer toda aquella información que se haya generado sobre el área sujeta a estudio: revisión de cartografía, trabajos locales, desde tesis hasta compilaciones de producto de investigación o consultoría (Torres, 2001).

2.1.3.2 Recursos financieros disponibles. Los recursos financieros se definen como la cantidad de dinero disponible para realizar la evaluación, es de suma importancia porque definirá en mucho la profundidad con la que se realicen todas las etapas del proceso de evaluación (Torres, 2001).

2.1.3.3 Diseño de muestreo. La evaluación de una plantación rara vez se hace a través de un censo de toda la población. Se elige una muestra representativa de dicha población y con base a los resultados obtenidos en la muestra, se hace una inferencia a toda la población. Para realizar un muestreo es necesario identificar varios factores como: qué constituye la unidad de muestreo, la forma en que se elegirán las muestras y cuántas muestras se seleccionarán.

2.1.3.4 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo. Una parcela de muestreo puede adoptar cualquier forma geométrica o incluso una forma irregular. Generalmente, se usan tres formas básicas: cuadrados, círculos y rectángulos. La forma que proporcione el máximo de superficie con el mínimo de perímetro es la forma circular. El tamaño de las parcelas depende en gran medida de la estructura de la población y se recomienda que cada unidad de muestreo sea lo suficientemente grande para poder estimar apropiadamente la variabilidad dentro de cada unidad de muestreo y el tamaño de las

parcelas debe tomarse en cuanta conjunto con algunas consideraciones prácticas (delimitación), de tiempo y costos (Villa, 1993 citado por Torres).

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

2.2.1 Taxonomía

Familia: Myrtaceae

Nombre científico: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

Nombres comunes: eucalipto, eucalipto camaldulensis, river red gum.

2.2.2 Descripción botánica

Es una especie siempre verde, de 24-40 m de altura (hasta 50 m en algunas regiones de Australia), fuste grueso de base recta y tronco generalmente torcido, de 60 cm a 1 m de diámetro, con copa abierta e irregular, corteza lisa, blanca, ligeramente grisácea, desprendible en tiras largas o en placas irregulares que exponen capas internas de corteza blanquecina.

2.2.3 Propiedades físicas

La madera es muy pesada (0.61g/cm^3), de color rojiza, de grano entrelazado ondulado; dura y durable, resistente a las termitas y tiende a torcerse con el secado (Ramos, 1988). En el trópico seco, esta especie tiene un rendimiento de 5-10 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en los 10-20 años de rotación mientras que en el trópico húmedo puede alcanzar un rendimiento de 30 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ (Evans, 1992 citado por la FAO 2001).

2.2.4 Distribución

Nativo de Australia donde crece con amplia distribución. Se han establecido plantaciones en todo Centroamérica, África y Asia.

2.2.5 Requerimientos climáticos y altitudinales

En América Central se le ha plantado en sitios con temperaturas medias entre 20°C y 29°C . Los mejores crecimientos se han registrado en zonas bajas con temperaturas superiores a 22°C como por ejemplo en el Parcelamiento La Máquina en Guatemala. Es una especie que requiere plena exposición para un crecimiento satisfactorio (Martínez, 1990).

En el área de distribución natural se le encuentra tanto en zonas con poca precipitación como en zonas de mayor pluviosidad (200-1250 mm). El mínimo para plantaciones comerciales parece ser de 400 mm, aunque la especie puede crecer bien en zonas de

menor precipitación si cuenta con inundaciones estacionales o una napa freática alta y resiste sequías de 4-8 meses.

Según Martínez (1990), *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh es una especie de zonas bajas, que crece naturalmente a la orilla de los ríos; algunas procedencias pueden plantarse en zonas altas, hasta 1400 metros sobre el nivel del mar (msnm). En América Central se ha plantado desde el nivel del mar (Parcelamiento La máquina en Guatemala y Choluteca en Honduras) hasta 1200 msnm (San Ramón, Costa Rica), aunque los mejores crecimientos se han registrado debajo de los 650 msnm.

2.2.6 Requerimientos edáficos

Esta especie se adapta a una gama amplia de suelos, desde muy pobres hasta periódicamente inundados. Sin embargo, en algunos lugares de América Central (San Lorenzo en Honduras), con suelos compactados por sobrepastoreo o poca humedad disponible todo el año los crecimientos no han sido satisfactorios. Tampoco prospera en suelos calcáreos con capas de cenizas volcánicas endurecidas superficiales (Martínez, 1990).

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE *Gmelina arborea* Roxb

2.3.1 Taxonomía

Familia: Verbenaceae

Nombre científico: *Gmelina arborea* Roxb

Nombres comunes: melina, teca blanca, yemane.

2.3.2 Descripción botánica

El árbol es de tamaño mediano a grande con alturas hasta 30 m y diámetros entre 60 y 100cm; el tronco de base recta, fuste cilíndrico y limpio de ramas; la corteza es lisa color gris; copa amplia y redondeada con hojas deciduas; los frutos son abundantes en drupas de forma oval color amarillo.

2.3.3 Propiedades físicas

La madera es moderadamente liviana (0.41 g/cm³), de color blanco amarillento, no presenta olor ni sabor característico y de textura mediana. Esta especie, normalmente en los trópicos, tiene un rendimiento entre 12 y 50 m³/ha/año (Lamprecht, 1990 citado por la FAO 2001)

2.3.4 Distribución

Nativa de Asia, su distribución natural abarca el nordeste de Pakistán hasta el sudeste de Camboya, India, Sri Lanka y el sur de China. Actualmente, se cultiva en África y en América Tropical (Obregón, 2007).

2.3.5 Requerimientos climáticos y altitudinales

Esta especie crece de manera natural entre el nivel del mar y los 900 msnm, creciendo favorablemente en zonas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical, generalmente entre los 24-35°C y a partir de los 900 msnm hasta los 1500 msnm (Obregón, 2007).

2.3.6 Requerimientos edáficos

Esta especie crece en suelos livianos o pesados, de reacción ácida a alcalina, ricos en nutrientes y con buenas condiciones de drenaje y luz.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE *Pinus oocarpa Schiede*

2.4.1 Taxonomía

Familia: Pinaceae

Nombre científico: *Pinus oocarpa Schiede*

Nombres comunes: pino ocote, ocote.

2.4.2 Descripción botánica

Es un árbol grande, de 30 a 40 metros de altura y de 1 metro de diámetro; la corteza es de color rojizo oscuro o grisáceo, fisurada y exfoliante. La copa es cónica o triangular, con hojas en número de 5 por fascículo, triangulares y aserradas. Los conos son café oscuro, lustrosos, anchamente ovoides y persistentes en el árbol. La especie parece estar asociada a la ocurrencia de fuegos, que aparentemente ayudan a su establecimiento exitoso. Sin embargo, si la frecuencia es demasiada alta, la regeneración y futura productividad de los pinares se ve amenazada (Montesinos, 1995 citado por Oxford Plant Systematics).

2.4.3 Propiedades físicas

La madera es pesada (0.42-0.60 g/cm³), de textura fina, brillo mediano a alto. Muestra una ligera diferencia entre la albura, de color amarillo cremosos, y el duramen, de color café pálido (Montesinos, 1995 citado por Oxford Plant Systematics). En plantaciones forestales, esta especie tiene un rendimiento promedio de 10-40 m³/ha/año (Lamprecht, 1990 citado por la FAO, 2001).

2.4.4 Distribución

Pinus Oocarpa Schiede se extiende desde el 28°Noroeste de México hasta el 12°Norte de Nicaragua (Lamprecht, 1990 citado por la FAO, 2001). En Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador representa la especie dominante de los bosques de pino. En sitios muy secos o con suelos muy pobres y/o elevaciones menores a 900 msnm, apenas alcanza alturas de 10 a 15 m, y por lo general los árboles son malformados. En estos sitios, la tasa de crecimiento es apenas cercana a 1 m³/ha/año (Montesinos, 1995 citado por Oxford Plant Systematics).

2.4.5 Requerimientos climáticos y altitudinales

En su ambiente natural las temperaturas son de 13 a 23°C y las precipitaciones de 650-2000 mm, con una época seca de 5-6 meses. Ocasionalmente se le encuentra en áreas donde la precipitación alcanza los 3000 mm. Se ha encontrado a altitudes desde 200 hasta 2500 msnm pero alcanza su mejor desarrollo de 600 a 1800 msnm (Montesinos, 1995 citado por Oxford Plant Systematics).

2.4.6 Requerimientos edáficos

Según Montesinos (1995), *Pinus oocarpa Schiede* es una especie pionera que se adapta a diferentes tipos de suelo, erosionados e infértiles, delgados, arenosos, pedregosos y accidentados, de ácidos a neutros (de pH 4.5-6.8), pero con buen drenaje. Alcanza su mejor desarrollo en suelos profundos y donde la precipitación anual supera los 1200 mm.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el área plana de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) entre Mayo y Agosto de 2008. Ésta se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas 13°55' y 14°02' de latitud norte y entre 86°56' y 87°03' de longitud oeste.

3.1.1 Caracterización de la zona de estudio

Tiene una altura entre 800 a 880 msnm, una temperatura promedio anual de 25°C y una precipitación promedio anual de 1100 mm. El área bajo estudio está clasificada dentro de una zona de vida de Bosque Seco Tropical, Transición a Subtropical, con biotemperaturas menores de 24°C en promedio anual.

3.2 PLANTACIONES ESTUDIADAS

El estudio se realizó en una extensión de 24.18 hectáreas conformada por 4 plantaciones forestales ilustradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación de las plantaciones evaluadas.

Plantación	Especies presentes	Año de siembra	Área en ha
Florencia	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1987	1.54
Gradas	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1988	4.84
	<i>Gmelina arbórea</i>	1989	0.56
Llano	<i>Pinus oocarpa</i>	2000	12.43
Rodimiro Zelaya	<i>Pinus oocarpa</i>	1998	3.90
	<i>Gmelina arbórea</i>	1998	1.29
Total			24.18

3.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La delimitación del área de estudio se realizó utilizando los mapas de curvas a nivel a escala 1:30,000 de la EAP donde luego se incorporó los puntos GPS¹ de los límites de las plantaciones forestales usando las herramientas Arc Gis 9.0, ilustradas en la Figura 3.

¹ Global Positioning System

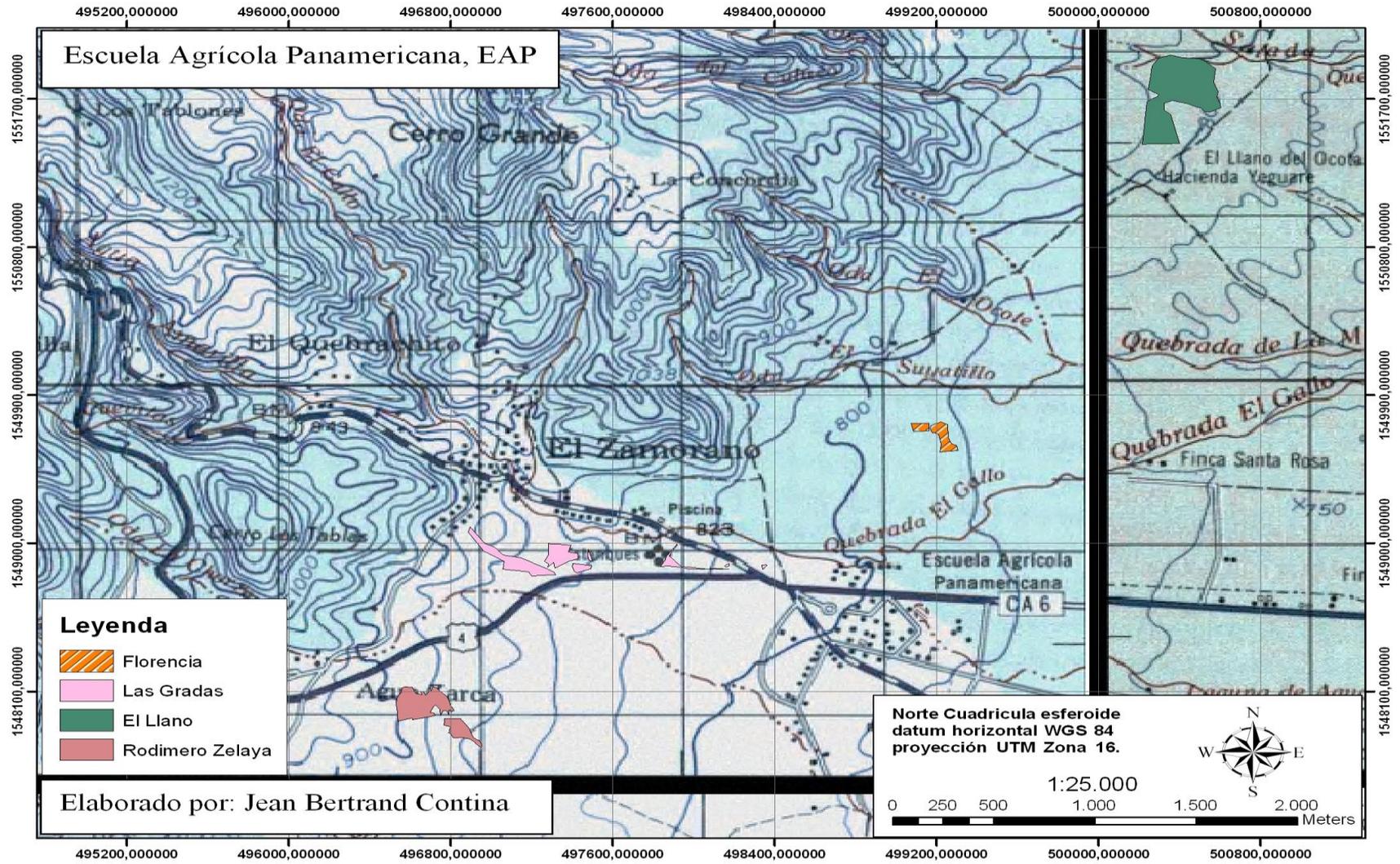


Figura 3. Delimitación de las áreas de estudio.

3.4 SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Para el establecimiento de las parcelas de evaluaciones, se realizó un muestreo aleatorio simple, ubicando al azar determinados puntos sobre los mapas de cada plantación y se seleccionaron los puntos que cayeron adentro de las plantaciones, los cuales se convierten en parcelas permanentes permitiendo estudios posteriores y de monitoreo indicado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Establecimiento de las parcelas de estudio.

Plantación	Especies	Parcelas	# árboles	Coordenadas UTM	
				X	Y
Florencia	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	A	19	499246	1549620
		B	15	499246	1549697
		C	29	499100	1549705
Gradas	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	A	10	497475	1548856
		B	14	497322	1548887
		C	9	497077	1548906
	<i>Gmelina arborea</i>	A	16	497860	1548880
		B	13	497885	1548933
Llano	<i>Pinus oocarpa</i>	A	25	500310	1551747
		B	26	500372	1551878
		C	20	500452	1551849
		D	18	500532	1551700
		E	18	500542	1551870
		F	20	500446	1551931
Rodimiro Zelaya	<i>Pinus oocarpa</i>	A	14	496556	1548007
		B	13	496575	1548100
		C	25	496630	1548010
		D	18	496754	1548050
		E	14	496708	1548102
		F	19	496820	1548020
	<i>Gmelina arborea</i>	A	24	496901	1547830
		B	26	496881	1547838
		C	15	496815	1547910
Total		23	419		

El número de parcelas establecidas depende de la superficie de cada plantación y se aplicó en forma general y arbitraria un número de parcelas superior o igual a 2 para efectos de este estudio. En total, se establecieron 23 parcelas en todas las plantaciones con un total de 429 árboles que fueron evaluadas.

En el terreno, las parcelas establecidas son de forma circulares (abarca más espacio) de 100 m² de área y esta superficie se aplicó para todas las plantaciones excepto Florencia que es de 200 m² debido que la densidad de árboles por hectárea es baja. Dentro de cada parcela, hay un número superior o igual a 9 árboles.

3.4.1 Variables medidas en las unidades de muestreo

Dentro de cada parcela, se midieron la altura total (h) de cada árbol con un clinómetro y el DAP (d) (Diámetro Altura Pecho se mide a 1.30 metros arriba de la superficie del suelo) con una forcípula. Luego, se establecieron las clases diámetricas para cada plantación.

Los datos resultantes de las mediciones de las parcelas en las diferentes plantaciones fueron procesados en SPSS® donde se obtuvieron los promedios totales del DAP (d), altura (h) y de las áreas basales (g). Se obtuvo el área basal de cada árbol utilizando esta fórmula:

$$g = \frac{\Pi \times d^2}{4} \quad [1]$$

Donde:

g: área basal en m²

d: DAP en cm

Π: 3.14

3.4.2 Estimación poblacional: DAP y altura

Considerando que la suma de todos los arboles de todas las parcelas de una plantación como una muestra de la población total de árboles presentes en la plantación en general, se realizó una estimación de un intervalo de confianza de una media poblacional diámetrica y de altura con la muestra aplicando un nivel de confianza de 95%. Adicionalmente, se estimaron el crecimiento promedio total anual/ha, densidad de árboles/ha y una clasificación diámetrica por cada plantación estudiada.

3.5 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN TOTAL

Para determinar el volumen de un árbol, se procede al corte del mismo y se mide en parte los diámetros de todo el fuste con un intervalo de 0.5 m de distancia entre dos diámetros calculados. Se incluye en esta medición las ramas de diámetros superior o igual a 1 cm y se excluyen las hojas y las raíces.

Debido que las parcelas establecidas son permanentes, se seleccionaron otros sitios dentro de cada plantación para los cortes de árboles (excepto la plantación de Florencia donde no se realizó corte de arboles debido que está bajo convenio).

Con los datos de DAP, altura total y volumen de cada uno de los árboles cortados, se elaboró una ecuación de regresión en MINITAB® donde la variable dependiente es el volumen y las variables independientes son el DAP (d) y la altura total (h).

$$V = A + B (d) + C (h)$$

Donde:

V: volumen en m³

d: DAP en cm

h: altura total en m

A: constante de la ecuación

B y C: coeficientes de los variables independientes

3.5.1 Estimación del rendimiento de cada plantación

Los datos de DAP y de altura total de los árboles de las parcelas permanentes evaluadas fueron insertados en la ecuación de volumen para estimar el rendimiento en metros cúbicos por hectáreas de las diferentes plantaciones. Luego, se elaboraron tablas de volúmenes de 2 entradas (DAP y altura total) por cada especie con base a la ecuación de regresión de cada plantación (excepto la plantación de eucalipto de Florencia donde se aplicó la ecuación de regresión de la plantación de eucalipto de las Gradadas para determinar el volumen total/hectárea y la tabla de volumen).

3.6 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

El suelo es una parte de la superficie terrestre que sirve como medio para el sostenimiento de la vegetación forestal; consta de materia mineral y orgánica impregnada por diversas cantidades de agua y aire, y que está habitada por organismos (Soil Survey Division Staff, 2006).

Los suelos forestales manifiestan características peculiares adquiridas bajo la influencia de tres factores que son poco comunes en otros suelos: hojarasca o humus forestal, raíces

de árboles y organismos específicos, cuya existencia depende de la presencia de vegetación forestal (Young *et al.*, 1991).

La superficie forestal es importante como una fuente de liberación lenta de nutrientes, como una fuente energética para los organismos, y como cobertura para proteger al suelo contra escurrimiento, erosión y temperaturas externas (Young *et al.*, 1991).

Una vez terminada con la parte dasométrica, se determinaron las características físicas de los suelos de las diferentes plantaciones por medio de calicatas. Las calicatas tenían dimensiones de 1 m de ancho, 1 m de largo y 1 m de profundidad o hasta donde se encontrará una limitante.

El perfil del suelo se divide en varias secciones denominadas horizontes del suelo, que son capas genéticas distintas, más o menos paralelas, en el suelo. El horizonte O es una capa de materia orgánica humificada, parcialmente descompuesta, que se localiza sobre una serie de horizontes minerales. Los horizontes A son aquellos que han acumulado materia orgánica o que han perdido arcilla, hierro o aluminio con una concentración resultante de cuarzo o de otros materiales resistentes del tamaño de la arena o del limo. Los horizontes B son aquellos que han acumulado arcilla, hierro, aluminio o humus y el horizonte C es un horizonte mineral que es afectado por la formación del suelo (Soil Survey Division Staff, 2006).

3.6.1 Elaboración de calicatas

Se realizó una calicata por cada plantación donde se describieron los diferentes horizontes de cada perfil de suelo y se anotaron las posiciones geográficas de cada calicata. En Cuadro 3, se indican las ubicaciones de las plantaciones.

Cuadro 3. Ubicación de las calicatas en las plantaciones.

Calicata	Ubicación	Coordenadas UTM		Altitud (m)
		X	Y	
1	Florencia (eucalipto)	499226	1549713	825
2	Gradas (eucalipto)	497387	1548899	877
3	Gradas (melina)	497885	1548921	850
4	Llano (pino)	500307	1551811	830
5	Rodimiro Zelaya (pino)	496782	1548012	880
6	Rodimiro Zelaya (melina)	496808	1547964	851

3.7 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las principales propiedades físicas del suelo son: textura, estructura, pedregosidad, color, presencia de moteos, consistencia, poros, presencia de raíces, resistencia a la penetración, límites entre horizontes y profundidad efectiva (Young *et al.*, 1991).

3.7.1 Textura

La textura del suelo es la sensación que da al tacto el suelo húmedo, que resulta de la mezcla de las partículas minerales constituyentes y la materia orgánica (FitzPatrick, 1980). La textura del suelo es importante porque influye en cosas tales como la estructura del suelo y la aireación; retención del agua y drenaje; capacidad del suelo para retener, intercambiar y fijar nutrientes; penetrabilidad de las raíces y brote de las plántulas (Young *et al.*, 1991).

3.7.2 Estructura

La estructura del suelo se refiere a la ordenación de las partículas primarias del suelo en unidades secundarias llamadas peds.

3.7.3 Pedregosidad

La pedregosidad se refiere al porcentaje de materiales gruesos presentes en los diferentes horizontes.

3.7.4 Porosidad

La porosidad se refiere al porcentaje de volumen del espacio de suelo total no ocupado por partículas sólidas.

3.7.5 Profundidad efectiva

La profundidad efectiva se refiere a la presencia de cualquier factor limitante que impide el desarrollo de raíces. Esta limitante puede ser la presencia de horizonte endurecido (resistencia a la penetración ≥ 3.5 kg/cm²), fragmentos de rocas o materiales gruesos a dentro de los horizontes.

3.8 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS

Con la información de las propiedades físicas y morfológicas, se realizó la clasificación taxonómica de los perfiles de suelos de las plantaciones forestales utilizando la metodología descrita por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA, 2006), la cual se basa en identificar y definir las siguientes categorías: epipedón, endopedón, régimen de temperatura y humedades, orden, suborden, gran grupo, subgrupo y familia textural. Adicionalmente, se revisaron otros estudios anteriores de suelos de Zamorano para elaborar la clasificación taxonómica.

3.9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR APTITUD DE USO

Los suelos fueron clasificados por aptitud de uso con base a la metodología de la FAO (1977) citado por Dubón Fernández usando los limitantes del suelo para derivar la clasificación. En este estudio se consideraron como factores limitantes: profundidad efectiva (pe), pedregosidad (p) y textura (t) ilustrados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación por aptitud de uso de suelo.

Clase	(pe)	(p)	(t)
I	Muy profundo (> 120 cm)	Sin pedregosidad (0 - 5%)	F, FL, L, FAF
II	Profundo (90 - 120 cm)	Ligeramente p. (5 - 10%)	AFf, FAm, FAG, FArL, FArA
III	Moderadamente prof.(60 -90 cm)	Moderadamente p (10 - 15%)	A, AFm, Afg, FAmf, FAr
IV	Poco profundo (30 -60 cm)	Pedregoso (15 - 25%)	Ar, ArA, ArL, FAr
V	Superficial (0 -30)	Muy pedregoso (25 - 50%)	
VI		Fuertemente p. (50 - 75%)	
VII		Extremadamente p. (75 - 100%)	

Símbolos. F: franco, FL: franco limoso, L: limoso, FAF: franco arenoso fino, AFf: arena franca fina, FAm: franca arenoso medio, FAG: franco arenoso grueso, FAr: franco arcillosa, FArL: franco arcillo limoso, FArA: franco arcillo arenoso, A: arenoso, AFm: arenoso franco medio, Afg: arenoso franco grueso, FAmf: franco arcilloso muy fino (>35% arcilla), Ar: arcillosa (<60% y >60% arcilla) ArA: arcillo arenosa, ArL: arcillo limosa.

Fuente: Dubón Fernández. 2007, basado en los criterios de Bronzoni 1996.

3.9.1 CAPACIDAD DE USO DEL SUELO

La estructura del sistema de clasificación de capacidad de uso de las tierras comprende tres niveles: Clases, subclases y unidades de manejo (Cubero, 2001).

3.9.1.1 Clases de capacidad de uso. Se define como clase a los grupos de tierras que presentan condiciones similares en el grado relativo de limitaciones y riesgo de deterioro

para su uso en forma sostenible. Las clases I a IV pueden ser usadas para cultivos; las clases V a VIII no pueden ser cultivadas en su actual estado bajo condiciones normales de manejo.

A. Descripción general de las clases de capacidad de uso

- **Clase I.** Dentro de esta clase se incluyen tierras con pocas limitantes o sin ellas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.
- **Clase II.** Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que, solas o combinadas, reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.
- **Clase III.** Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas, solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.
- **Clase IV.** Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.
- **Clase V.** Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural.
- **Clase VI.** Las tierras ubicadas de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.
- **Clase VII.** Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa. En aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración forestal natural.
- **Clase VIII.** Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuarias o forestales alguna. Las tierras de esta clase tienen

utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

3.9.1.2 Subclases de capacidad de uso. Son grupos dentro de las ocho clases que explican las razones para las limitaciones de producción de cultivos intensamente. Las subclases se designan por letras minúsculas que siguen el número romano de la clase. (Donahue *et al.*, 1981). Para las condiciones edáficas de Zamorano se usan las subclases: Textura (t), profundidad efectiva (pe), pedregosidad (p); (Dubón Fernández, 2007) ilustrado en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Subclases de suelo de acuerdo a variables más limitantes o limitantes del suelo.

Clase	Orden de subclase limitante			
	1	2	3	4
III	t	pe	p	s
IV	t	pe	p	s
V	pe	p	s	t
VI	p	s	pe	t
VII	p	s	pe	t

Símbolo: pe: profundidad efectiva, p: pedregosidad, s: pendiente, t: textura.

Fuente: Dubón Fernández. 2007. Basado en los criterios de Bronzoni 1996.

3.9.1.3 Unidades de capacidad de manejo. Son subdivisiones de las subclases que comprimen grupos de unidades de mapeo, suficientemente similares para responder a prácticas similares de alto nivel de manejo de suelo y cultivos (Donahue *et al.*, 1981). Se designan añadiendo un número arábigo a la clase y a la subclase. Las designaciones completas de las unidades son: 0. Arena y grava en substrato. 1. Peligro de erosión. 2. Humedad causada por el drenaje pobre o inundación. 3. Lenta o muy lenta permeabilidad de subsuelo o substrato. 4. Textura gruesa o mucha grava. 5. Textura fina o muy fina. 6. Sales o álcali (suelos salinos o sódicos). 7. Guijarros, piedras o rocas. 8. Manto casi impermeable o un duripan. 9. Baja fertilidad o toxicidad.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PLANTACIONES FORESTALES LAS GRADAS

4.1.1 Localización

Se encuentran al lado de la Carretera Panamericana, Zamorano y las dos especies (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Gmelina arborea* Roxb) evaluadas ocupan un área de 5.4 hectáreas. Los límites se ilustran en la Figura 4.

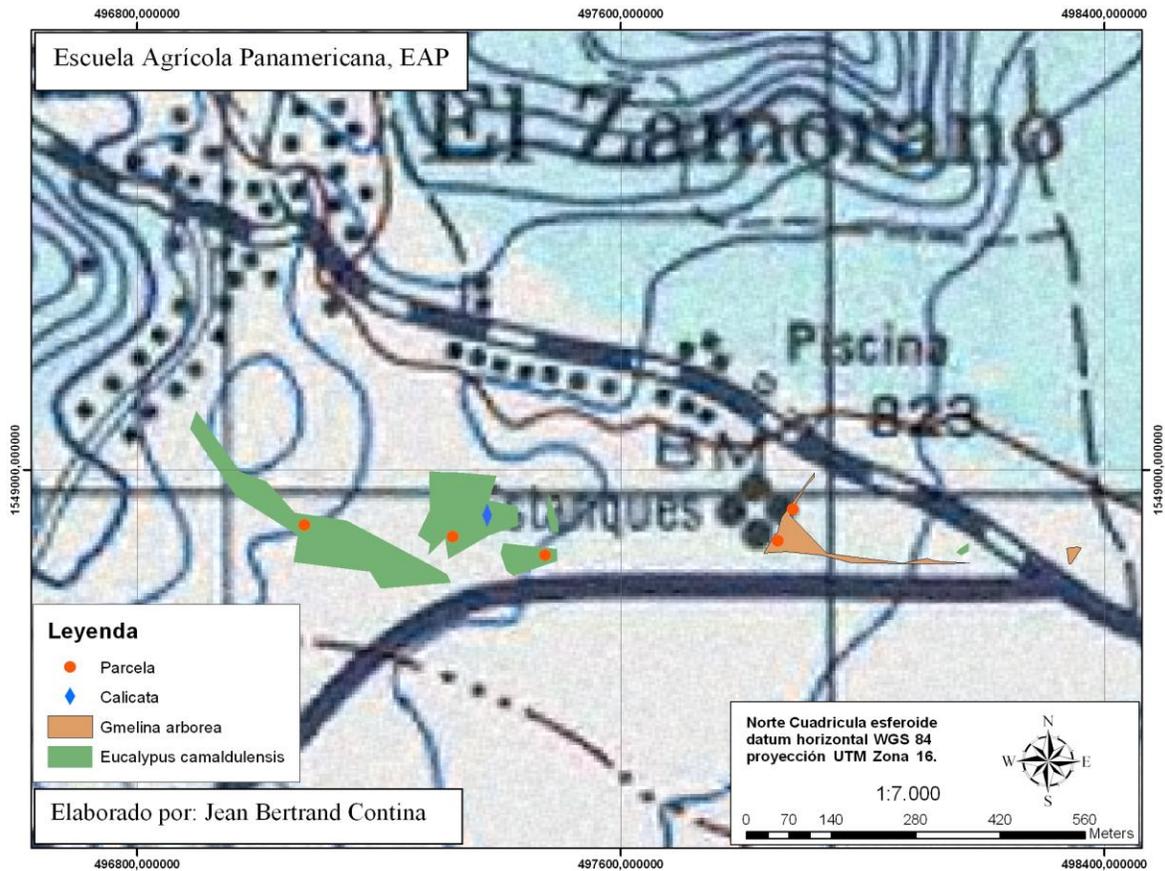


Figura 4. Plantaciones forestales de las Gradass.

4.1.2 Plantación de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh)

4.1.2.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura total y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 13.50 cm, de altura total es de 14.88 m y de área basal de 0.50 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Mediciones dasométricas para eucalipto en las Gradadas.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
DAP (cm)	13.50	0.57	0.66
Altura total (m)	14.88	0.59	0.74
Área basal (m ² /ha)	0.50	0.04	0.03

4.1.2.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional basado en la muestra que representa las tres parcelas de 0.03 hectáreas establecidas, se concluyó que a 95% de confianza y de $t_{\alpha}=2.048$ el DAP promedio de la población total está entre 12.43 y 14.67 cm y la altura total promedio está entre 13.67 y 16.09 m.

La tasa de crecimiento anual en DAP es de 0.66 cm, de altura total 0.74 m y de área basal 0.03 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 1100 árboles/ha.

4.1.2.3 Clases Diámetricas. Se elaboraron cinco clases diámetricas, con base a las mediciones anteriores de los 33 árboles de las tres parcelas, ilustradas en el cuadro 7.

Cuadro 7. Clases diámetricas para eucalipto en las Gradadas.

Clase	I	II	III	IV	V
DAP (cm)	7.0 -10	10.1-13	13.1-16	16.1-19	19.1-22
# Árboles/ha	200	234	467	167	34

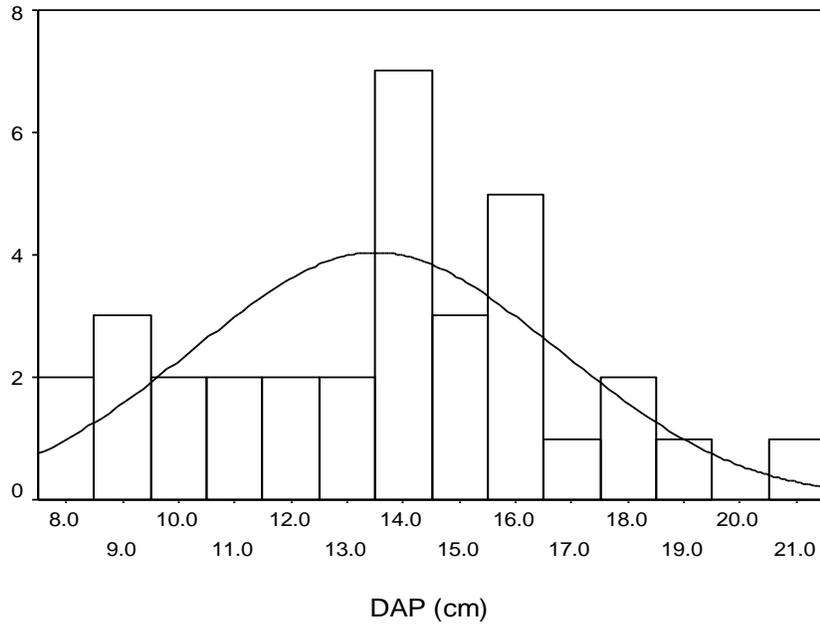


Gráfico 1. Distribución de DAP para eucalipto en las Gradas.

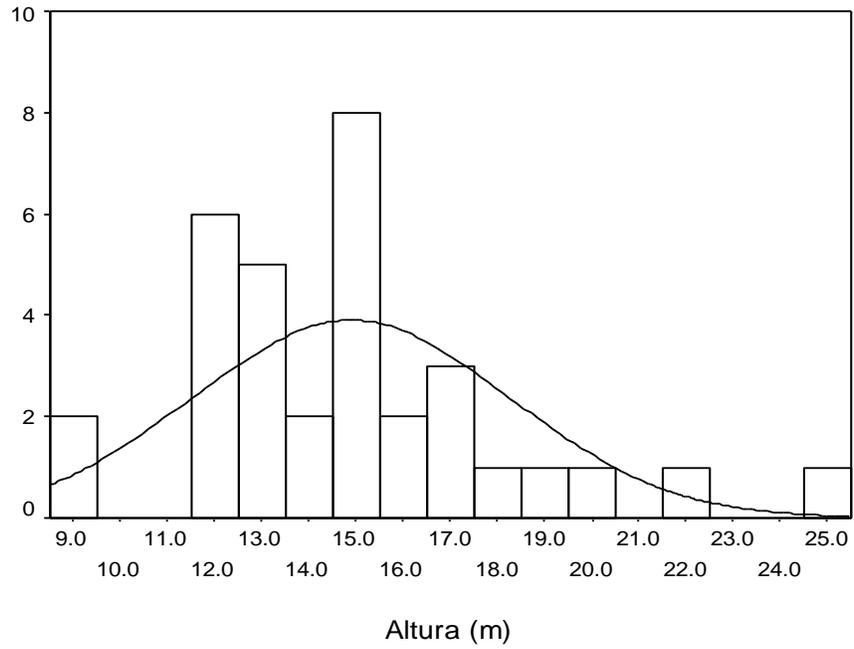


Gráfico 2. Distribución de altura total para eucalipto en las Gradas.



Fotografía 1. Vista parcial de la plantación de eucalipto en las Gradass.

4.1.2.4 Ecuación de volumen. El Cuadro 8 indica los árboles cortados para la elaboración de la ecuación de volumen.

Cuadro 8. Volumen en m³ de los eucaliptos cortados en las Gradadas.

Clase	Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
I	1	8.00	7.00	0.02
	2	8.00	9.00	0.02
	3	7.00	9.00	0.02
II	1	10.50	14.00	0.07
	2	10.50	9.50	0.05
	3	11.00	11.50	0.05
	4	12.00	11.00	0.07
	5	12.50	9.00	0.06
	6	12.00	11.00	0.07
III	1	13.50	13.00	0.09
	2	14.00	15.50	0.12
	3	14.00	12.50	0.14

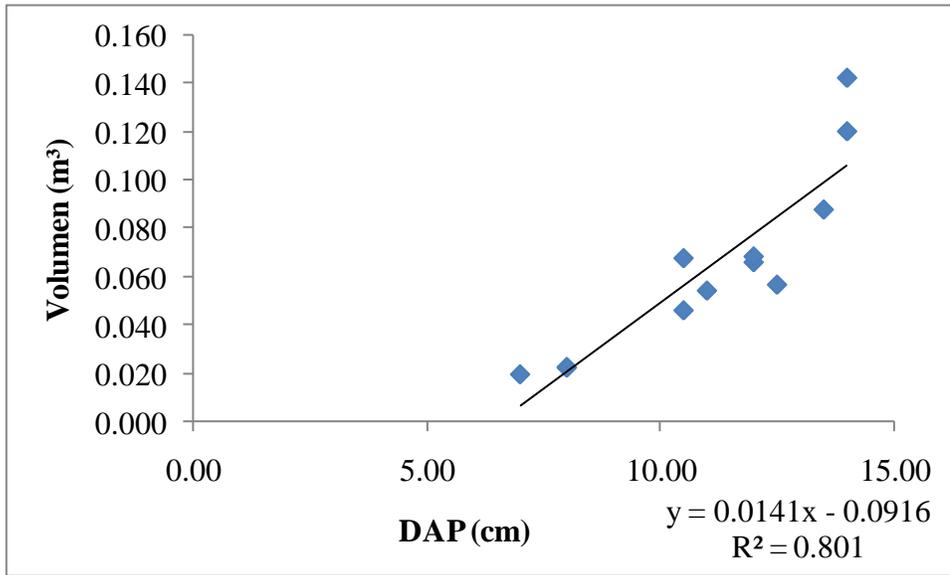
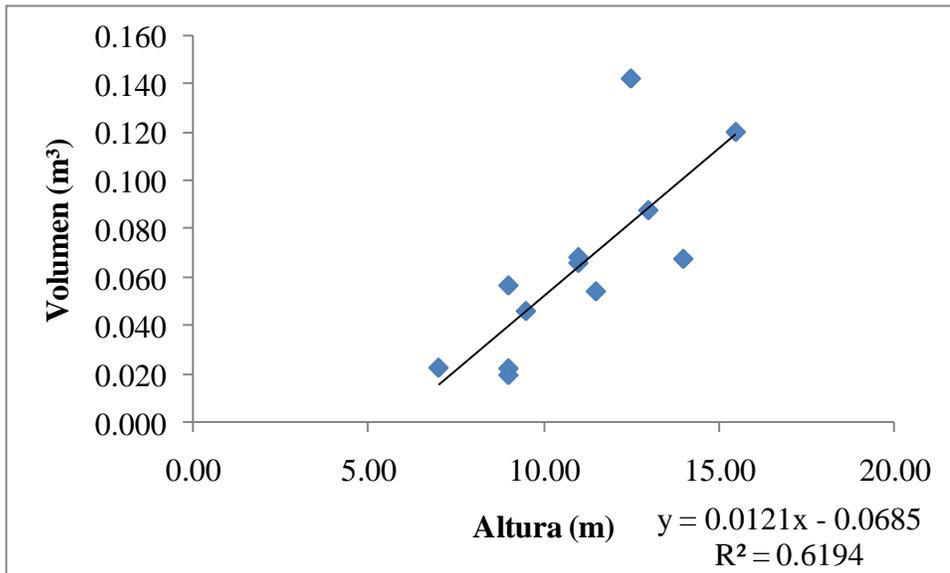


Gráfico 3. Relación DAP y volumen para eucalipto en las Gradass.



Gráfica 4. Relación altura total y volumen para eucalipto en las Gradass.

La ecuación de volumen derivadas de las relaciones entre volumen, DAP y altura total es la siguiente:

$$V = - 0.106 + 0.0106 d + 0.00481 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson= 85.1\%)}$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.1.2.5 Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.03 hectáreas de las tres parcelas (A, B y C) evaluadas, el volumen total es de 3.60 m³, lo cual implica una producción de 120 m³/ha con una producción de 6 m³/ha/año durante los últimos 20 años.

4.1.2.6 Tabla de volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la siguiente tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Tabla de volumen en m³ para la plantación de eucalipto de las Gradadas, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6				0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
7		0.00	0.01	<u>0.01</u>	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
8	0.01	<u>0.01</u>	0.02	<u>0.02</u>	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
9	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	<u>0.05</u>	0.06	0.06	0.07
10	0.03	0.03	0.04	0.04	<u>0.05</u>	0.05	0.06	0.06	<u>0.07</u>	0.07	0.08
11	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	<u>0.07</u>	0.07	0.08	0.08	0.09
12	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	<u>0.07</u>	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10
13	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11
14	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	<u>0.10</u>	<u>0.11</u>	0.11	0.12	<u>0.12</u>
15	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13
16	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14

4.1.3 Plantación de melina (*Gmelina arborea Roxb*)

4.1.3.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 22.39 cm, de altura es de 17.10 m y de área basal 2.21 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Mediciones dasométricas para melina en las Gradadas.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
DAP (cm)	22.39	1.48	1.18
Altura total (m)	17.10	0.79	0.90
Área basal (m ² /ha)	2.21	0.25	0.12

4.1.3.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional basado en la muestra que representa las dos parcelas de 0.02 hectáreas establecidas, se concluyó que a 95% de confianza y de $t_{\alpha}=2.048$ el DAP promedio de la población total está entre 19.36 y 25.42 cm y la altura total promedio está entre 15.48 y 18.72 m.

La tasa de crecimiento anual en DAP es de 1.18 cm, de altura 0.90 m y de área basal 0.12 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 1450 árboles/ha.

4.1.3.3 Clases Diámetricas. Se elaboraron siete clases diámetricas, con base a las mediciones anteriores de los 29 árboles de las dos parcelas, ilustradas en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Clases diámetricas para melina en las Gradadas.

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII
DAP (cm)	8.0 -12	12.1-16	16.1-20	20.1-24	24.1-28	28.1-32	32.1-34.5
# Árboles/ha	150	200	300	100	100	250	350

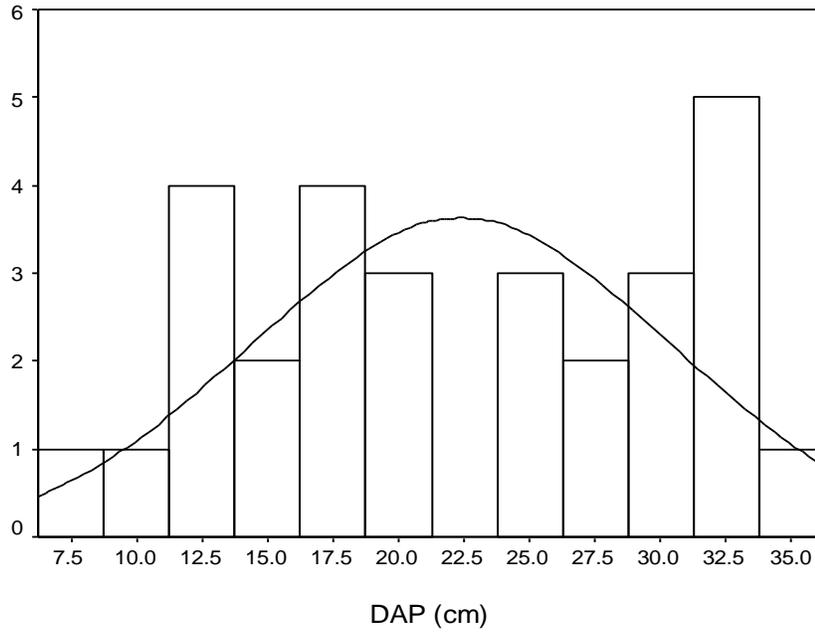


Gráfico 5. Distribución de DAP para melina en las Gradadas.

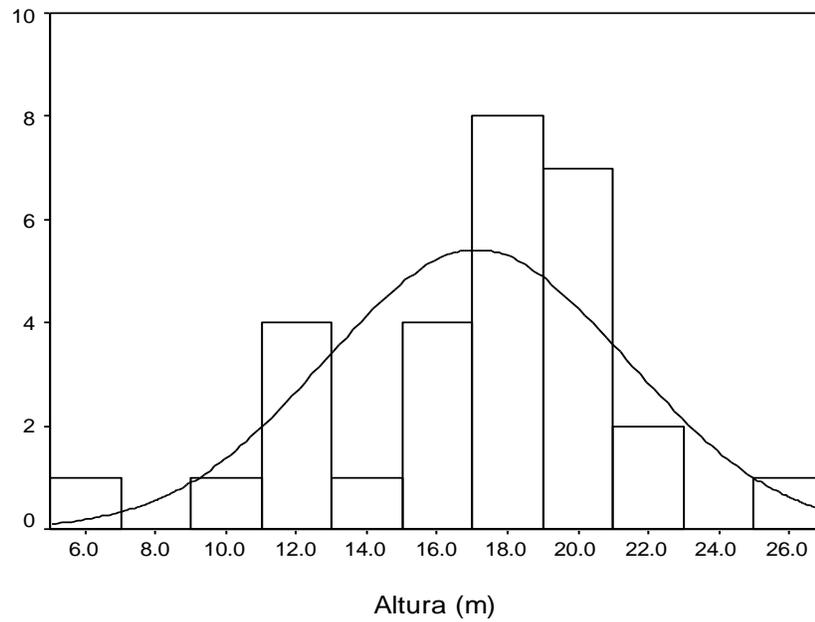


Gráfico 6. Distribución de altura total para melina en las Gradadas.



Fotografía 2. Vista parcial de la plantación de melina en las Gradass

4.1.3.4. Ecuación de volumen. El Cuadro 12 indica los árboles cortados para la elaboración de la ecuación de volumen. En virtud de la poca extensión de la plantación, el corte de árboles fue limitado.

Cuadro 12. Volumen en m³ de las melinas cortadas en las Gradass.

Clase	Árbol	DAP(cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
I	1	10.00	11.00	0.051
II	1	14.00	12.00	0.105
III	1	18.00	16.50	0.197
IV	1	20.50	16.50	0.256
	2	22.00	10.00	0.291
V	1	26.00	10.50	0.364
	2	26.50	14.50	0.393
VI	1	30.00	10.50	0.558

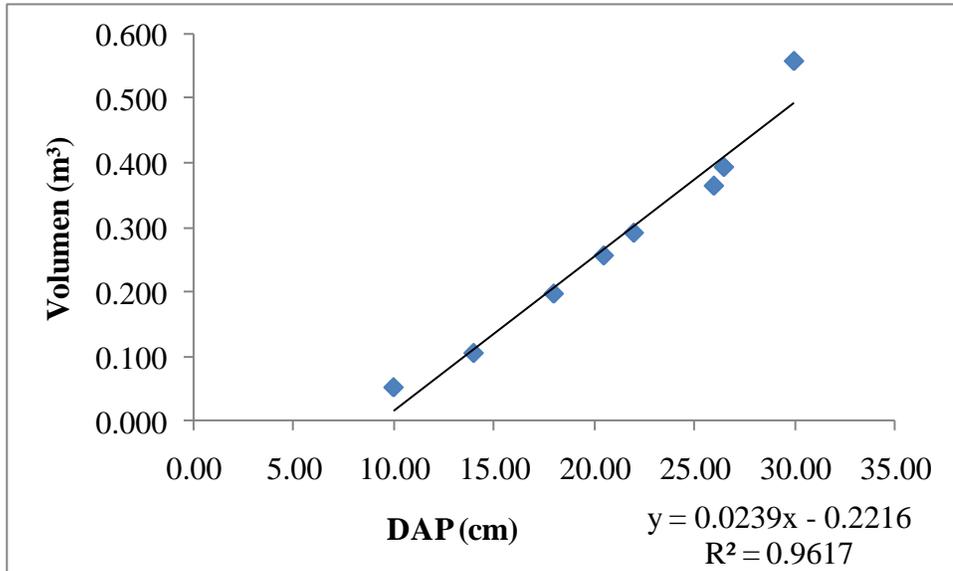


Gráfico 7. Relación DAP y volumen para melina en las Gradass

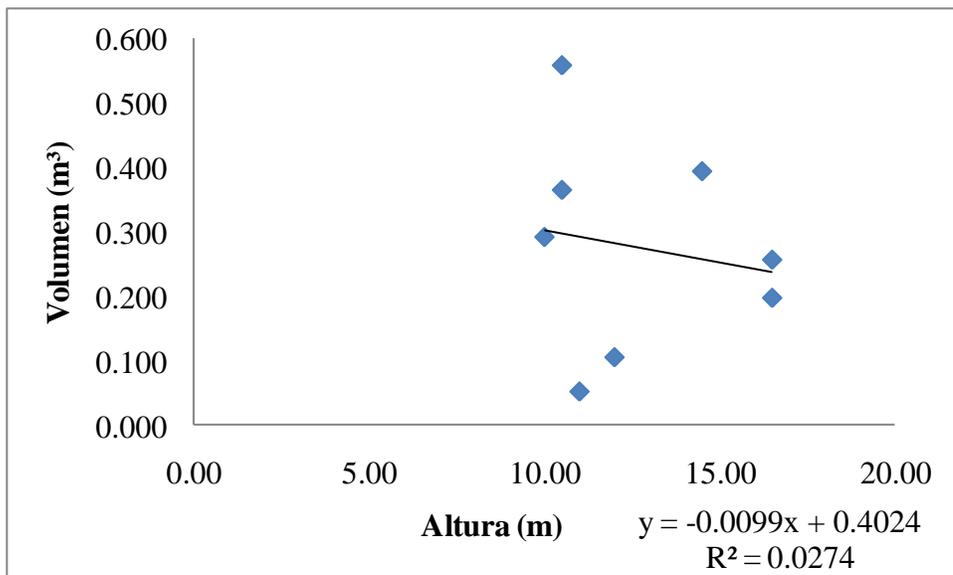


Gráfico 8. Relación altura total y volumen para melina en las Gradass.

La ecuación de volumen es la siguiente:

$$V = -0.169 + 0.0237 d - 0.00388 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson} = 96.6\%)$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.1.3.5. Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.02 hectáreas de las tres parcelas (A y B), el volumen total es de 8.58 m³, lo cual implica una producción de 429 m³/ha con una producción de 23 m³/ha/año durante los últimos 19 años.

4.1.3.6. Tabla de volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Tabla de volumen en m³ para la plantación de melina de las Gradadas, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6											
7											
8											
9	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00					
10	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	<u>0.03</u>	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
11	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
12	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05
13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	<u>0.12</u>	0.11	0.11	0.10	0.10
15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12
16	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15

4.2 PLANTACIONES FORESTALES DE FLORENCIA

4.2.1 Localización

Se encuentra en la zona de Florencia y la plantación de eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis* D.) evaluada ocupa un área de 1.54 hectáreas. Los límites se ilustran en la Figura 5.

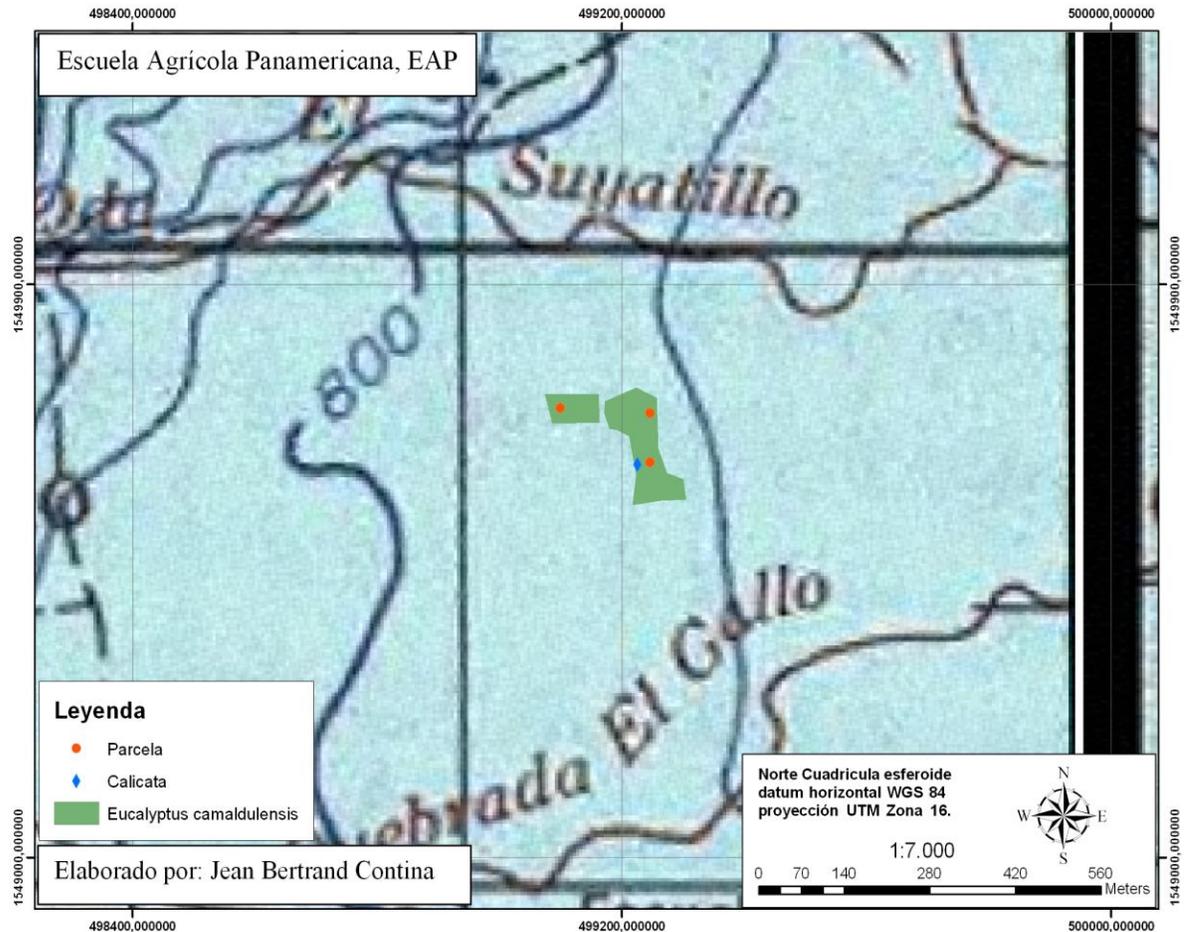


Figura 5. Plantación forestal de Florencia.

4.2.2 Plantación de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh)

4.2.2.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 18.70 cm, de altura es de 18.23 m y de área basal 0.49 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Mediciones dasométricas para eucalipto en Florencia.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
DAP (cm)	18.70	0.63	0.85
Altura (m)	18.23	0.54	0.83
Área Basal (m ² /ha)	0.49	0.03	0.02

4.2.2.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional basado en la muestra que representa las tres parcelas de 0.06 hectáreas totales establecidas, se concluyó que a 95% de confianza y de $t_{\alpha=2}$ el DAP promedio de la población total está entre 17.44 y 19.96 cm y la altura promedio está entre 17.15 y 19.31 m.

La tasa de crecimiento anual en DAP es de 1.56 cm, de altura 1.52 m y de área basal 0.02 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 1050 árboles/ha.

4.2.2.3 Clases Diámtricas. Se elaboraron siete clases diámtricas, con base a las mediciones anteriores de los 63 árboles de las tres parcelas, ilustradas en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Clases diámtricas para eucalipto en Florencia.

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII
DAP (cm)	9.0 - 12	12.1 - 15	15.1 - 18	18.1 - 21	21.1 - 24	24.1 - 27	27.1 - 31
#Árboles/ha	67	234	234	234	100	134	50

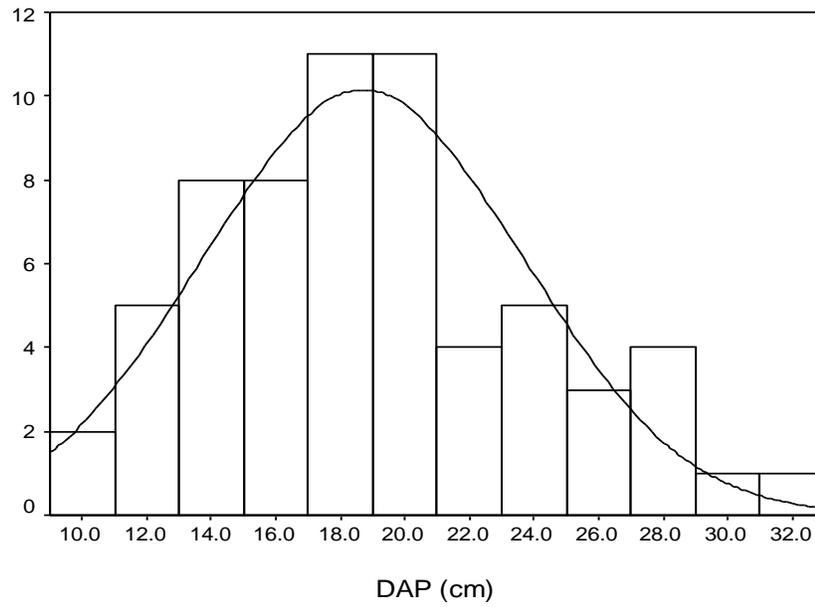


Gráfico 9. Distribución de DAP para eucalipto en Florencia.

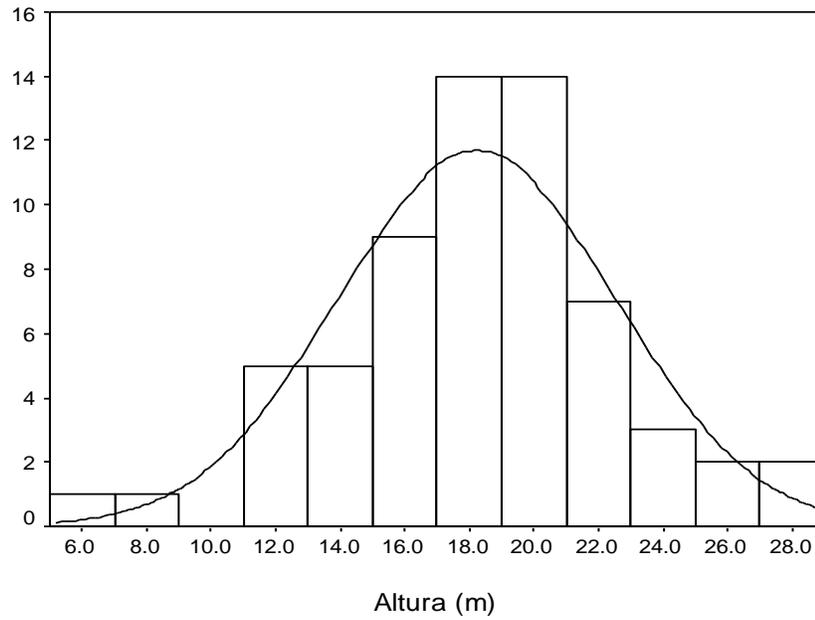


Gráfico 10. Distribución de altura total para eucalipto en Florencia.



Fotografía 3. Vista parcial de la plantación de eucalipto en Florencia.

4.2.2.4. Ecuación de volumen. En esta plantación al no hacer cortes de árboles, se consideró utilizar la ecuación de volumen de la plantación de eucaliptos de las Gradadas representada de la siguiente manera:

$$V = - 0.106 + 0.0106 d + 0.00481 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson= 85.1\%)}$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.2.2.5. Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.06 hectáreas de las tres parcelas (A, B y C) evaluadas, el volumen total es de 11.83 m³, lo cual implica una producción de 197.17 m³/ha con una producción de 9 m³/ha/año durante los últimos 22 años.

4.2.2.6. Tabla de Volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la siguiente tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Tabla de volumen en m³ para la plantación de eucalipto de Florencia, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6				0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
7		0.00	0.01	<u>0.01</u>	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
8	0.01	<u>0.01</u>	0.02	<u>0.02</u>	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
9	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	<u>0.05</u>	0.06	0.06	0.07
10	0.03	0.03	0.04	0.04	<u>0.05</u>	0.05	0.06	0.06	<u>0.07</u>	0.07	0.08
11	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	<u>0.07</u>	0.07	0.08	0.08	0.09
12	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	<u>0.07</u>	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10
13	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11
14	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	<u>0.10</u>	<u>0.11</u>	0.11	0.12	<u>0.12</u>
15	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13
16	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14

4.3 PLANTACIÓN FORESTAL EL LLANO

4.3.1 Localización

Se encuentra en el Llano Ocotál al Norte del municipio de Jicarito. La plantación de pino (*Pinus oocarpa Schiede*) evaluada ocupa un área de 12.43 hectáreas. Los límites se ilustran en la Figura 6.

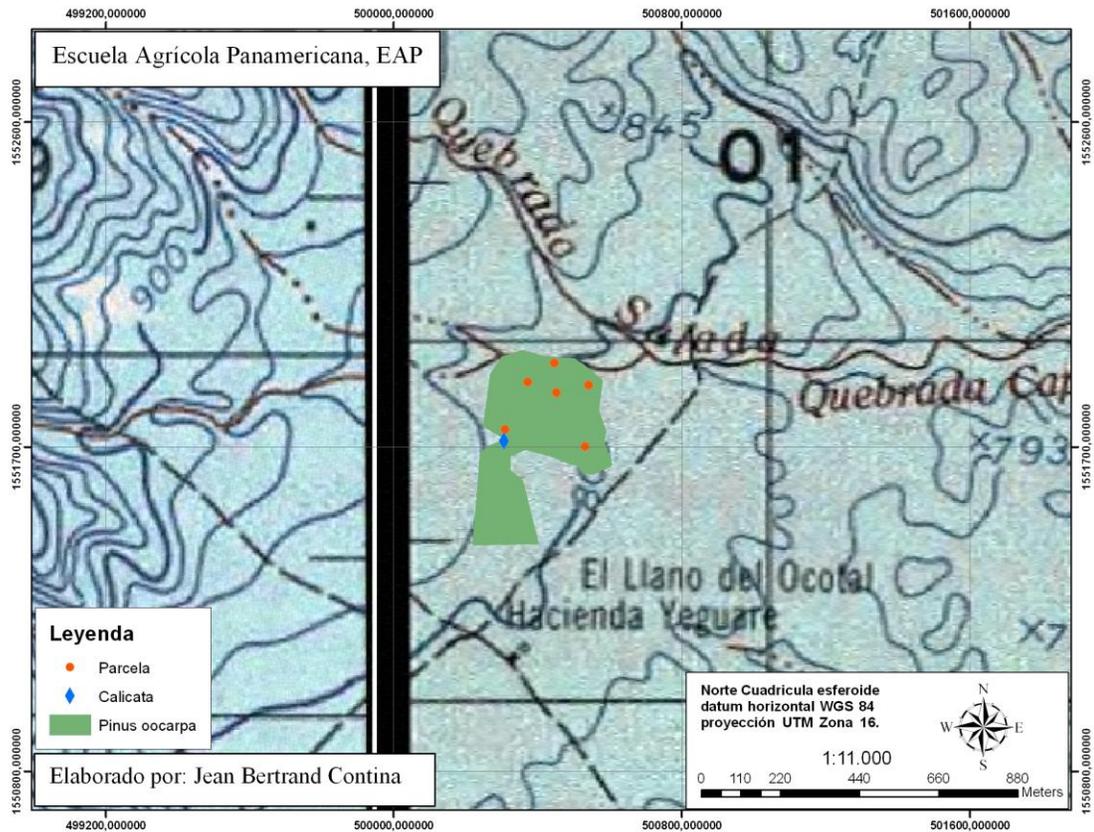


Figura 6. Plantación forestal del Llano.

4.3.2 Plantación de pino (*Pinus oocarpa Schiede*)

4.3.2.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 11.81 cm, de altura es de 9.07 m y de área basal 0.19 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Mediciones dasométricas para pino en el Llano.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
Diámetro (cm)	11.81	0.23	1.50
Altura (m)	9.07	0.17	1.13
Área basal (m²)	0.19	0.01	0.02

4.3.2.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional basado en la muestra que representa las seis parcelas de 0.06 hectáreas totales establecidas (Anexo 8), se concluyó que a 95% de confianza y de $t_{\alpha}=1.96$ el DAP promedio de la población total está entre 11.36 y 12.36 cm y la altura promedio está entre 8.74 y 9.40 m.

La tasa de crecimiento total medio anual en DAP es de 0.98 cm, de altura 0.76 m y de área basal 0.02 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 2116 árboles/ha.

4.3.2.3 Clases Diámetricas. Se elaboraron seis clases diámetricas, con base a las mediciones anteriores de los 127 árboles de las seis parcelas, ilustradas en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Clases diámetricas para pino en el Llano.

Clase	I	II	III	IV	V	VI
DAP (cm)	6.0 - 8	8.1 - 10	10.1 - 12	12.1 - 14	14.1 - 16	16.1 - 18
# Árboles/ha	150	467	684	450	234	134

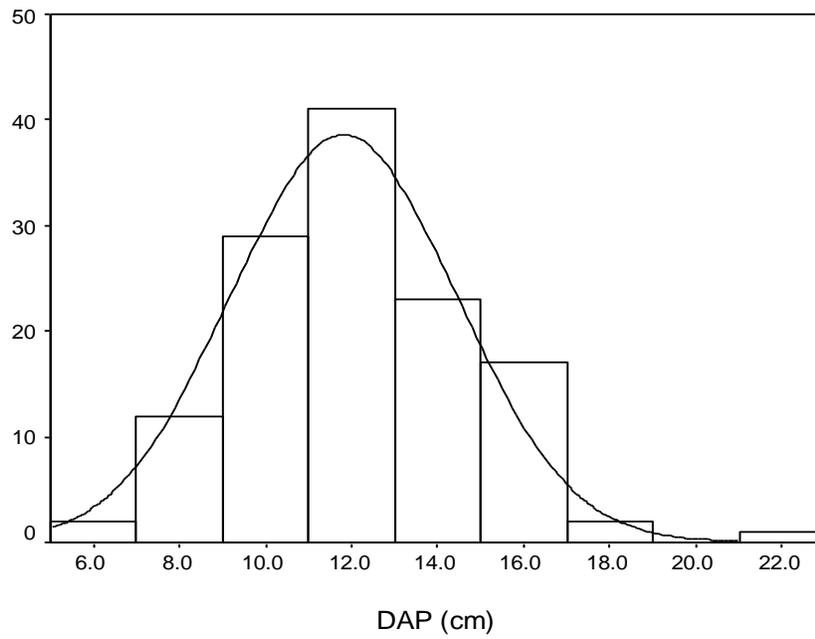


Gráfico 11. Distribución de DAP para pino en el Llano

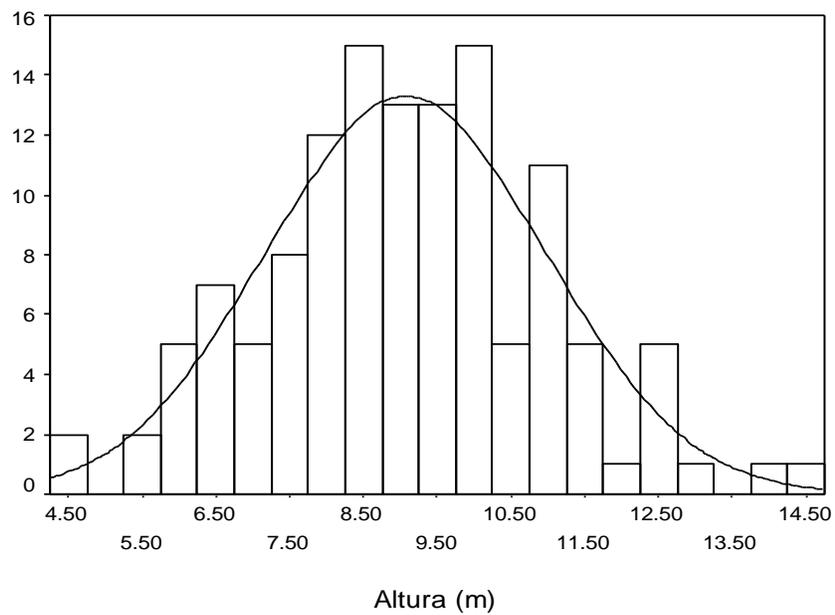


Gráfico 12. Distribución de altura total para pino en el Llano



Fotografía 4. Vista parcial de la plantación de pino en el Llano

4.3.2.4. Ecuación de volumen. El Cuadro 19 indica los árboles cortados para la elaboración de la ecuación de volumen.

Cuadro 19. Volumen en m³ de los pinos cortados en el Llano.

Clase	Árbol	DAP(cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
I	1	8.00	4.50	0.017
	2	8.00	4.00	0.015
	3	8.00	5.00	0.014
	4	8.00	5.00	0.018
	5	8.00	4.00	0.008
	6	8.00	6.00	0.020
II	1	9.00	6.00	0.025
	2	9.50	5.00	0.023
	3	8.50	7.00	0.022
	4	9.00	5.00	0.021
	5	10.00	7.00	0.034
	6	9.50	6.00	0.028
III	1	10.10	5.50	0.028
	2	11.00	5.00	0.033
	3	10.10	5.50	0.026
	4	10.50	6.00	0.032
	5	11.00	6.00	0.030
	6	11.50	6.00	0.036
IV	1	13.00	8.50	0.069
	2	12.50	7.00	0.053
	3	14.00	6.00	0.052
	4	14.00	6.50	0.061
	5	13.00	6.00	0.044
	6	12.10	6.00	0.028
V	1	15.50	7.50	0.076
	2	16.00	5.50	0.073
	3	16.00	5.50	0.071
	4	16.00	6.50	0.081
	5	15.50	6.00	0.075
	6	15.00	5.50	0.053
VI	1	17.00	6.50	0.083
	2	17.00	5.50	0.084
	3	17.00	6.50	0.090
	4	16.10	6.50	0.068
	5	16.50	5.50	0.060
	6	17.50	6.50	0.093

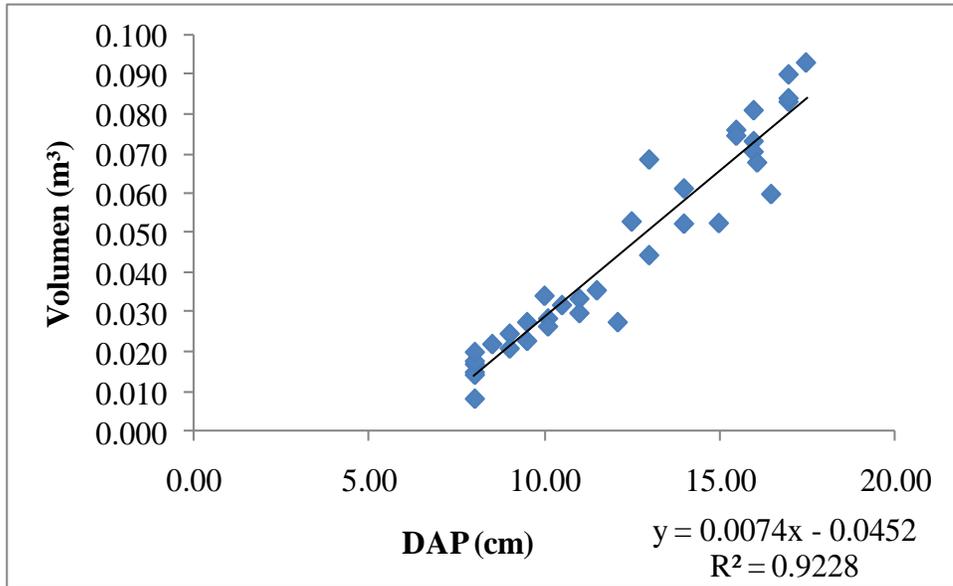


Gráfico 13. Relación DAP y volumen para pino en el Llano.

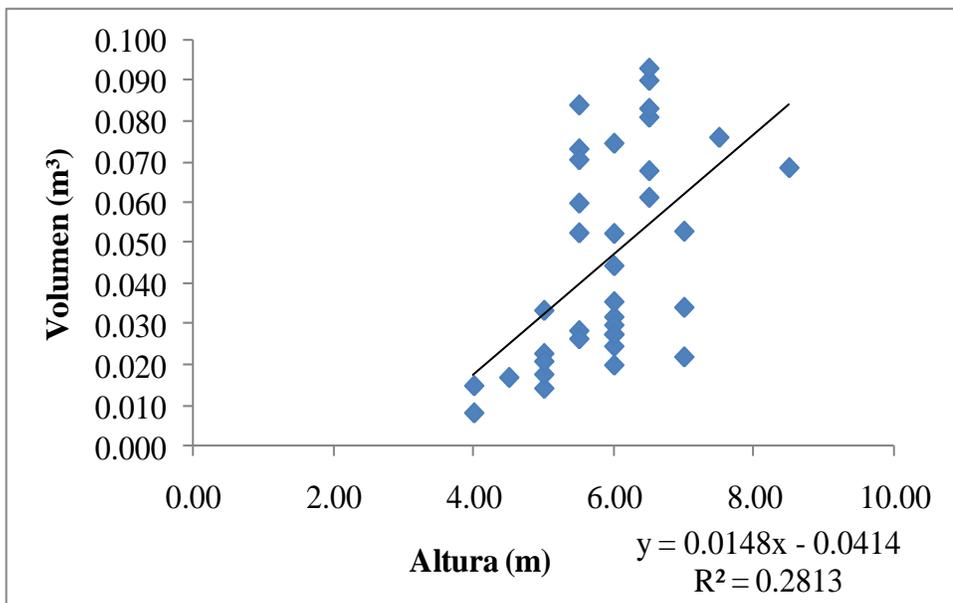


Gráfico 14. Relación altura total y volumen para pino en el Llano.

La ecuación de volumen es la siguiente:

$$V = -0.0645 + 0.00691 d + 0.00433 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson} = 94.3\%)$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.3.2.5. Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.06 hectáreas de las seis parcelas (A, B, C, D, E y F), el volumen total es de 7.15 m³, lo cual implica una producción de 119.17 m³/ha con una producción anual de 15 m³/ha/año durante los últimos 8 años.

4.3.2.6. Tabla de Volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Tabla de volumen en m³ para la plantación de pino del Llano, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
7	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
8	<u>0.02</u>	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
9	<u>0.02</u>	<u>0.03</u>	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
10	<u>0.03</u>	<u>0.03</u>	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
11	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08
12	<u>0.04</u>	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
13	<u>0.05</u>	<u>0.06</u>	0.06	<u>0.06</u>	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09
14	<u>0.06</u>	<u>0.06</u>	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
15	0.07	<u>0.07</u>	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11
16	<u>0.07</u>	<u>0.08</u>	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12

4.4 PLANTACIONES FORESTALES RODIMIRO ZELAYA

4.4.1 Localización

Se encuentran al Oeste de la Carretera Panamericana, Zamorano y las dos especies (*Pinus oocarpa* Schiede y *Gmelina arborea* Roxb) evaluadas ocupan un área de 5.19 hectáreas. Los límites se ilustran en la Figura 5.

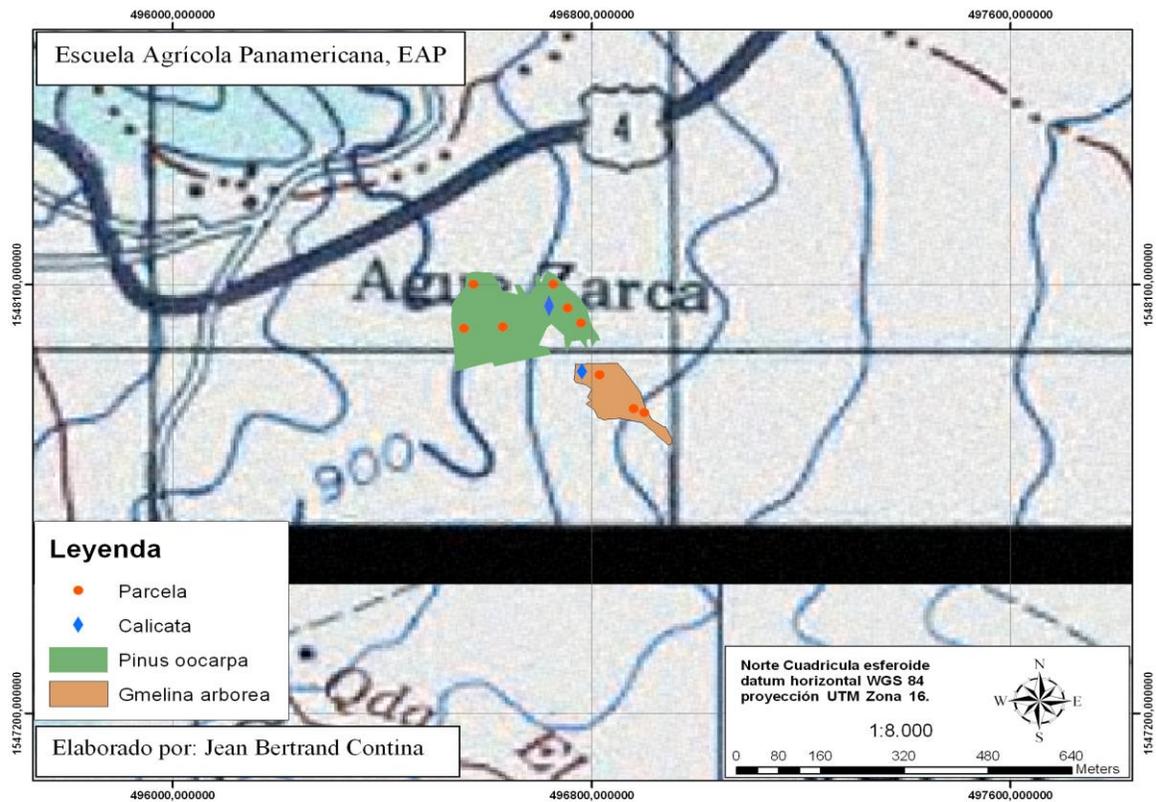


Figura 7. Plantaciones forestales de Rodimiro Zelaya.

4.4.2 Plantación de pino (*Pinus oocarpa Schiede*)

4.4.2.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 10.17 cm, de altura es de 6.70 m y de área basal 0.14 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Mediciones dasométricas para pino en Rodimiro Zelaya.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
Diámetro (cm)	10.17	0.23	0.85
Altura (m)	6.70	0.12	0.56
Área basal (m²/ha)	0.14	0.01	0.01

4.4.2.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional basado en la muestra que representa las seis parcelas de 0.06 hectáreas totales establecidas, se concluyó que a 95% de confianza y de $t_{\alpha}=1.99$ el DAP promedio de la población total está entre 9.71 y 10.63 cm y la altura promedio está entre 6.46 y 6,94 m.

La tasa de crecimiento total medio anual en DAP es de 0.85 cm, de altura 0.56 m y de área basal 0.01 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 1717 árboles/ha.

4.4.2.3 Clases Diámetricas

Se elaboraron cinco clases diámetricas, con base a las mediciones anteriores de los 103 árboles de las seis parcelas, ilustradas en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Clases diámetricas para pino en Rodimiro Zelaya.

Clase	I	II	III	IV	V
DAP (cm)	5.0 - 8	8.1 - 10	10.1 - 12	12.1 - 14	14.1 - 16
# Árboles	400	417	584	234	84

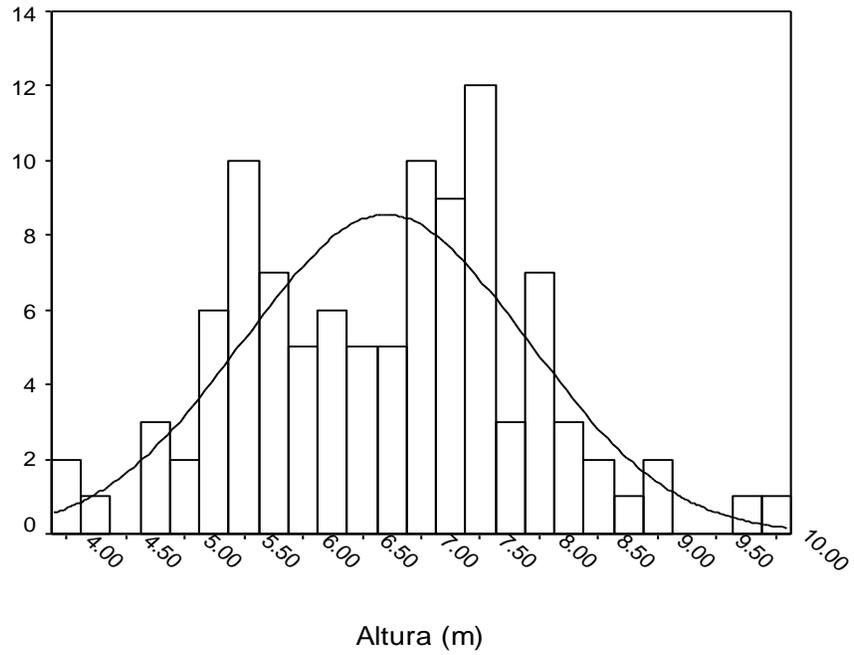


Gráfico 15. Distribución de altura total para pino en Rodimiro Zelaya.

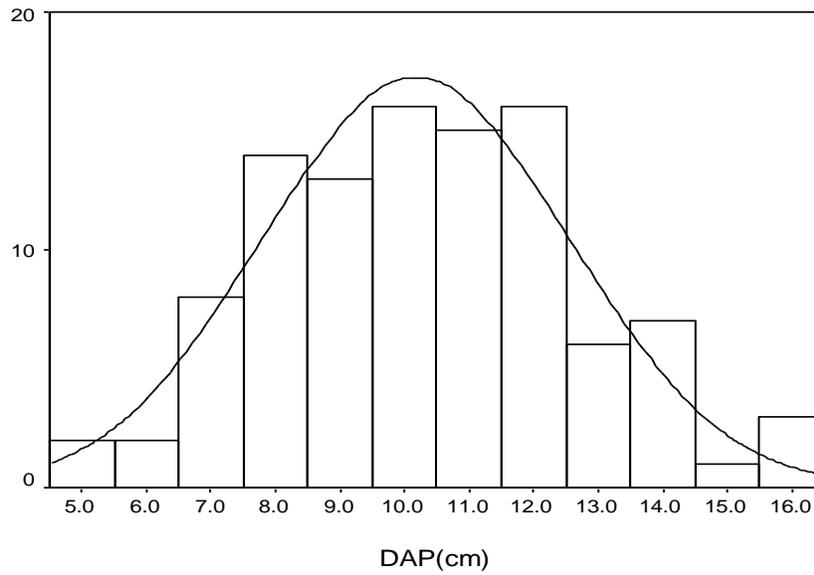


Gráfico 16. Distribución de DAP para pino en Rodimiro Zelaya.



Fotografía 5. Vista parcial de la plantación de pino en Rodimiro Zelaya.

4.4.2.4 Ecuación de volumen. El Cuadro 23 indica los árboles cortados para la elaboración de la ecuación de volumen.

Cuadro 23. Volumen en m³ de los pinos cortados en Rodimiro Zelaya.

Clase	Árbol	DAP(cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
I	1	6.80	4.50	0.015
	2	7.00	5.00	0.013
	3	6.50	3.50	0.009
	4	6.10	3.50	0.008
	5	6.00	3.50	0.008
	6	7.00	4.00	0.012
II	1	10.00	6.50	0.036
	2	9.00	6.50	0.030
	3	8.50	5.00	0.021
	4	9.00	5.50	0.025
	5	8.30	4.50	0.020
	6	8.10	5.00	0.021
III	1	11.00	7.00	0.044
	2	10.10	6.00	0.036
	3	11.30	6.00	0.040
	4	11.00	5.00	0.029
	5	10.10	5.50	0.034
	6	11.00	5.00	0.036
IV	1	12.60	6.50	0.052
	2	12.60	6.00	0.052
	3	13.00	7.00	0.051
	4	12.10	5.50	0.035
	5	13.00	7.00	0.065
	6	13.00	7.00	0.052
V	1	15.00	7.50	0.083
	2	14.50	7.00	0.061
	3	15.00	7.50	0.087
	4	15.00	7.50	0.085
	5	15.00	7.00	0.077
	6	15.50	7.00	0.079
VI	1	18.00	6.00	0.066
	2	18.00	6.00	0.054
	3	18.00	7.50	0.108
	4	18.00	7.50	0.100
	5	17.50	9.00	0.101
	6	18.00	8.00	0.132

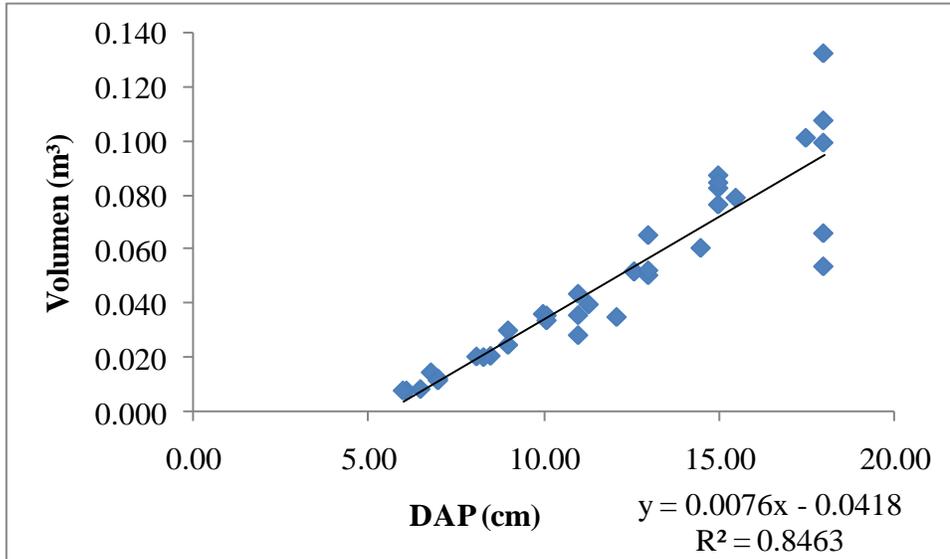


Gráfico 17 Relación DAP y volumen para pino en Rodimiro Zelaya.

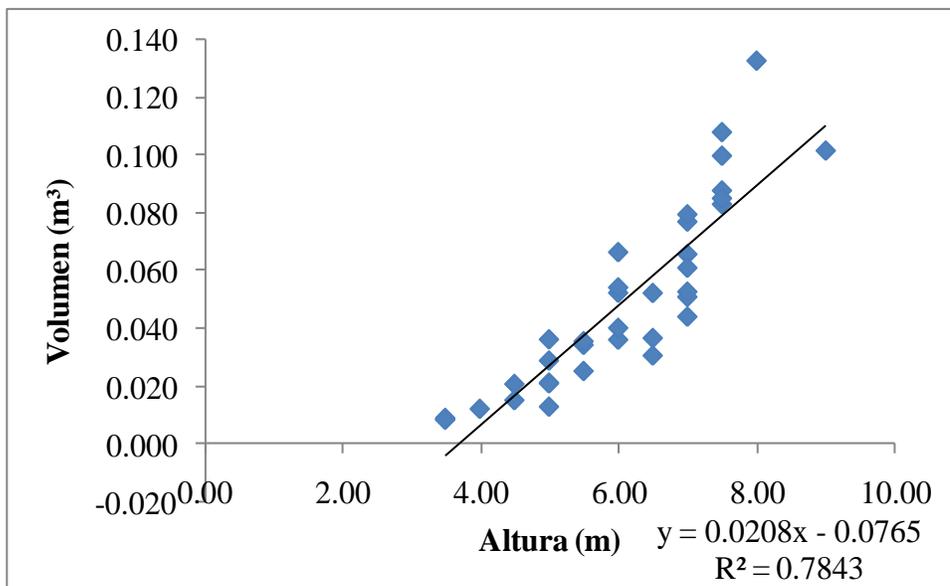


Gráfico 18. Relación altura total y volumen para pino en Rodimiro Zelaya.

La ecuación de volumen es la siguiente:

$$V = -0.0653 + 0.00492 d + 0.00920 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson} = 89.4\%)$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.4.2.5 Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.06 hectáreas de las seis parcelas (A, B, C, D, E y F) el volumen total es de 4.78 m³, lo cual implica una producción de 80 m³/ha con una producción anual de 8 m³/ha/año durante los últimos 10 años.

4.4.2.6 Tabla de Volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la siguiente tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Tabla de volumen en m³ para la plantación de pino de Rodimiro Zelaya, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
7	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
8	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
9	<u>0.03</u>	<u>0.04</u>	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
10	<u>0.04</u>	<u>0.05</u>	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
11	<u>0.04</u>	<u>0.05</u>	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
12	0.05	<u>0.06</u>	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
13	0.05	<u>0.06</u>	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
14	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
15	0.06	<u>0.07</u>	<u>0.08</u>	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
16	0.07	<u>0.08</u>	<u>0.09</u>	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16

4.4.3 Plantación de melina (*Gmelina arborea Roxb*)

4.4.3.1 Mediciones de los árboles en las parcelas establecidas: DAP, altura y cálculo del área basal. Se determinó que el promedio total de DAP es de 11.65 cm, de altura es de 10.90 m y de área basal 0.41 m²/ha como ilustrados en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Mediciones dasométricas para melina en Rodimiro Zelaya.

Variable	Media	Error estándar	Crecimiento/año
Diámetro (cm)	11.65	0.56	0.97
Altura (m)	10.90	0.54	0.91
Área basal (m²/ha)	0.41	0.03	0.04

4.4.3.2 Estimación poblacional: DAP y altura. Con la estimación del intervalo de confianza de la media poblacional con base a la muestra que representa las tres parcelas de 0.03 hectáreas totales establecidas, se concluyó que a 95% de confianza y de $\alpha=2$ el DAP promedio de la población total está entre 10.53 y 12.73 cm y la altura promedio está entre 9.82 y 11.98 m.

La tasa de crecimiento total medio anual en DAP es de 0.97 cm, de altura 0.91 m y de área basal 0.04 m²/ha. La densidad de árboles para esta especie en esta plantación es de 2167 árboles/ha.

4.4.3.3 Clases Diámetricas. Se elaboraron cinco clases diámetricas con base a las mediciones anteriores de las seis parcelas ilustradas en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Clases diámetricas para melina en Rodimiro Zelaya.

Clase	I	II	III	IV	V
DAP (cm)	6.0 - 10	10.1 - 14	14.1 - 18	18.1 - 22	22.1 - 26
# Árboles/ha	1067	600	234	200	67

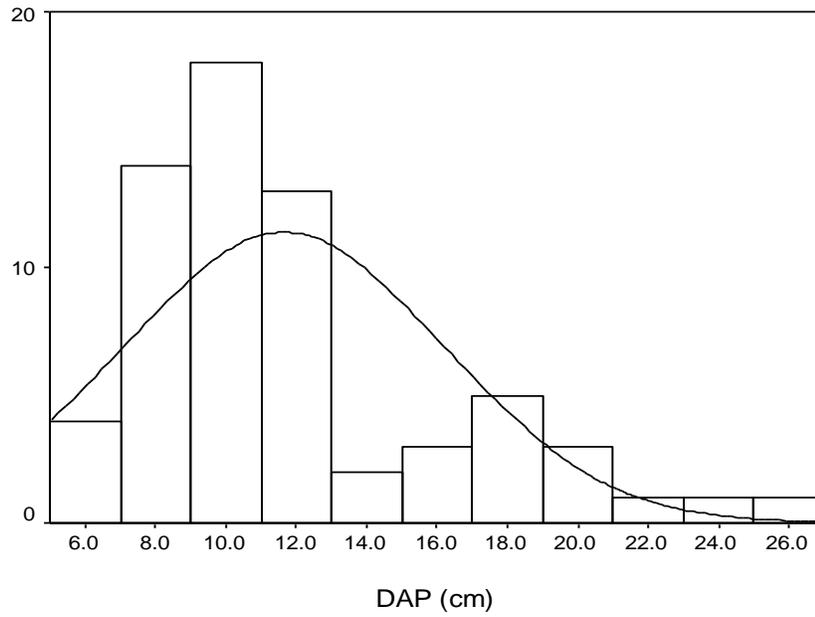


Gráfico 19. Distribución de DAP para melina en Rodimiro Zelaya

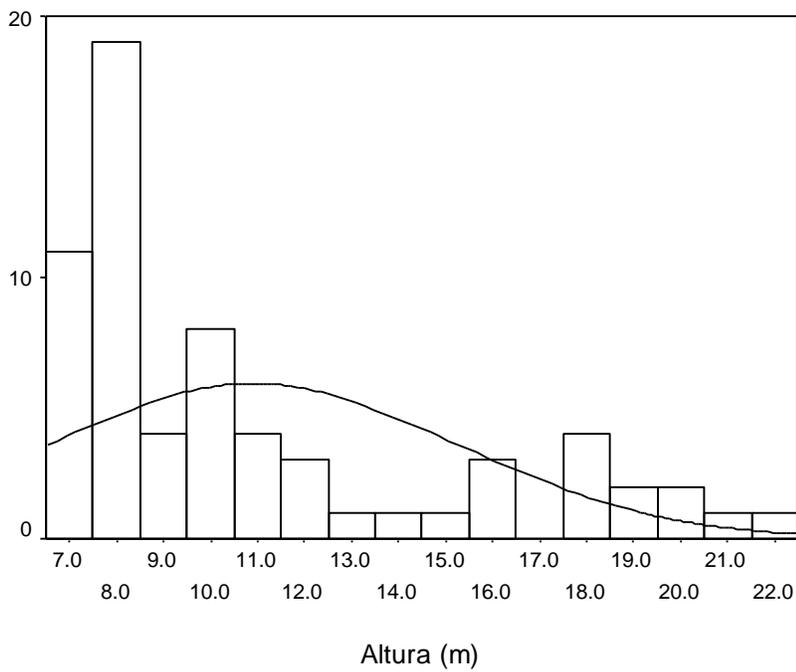


Gráfico 20. Distribución de altura total para melina en Rodimiro Zelaya.



Fotografía 6. Vista parcial de la plantación de melina en Rodimiro Zelaya

4.4.3.4 Ecuación de volumen. El Cuadro 27 indica los árboles cortados para la elaboración de la ecuación de volumen.

Cuadro 27. Volumen en m³ de las melinas cortadas en Rodimiro Zelaya.

Clase	Árbol	DAP(cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
I	1	7.50	7.50	0.025
	2	7.50	8.50	0.050
	3	6.00	9.00	0.016
	4	9.50	13.00	0.052
	5	9.00	11.00	0.038
	6	9.50	14.00	0.060
II	1	10.50	6.50	0.021
	2	12.00	10.50	0.075
	3	10.50	9.50	0.048
	4	13.50	7.00	0.081
	5	13.00	11.50	0.108
	6	14.00	9.50	0.097
III	1	16.00	13.50	0.191
	2	14.50	13.50	0.129
	3	14.50	13.00	0.108
	4	16.50	11.50	0.140
	5	17.50	14.00	0.201
	6	16.50	14.00	0.154
IV	1	19.75	13.00	0.245
	2	18.50	14.00	0.249
	3	19.50	15.00	0.235
	4	21.00	13.50	0.250
	5	22.00	12.00	0.233
V	1	23.00	10.00	0.260
	2	23.50	14.00	0.384
	3	26.00	13.00	0.388
	4	25.00	15.00	0.432

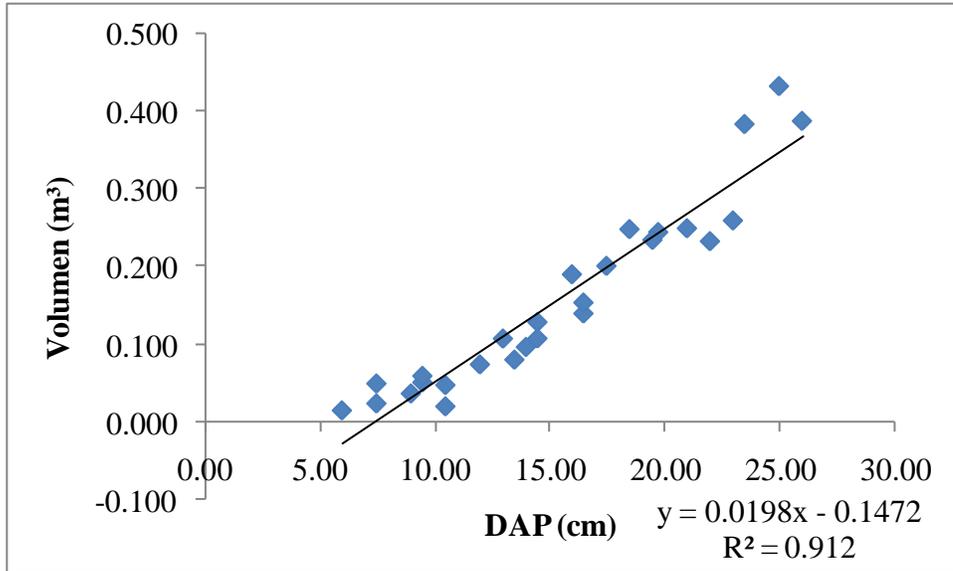


Gráfico 21. Relación DAP y volumen para melina en Rodimiro Zelaya.

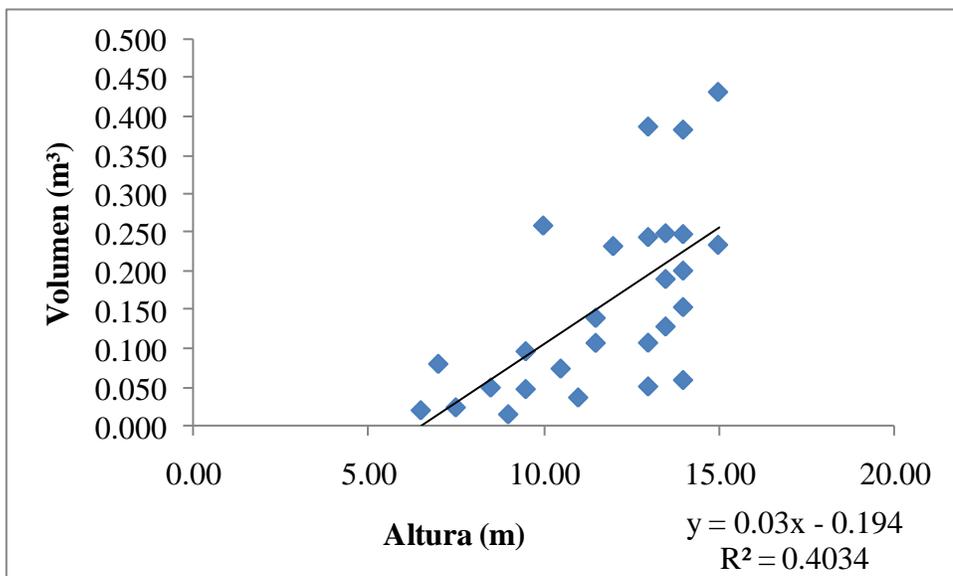


Gráfico 22. Relación altura total y volumen para melina en Rodimiro Zelaya.

La ecuación de volumen es la siguiente:

$$V = -0.195 + 0.0183 d + 0.00605 h \text{ (con } R^2 \text{ de Pearson} = 92.3\%)$$

Donde:

V: Volumen en m³

d: DAP en cm

h: Altura total en m

4.4.3.5 Rendimiento de la plantación. Se concluyó que en las 0.03 hectáreas de las seis parcelas (A, B y C), el volumen total es de 5.65 m³, lo cual implica una producción de 188.34 m³/ha con una producción anual de 19 m³/ha/año durante los 10 años.

4.4.3.6 Tabla de Volumen. Con la ecuación de volumen, se elaboró la siguiente tabla de volumen ilustrada en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Tabla de volumen en m³ para la plantación de melina de Rodimiro Zelaya, subrayados son las puntuaciones que fueron parte directa de la elaboración de la ecuación de regresión.

DAP (cm)	Altura Total (m)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6											0.01
7							0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
8				0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
9	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	<u>0.04</u>	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07
10	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	<u>0.07</u>	<u>0.07</u>	0.08	0.08
11	0.04	<u>0.05</u>	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10
12	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
13	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14
14	0.10	<u>0.10</u>	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	<u>0.14</u>	<u>0.15</u>	0.15	0.16
15	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	<u>0.16</u>	0.17	0.18
16	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	<u>0.18</u>	0.19	0.19

4.5 RESULTADOS RESUMIDOS DE LOS RENDIMIENTOS DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

El Cuadro 29 resume los rendimientos de todas las plantaciones forestales evaluadas.

Cuadro 29. Resumen de los rendimientos en cada plantación evaluada.

Plantación	Edad	Extensión (ha)	# árboles (/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Crecimiento (m ³ /ha/año)
Eucalipto (Gradas)	20	4.84	1100	120	6
Eucalipto(Florenxia)	22	1.54	1050	197	9
Melina (Gradas)	19	0.56	1450	429	23
Melina (Rodimiro Z.)	10	1.29	2167	188	19
Pino (Llano)	8	12.43	2116	119	15
Pino (Rodimiro Z.)	10	3.90	1717	80	8

Se observa que la plantación de eucalipto en Florenxia, la plantación de melina en las Gradas y la plantación de pino en el Llano tienen el mayor crecimiento en m³/ha/año comparado al rendimiento de sus respectivas parejas. La parte pedológica explica en parte las diferencias que existen entre plantaciones parejas.

4.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS SUELOS

4.6.1 Plantación de eucalipto (Gradas)

Los suelos son moderadamente profundos (0-72cm) y ligeramente ondulados (pendiente 5%). La principal limitación de estos suelos es el mal drenaje que conduce al endurecimiento de los mismos en condiciones secas. Predomina la textura arcillosa en los horizontes Ap, Bw y Bt y franco arcillosa en el C.

4.6.2 Plantación de eucalipto (Florenxia)

Los suelos son pocos profundos (0-55cm) y planos (pendiente 3%). Hay presencia de un horizonte Oi de 2 cm debido a las hojarascas presentes en la superficie del suelo. La principal limitación de estos suelos es la pedregosidad alta que presentan. Predomina la textura franco arenoso en todos los horizontes.

4.6.3 Plantación de melina (Gradas)

Los suelos son pocos profundos (0-60cm) y ligeramente ondulado (pendiente 5%). Hay presencia de un horizonte Oi de 2 cm desarrollado debido a las hojarascas presentes en la superficie del suelo. Predomina la textura franco arcilloso en los horizontes Ap y Bw y franco arenoso en los horizontes Bt y C.

4.6.4 Plantación de melina (Rodimiro Zelaya)

Los suelos son pocos profundos (0-50cm) y moderadamente ondulado (pendiente 10%). Hay presencia de un horizonte Oi de 5 cm. Predomina la textura franco arcilloso en todos los horizontes.

4.6.5 Plantación de pino (Llano)

Los suelos son superficiales (0-30cm) y planos (pendiente 3%, el cual reduce el efecto de erosión). Hay presencia de un horizonte Oi de 2 cm. La principal limitante de estos suelos es la alta pedregosidad (25 a 50% del volumen del suelo con grava). Predomina la textura franco arcilloso en los horizontes Ap y Bw y franco arenoso en el horizonte C.

4.6.6 Plantación de pino (Rodimiro Zelaya)

Los suelos son superficiales (0-20cm) y moderadamente ondulado (pendiente 12%, el cual acentúa el efecto de erosión). Hay presencia de un horizonte Oi de 3 cm. La principal limitante de estos suelos es la alta pedregosidad (50 a 75% del volumen del suelo con grava). Predomina la textura franco arenoso.

Cuadro 30. Descripción de perfiles de suelo de las plantaciones forestales

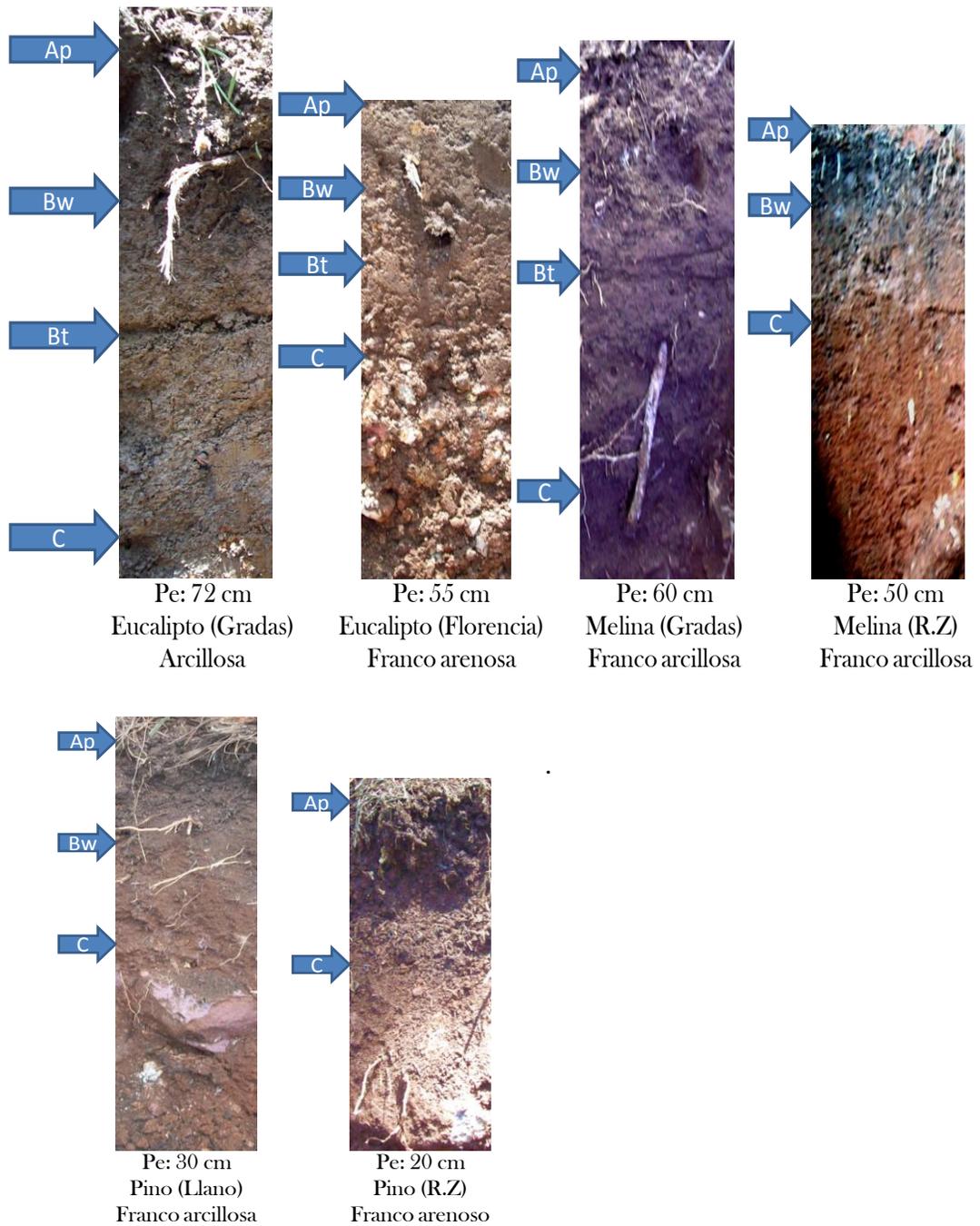
Plantación	Perfil	Profund.	Color	Textura	Estructura			Consistencia	Resist.	Poros			Raíces		Piedra/Roca		Limite	
					Tipo	Grado	Clase			Mojado	Penetrac.	Tam.	Forma	Cant.	Tam.	Cant.	Tam.	Cant.
Eucalipto (Gradas)	Ap	0-29	10YR3/2	Ar	ba	mod	med	mpg	1	f	t	p	med	m	med	m	pl	difuso
	Bw	29-59	10YR7/3	Ar	g	mod	med	mpg	1	f	pl	p	f	p	f	p	pl	difuso
	Bt	59-72	10YR6/1	Ar	ba	mod	med	mpg	2	f	t	p	f	p	med	p	pl	difuso
	C	72x	10YR5/2	F Ar	ba	mod	med	pg	3	f	t	p	f	p	gr	p	pl	difuso
Eucalipto (Florencia)	Ap	0-14	10YR3/3	F A	ba	mod	med	npg	4	f	t	frec	f	frec	gr	frec	pl	abrupt
	Bw	14-24	10YR3/6	F A	ba	mod	med	pg	4	f	t	frec	f	p	gr	p	pl	abrupt
	Bt	24-55	7.5YR4/6	F A	g	mod	f	pg	4.25	med	pl	p	med	frec	gr	p	pl	abrupt
	C	55x	7.5YR4/6	F A	ba	mod	med	pg	4.5	f	pl	p	f	p	gr	frec	pl	abrupt
Melina (Gradas)	Ap	0-20	10YR3/3	F Ar	ba	mod	f	npg	3	med	t	m	f	m	a	p	pl	difuso
	Bw	20-40	10YR3/6	F Ar	g	mod	f	npg	3.5	med	t	m	med	m	med	p	pl	difuso
	Bt	40-60	10YR4/4	F A	ba	mod	f	npg	2.5	med	t	p	med	p	med	frec	pl	difuso
	C	60x	7.5YR4/6	F A	ba	mod	gr	npg	4	f	t	p	med	p	gr	m	pl	difuso
Melina (Rodimero.Z)	Ap	0-22	10YR3/3	F Ar	ba	debil	f	npg	2.75	med	t, pl	m	med	frec	f	p	pl	gradual
	Bw	22-50	5YR4/6	F Ar	bas	mod	med	npg	2.25	med	t, pl	m	med	m	f	p	pl	gradual
	C	50x	2.5YR4/6	F Ar	bas	mod	f	npg	3.75	med	t, pl	m	mf	p	gr	m	pl	gradual
Pino (Llano)	Ap	0-13	7.5YR2.5/2	F Ar	g	mod	f,med	npg	2	med	t	m	med	frec	gr	p	pl	gradual
	Bw	13-30	7.5YR4/4	F Ar	ba	mod	med	pg	2	med	t	frec	med	m	mgr	m	pl	gradual
	C	30x	2.5YR4/6	FA	bas	mod	f	npg	2.25	f	pl	p	f	p	mgr	m	pl	gradual
Pino (Rodimero Z.)	Ap	0-20	10YR3/3	F A	g	mod	f	npg	2	tt	t	m	f	m	gr	m	ir	abrupt
	C	20x	5YR3/4	F A	g	mod	f	npg	>4	tt	t	m	f	p	mgr	m	ir	abrupt

Símbolos. **Textura.** A: arena, Ar: arcilla, F A: franco arenoso, F Ar: franco arcilloso. **Estructura.** ba: bloques angulares, bas: bloques angulares y subangulares, g: granular, mod: moderado, med: mediano, f: fino, gr: grueso. **Consistencia.** mpg: muy pegajoso, npg: no pegajoso. **Poros.** t: tubular, pl: planar, p: poco, frec: frecuente, m: mucho. **Piedra/Roca.** a: ausente, mgr: muy grueso. **Limite.** pl: planar, ir: irregular. **Nitidez.** abrupt: abrupto.

Cuadro 31. Clasificación taxonómica de los suelos y clase por aptitud de uso.

Plantación	Taxonomía	Clase de aptitud de uso
Eucalipto (Gradas)	Typic Tropaqualf	IVd-8
Eucalipto (Florencia)	Typic Durustept	IVpe p-4
Melina (Gradas)	Ustic Humitropept	IIIpe-5
Melina (Rodimiro Z.)	Ustic Humitropept	IIIpe-5
Pino (Llano)	Lithic Troporthent	VIpe p-7
Pino (Rodimiro Z.)	Lithic Troporthent	VIIpe p-7

Símbolos. d: drenaje, pe: profundidad efectiva, p: pedregosidad.



Fotografías 7. Ejemplares de calicatas de las diferentes plantaciones.



Fotografía 8. Ejemplares de rocas extraídas de la plantación de pino de Rodimiro Zelaya.



Fotografía 9. Ejemplares de rocas extraídas de la plantación de pino del Llano.

Cuadro 32. Resultados generales de las evaluaciones en cada plantación forestal

Características	eucalipto		melina		pino	
Localización	Gradas	Florencia	Gradas	R.Z	Llano	R.Z
DAP (cm) (media)	13.50	18.70	22.40	11.65	11.81	10.17
Altura (m) (media)	14.80	18.23	17.10	10.90	9.07	6.70
# árboles/ha	1100	1050	1450	2167	2116	1717
Rendimiento (m³/ha)	120	197.17	429	188.34	119.17	80
Crecimiento (m³/ha/año)	6	9	23	19	15	8
Taxonomía de suelo	Typic Tropaqualf	Typic Durustept	Ustic Humitropept	Ustic Humitropept	Lithic Troporthent	Lithic Troporthent
Clase de aptitud de suelo	IVd-8	IVpe p-4	IIIpe-5	IIIpe-5	VIpe p-7	VIIpe p-7

Símbolos. d: drenaje, pe: profundidad efectiva, p: pedregosidad; R.Z: Rodimiro Zelaya.

5 CONCLUSIONES

- Las plantaciones de eucalipto de Zamorano, presentan un muy buen nivel de crecimiento. Los principales limitantes para estas plantaciones son los suelos: En la plantación de las Gradadas es visible el problema drenaje (clase IVd-8); otra parte, en la plantación de Florencia, las principales dificultades son la pedregosidad y la profundidad efectiva.
- Las plantaciones de melina de Zamorano tienen un crecimiento moderado. Estas plantaciones presentan suelos que son pocos profundos. La principal limitante entre estas dos plantaciones es la alta densidad de árboles/ha.
- Las plantaciones de pino de Zamorano presentan un crecimiento bajo. Las principales limitaciones se reflejan en la pedregosidad alta (50-75%) y la muy baja profundidad efectiva (0-30 cm) de los suelos.
- Para plantación de eucalipto, se estima una producción total de 792.5 m³ en las colinas de Masicarán.
- Para plantación de pino, se estima una producción total de 39,402 m³ en Uyuca y Santa Inés.

6 RECOMENDACIONES

- Dar continuidad al estudio por medio de monitoreo y evaluaciones de las plantaciones analizadas en este estudio para observar la evolución del crecimiento y rendimiento/año.
- Evaluar el rendimiento de otras especies madereras presentes en las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana, EAP para determinar sus potencialidades para producir biomasa.
- Realizar actividades de manejo de suelos y de eliminación de especies invasivas no deseables en las plantaciones forestales para incrementar el rendimiento/ha.
- Evaluar las condiciones físico-químicas de los suelos antes de establecer una plantación forestal para evitar el desperdicio de recursos.
- Considerar los resultados de esta investigación previo a realizar proyectos de producción de biomasa para energía en las tierras de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Establecer plantaciones forestales para conservación de suelo para la clase VII con el fin de mejorar la estructura de la misma y protegerla contra la erosión.

7 RECONOCIMIENTOS

- A los Ingenieros: Timothy Longwell, Nelson Agudelo y Gloria Arévalo de Gauggel por sus apoyos en la realización de este proyecto.
- Al personal de la Unidad Forestal de Zamorano por el apoyo y las facilidades de materiales y instrumentos para las tomas de datos de terreno.
- A los diferentes grupos de estudiantes de la Unidad Forestal por haber participado en la recolección de datos de terreno.

8 BIBLIOGRAFÍA

Bronzoni, G. *et al.* 1996. Manual de conservación de suelos y aguas. Ed. Universidad estatal a distancia. San José, CR. 278p.

Cubero Fernández, D. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de tierras. 1ra ed. San José, CR. ACCS: MAG; Araucaria. 5-6p.

Donahue, R. *et al.* 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Capacidad de uso del suelo. Trad. Peña J. Cali, Col. 450-453p.

Dubón Fernández, E. 2007. Estudio general de suelos de las áreas de montaña en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Características de suelos para su clasificar su aptitud de uso. Tesis Lic. Ing. Agr. Hon. Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. 16 y 49p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species. Roma, It. 6 y 12, 15-16p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Hacia la ordenación forestal sostenible. Plantaciones forestales para la producción. Roma, It. 12-14 y 80-84p.

FitzPatrick, E. 1980. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. Propiedades de los horizontes del suelo. Trad. Ambrosio M. Ed. continental, S.A. México, Mex. 119p.

Martínez, H. 1991. *Eucalyptus camaldulensis*: Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. CR. Serie Técnica No. 158. CR. 5-11p.

Moret, A. *et al.* 1998. Determinación de ecuaciones de volumen para plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo, estado Barinas-Venezuela. Rev. Forestal. Ven. 42(1) 1998, 41-50p.

Montesinos, J. 1995. *Pinus oocarpa*. Rev. Forestal Centro Americana No 12, CATIE. CR. Citado por Oxford Plant Systematics. 767-770p.

Obregón, S. 2007. *Gmelina Arborea*. Rev. de Muebles y Maderas. 50 ed. Col. 14-16p

Torres, R. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Mediciones forestales. Ed. limusa S.A México, Mex. 34-38 y 227p.

Ramos, B. y Lagos, M. 1988. Catalogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Escuela Nacional de ciencias forestales (ESNACIFOR). Hon. 67, 73 y 131p.

Shoji Sánchez, D. 2002. Estudio físico de suelos de dos sitios para determinar la factibilidad del establecimiento de Caoba (*Swietenia humilis Zucc.*) y Teca (*Tectona grandis L.F.*). Tesis Lic. Ing. Agr. Hon. Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. 4p.

USDA (Departamento de Agricultura de los EEUU). 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10 ed. EEUU. 341p.

Wadsworth, F. 1997. Forest production for Tropical America. Forest plantations: Policies and Progress. USDA, Forest service. USA. 155-156p.

Young, R *et al.* 1991. Introducción a las ciencias forestales. Medición del bosque. 1ra ed. México, Mex. 120, 122 y 278p.

9 ANEXOS

Anexo 1. Mediciones forestales para la plantación de eucalipto en las Gradass.

Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (cm²)	Volumen (m³)
1	14.30	13.92	160.52	0.11
2	15.50	22.36	188.60	0.17
3	15.50	15.49	188.60	0.13
4	11.50	13.78	103.82	0.08
5	12.50	15.40	122.66	0.10
6	8.00	13.34	50.24	0.04
7	10.50	15.36	86.55	0.08
8	13.50	16.64	143.07	0.12
9	9.50	13.49	70.85	0.06
10	12.80	15.50	128.61	0.10
11	10.80	11.78	91.56	0.07
12	19.00	16.22	283.39	0.17
13	12.00	12.21	113.04	0.08
14	8.50	9.12	56.72	0.03
15	13.50	12.54	143.07	0.10
16	14.00	15.45	153.86	0.12
17	15.30	14.65	183.76	0.13
18	9.30	11.96	67.89	0.05
19	10.30	11.87	83.28	0.06
20	16.70	16.64	218.93	0.15
21	13.50	13.38	143.07	0.10
22	9.00	9.28	63.59	0.03
23	14.00	18.20	153.86	0.13
24	17.50	14.59	240.41	0.15
25	15.00	13.22	176.63	0.12
26	16.00	17.14	200.96	0.15
27	18.00	24.65	254.34	0.20
28	16.30	14.53	208.57	0.14
29	16.00	14.88	200.96	0.14
30	15.00	12.11	176.63	0.11
31	14.00	11.64	153.86	0.10
32	7.80	20.48	47.76	0.08

33	20.50	19.38	329.90	0.21
			Total	3.60

Anexo 2. Mediciones forestales para la plantación de melina en las Gradadas

Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (cm ²)	Volumen (m ³)
1	25.00	18.88	490.63	0.35
2	18.50	14.94	268.67	0.21
3	17.50	15.81	240.41	0.18
4	34.50	20.55	934.35	0.57
5	12.00	18.60	113.04	0.04
6	18.50	19.20	268.67	0.20
7	21.00	20.77	346.19	0.25
8	28.00	18.02	615.44	0.42
9	8.00	9.02	50.24	-0.01
10	29.00	22.48	660.19	0.43
11	11.00	6.04	94.99	0.07
12	32.00	19.88	803.84	0.51
13	16.00	18.49	200.96	0.14
14	15.60	16.34	191.04	0.14
15	19.30	20.42	292.40	0.21
16	20.00	11.96	314.00	0.26
17	29.00	12.31	660.19	0.47
18	28.00	16.96	615.44	0.43
19	13.00	17.32	132.67	0.07
20	33.00	25.12	854.87	0.52
21	18.00	21.74	254.34	0.17
22	31.50	17.46	778.92	0.51
23	32.50	11.08	829.16	0.56
24	30.00	17.55	706.50	0.47
25	33.50	20.70	880.97	0.54
26	13.50	15.52	143.07	0.09
27	24.00	17.59	452.16	0.33
28	25.00	20.00	490.63	0.35
29	12.50	11.31	122.66	0.08
			Total	8.58

Anexo 3. Mediciones forestales para la plantación de eucalipto en Florencia.

Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (cm²)	Volumen (m³)
1	16.00	13.54	200.96	0.13
2	25.00	21.38	490.63	0.26
3	17.00	19.14	226.87	0.17
4	22.50	23.49	397.41	0.25
5	14.00	11.07	153.86	0.10
6	17.50	20.76	240.41	0.18
7	20.50	19.00	329.90	0.20
8	19.50	18.36	298.50	0.19
9	19.00	17.44	283.39	0.18
10	22.00	16.38	379.94	0.21
11	25.50	20.95	510.45	0.27
12	19.00	13.06	283.39	0.16
13	19.00	15.66	283.39	0.17
14	22.00	17.30	379.94	0.21
15	18.50	14.30	268.67	0.16
16	21.00	18.96	346.19	0.21
17	25.00	21.78	490.63	0.26
18	19.50	19.51	298.50	0.20
19	24.00	23.56	452.16	0.26
20	27.00	20.76	572.27	0.28
21	18.50	15.73	268.67	0.17
22	24.50	20.88	471.20	0.26
23	18.00	15.72	254.34	0.16
24	31.00	15.34	754.39	0.30
25	24.50	19.55	471.20	0.25
26	16.00	11.27	200.96	0.12
27	29.00	22.88	660.19	0.31
28	23.00	15.76	415.27	0.21
29	27.00	17.90	572.27	0.27
30	19.50	14.78	298.50	0.17
31	27.00	22.20	572.27	0.29
32	20.00	18.63	314.00	0.20
33	23.50	20.46	433.52	0.24
34	14.00	17.55	153.86	0.13
35	17.00	17.44	226.87	0.16
36	14.50	11.16	165.05	0.10
37	10.00	8.51	78.50	0.04
38	17.50	18.78	240.41	0.17
39	17.00	20.25	226.87	0.17
40	13.50	20.80	143.07	0.14
41	12.50	18.29	122.66	0.11
42	16.50	17.98	213.72	0.16

43	10.30	6.56	83.28	0.04
44	12.50	16.17	122.66	0.10
45	11.00	19.00	94.99	0.10
46	16.00	11.73	200.96	0.12
47	15.00	28.05	176.63	0.19
48	19.50	21.27	298.50	0.20
49	11.50	20.64	103.82	0.12
50	16.50	25.34	213.72	0.19
51	14.00	21.28	153.86	0.15
52	15.00	23.56	176.63	0.17
53	15.00	22.50	176.63	0.16
54	18.00	25.23	254.34	0.21
55	19.00	16.50	283.39	0.18
56	17.50	17.82	240.41	0.17
57	17.50	17.46	240.41	0.16
58	19.00	15.09	283.39	0.17
59	13.30	20.12	138.86	0.13
60	12.50	11.48	122.66	0.08
61	28.80	27.23	651.11	0.33
62	14.50	13.66	165.05	0.11
63	14.30	19.46	160.52	0.14
			Total	11.38

Anexo 4. Mediciones forestales para la plantación de pino en el Llano.

Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Área Basal (cm ²)	Volumen (m ³)
1	13.00	14.63	132.67	0.09
2	11.00	8.59	94.99	0.05
3	11.00	8.74	94.99	0.05
4	16.50	11.90	213.72	0.10
5	13.00	12.71	132.67	0.08
6	8.50	8.49	56.72	0.03
7	8.50	9.90	56.72	0.04
8	12.00	12.58	113.04	0.07
9	15.00	8.45	176.63	0.08
10	15.00	13.11	176.63	0.10
11	10.00	8.80	78.50	0.04
12	11.00	9.77	94.99	0.05
13	11.50	10.00	103.82	0.06
14	12.00	10.12	113.04	0.06
15	10.00	8.25	78.50	0.04
16	15.00	11.31	176.63	0.09
17	12.00	11.45	113.04	0.07
18	10.00	9.25	78.50	0.04
19	10.00	6.60	78.50	0.03

20	11.00	8.05	94.99	0.05
21	14.00	10.89	153.86	0.08
22	12.00	11.55	113.04	0.07
23	9.00	9.30	63.59	0.04
24	13.00	10.87	132.67	0.07
25	10.00	9.03	78.50	0.04
26	10.50	8.17	86.55	0.04
27	13.00	11.04	132.67	0.07
28	10.00	10.20	78.50	0.05
29	14.00	9.36	153.86	0.07
30	11.50	8.61	103.82	0.05
31	10.00	7.79	78.50	0.04
32	17.00	11.00	226.87	0.10
33	10.00	7.28	78.50	0.04
34	16.00	12.68	200.96	0.10
35	14.00	12.38	153.86	0.09
36	12.00	9.89	113.04	0.06
37	7.50	5.83	44.16	0.01
38	11.00	10.88	94.99	0.06
39	13.50	8.88	143.07	0.07
40	12.00	10.65	113.04	0.06
41	12.50	10.14	122.66	0.07
42	12.00	10.54	113.04	0.06
43	11.00	10.17	94.99	0.06
44	9.00	7.00	63.59	0.03
45	15.50	11.30	188.60	0.09
46	9.50	7.98	70.85	0.04
47	11.00	8.34	94.99	0.05
48	11.00	9.95	94.99	0.05
49	12.00	11.17	113.04	0.07
50	10.50	9.32	86.55	0.05
51	11.00	10.36	94.99	0.06
52	14.00	10.01	153.86	0.08
53	15.00	10.62	176.63	0.09
54	10.00	9.22	78.50	0.04
55	10.50	9.72	86.55	0.05
56	9.00	5.33	63.59	0.02
57	12.00	8.70	113.04	0.06
58	12.00	8.68	113.04	0.06
59	15.00	13.93	176.63	0.10
60	8.00	7.16	50.24	0.02
61	11.50	9.27	103.82	0.06
62	13.00	9.10	132.67	0.06
63	14.50	10.00	165.05	0.08
64	14.00	12.43	153.86	0.09
65	16.50	9.23	213.72	0.09

66	10.50	9.45	86.55	0.05
67	7.00	6.73	38.47	0.01
68	16.50	9.42	213.72	0.09
69	13.00	9.54	132.67	0.07
70	8.50	8.49	56.72	0.03
71	11.50	9.25	103.82	0.05
72	15.00	10.85	176.63	0.09
73	15.50	9.60	188.60	0.08
74	17.00	11.75	226.87	0.10
75	16.50	11.10	213.72	0.10
76	11.00	8.03	94.99	0.05
77	15.50	9.62	188.60	0.08
78	21.50	11.13	362.87	0.13
79	13.50	9.03	143.07	0.07
80	15.50	9.49	188.60	0.08
81	13.50	9.86	143.07	0.07
82	12.50	10.50	122.66	0.07
83	7.30	4.67	41.83	0.01
84	12.50	10.78	122.66	0.07
85	13.50	10.01	143.07	0.07
86	13.00	11.21	132.67	0.07
87	13.50	9.24	143.07	0.07
88	16.50	9.88	213.72	0.09
89	14.00	9.20	153.86	0.07
90	9.50	6.63	70.85	0.03
91	12.00	8.28	113.04	0.05
92	14.50	9.12	165.05	0.08
93	7.30	7.50	41.83	0.02
94	12.50	8.17	122.66	0.06
95	12.30	10.00	118.76	0.06
96	11.30	7.04	100.24	0.04
97	11.00	9.36	94.99	0.05
98	11.00	7.05	94.99	0.04
99	8.00	7.25	50.24	0.02
100	11.30	8.74	100.24	0.05
101	12.00	8.17	113.04	0.05
102	11.00	7.67	94.99	0.04
103	13.00	8.58	132.67	0.06
104	11.30	8.38	100.24	0.05
105	8.50	5.46	56.72	0.02
106	10.00	7.73	78.50	0.04
107	15.50	9.13	188.60	0.08
108	11.50	6.96	103.82	0.05
109	10.50	7.89	86.55	0.04
110	9.00	7.47	63.59	0.03
111	13.50	7.82	143.07	0.06

112	13.30	8.90	138.86	0.07
113	6.00	6.22	28.26	0.00
114	9.50	7.71	70.85	0.03
115	9.00	7.82	63.59	0.03
116	12.50	8.38	122.66	0.06
117	10.00	7.76	78.50	0.04
118	6.00	4.62	28.26	0.00
119	8.00	5.80	50.24	0.02
120	8.50	6.40	56.72	0.02
121	11.50	6.65	103.82	0.04
122	9.50	6.62	70.85	0.03
123	9.00	5.94	63.59	0.02
124	9.50	7.98	70.85	0.04
125	11.00	6.33	94.99	0.04
126	10.50	5.88	86.55	0.03
127	9.50	7.38	70.85	0.03
			Total	7.15

Anexo 5. Mediciones forestales para la plantación de pino en Rodimiro Zelaya.

Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m ²)	Volumen(m ³)
1	11.50	5.61	103.82	0.04
2	8.50	5.35	56.72	0.03
3	6.75	5.70	35.77	0.02
4	12.50	6.50	122.66	0.06
5	6.00	6.35	28.26	0.02
6	8.00	6.16	50.24	0.03
7	6.50	3.98	33.17	0.00
8	6.50	5.40	33.17	0.02
9	10.50	5.78	86.55	0.04
10	9.30	6.32	67.89	0.04
11	10.30	5.74	83.28	0.04
12	11.50	7.56	103.82	0.06
13	13.50	8.03	143.07	0.07
14	10.50	6.51	86.55	0.05
15	8.00	5.04	50.24	0.02
16	10.50	6.71	86.55	0.05
17	11.50	7.04	103.82	0.06
18	13.50	7.40	143.07	0.07
19	9.00	6.85	63.59	0.04
20	9.50	6.44	70.85	0.04
21	8.50	6.00	56.72	0.03

22	4.90	4.27	18.85	0.00
23	6.40	4.83	32.15	0.01
24	10.10	4.86	80.08	0.03
25	6.50	5.25	33.17	0.01
26	8.60	6.73	58.06	0.04
27	8.00	5.25	50.24	0.02
28	10.00	7.59	78.50	0.05
29	12.50	6.02	122.66	0.05
30	10.00	6.57	78.50	0.04
31	12.00	7.01	113.04	0.06
32	8.00	5.97	50.24	0.03
33	7.50	5.10	44.16	0.02
34	9.50	7.51	70.85	0.05
35	8.00	5.60	50.24	0.03
36	8.00	9.96	50.24	0.07
37	7.80	5.76	47.76	0.03
38	9.00	5.44	63.59	0.03
39	11.00	6.05	94.99	0.04
40	10.10	5.85	80.08	0.04
41	8.00	7.06	50.24	0.04
42	6.70	5.53	35.24	0.02
43	11.80	5.50	109.30	0.04
44	9.00	6.65	63.59	0.04
45	5.10	5.48	20.42	0.01
46	10.00	7.47	78.50	0.05
47	7.50	5.49	44.16	0.02
48	8.10	7.98	51.50	0.05
49	9.00	7.22	63.59	0.05
50	7.50	6.28	44.16	0.03
51	9.00	5.52	63.59	0.03
52	8.00	6.72	50.24	0.04
53	12.00	5.25	113.04	0.04
54	10.50	6.88	86.55	0.05
55	12.00	7.56	113.04	0.06
56	7.00	3.98	38.47	0.01
57	10.50	7.31	86.55	0.05
58	16.20	8.89	206.02	0.10
59	16.00	8.25	200.96	0.09
60	10.00	6.47	78.50	0.04
61	10.30	5.95	83.28	0.04

62	7.00	5.66	38.47	0.02
63	8.50	5.25	56.72	0.02
64	9.80	5.42	75.39	0.03
65	10.50	6.89	86.55	0.05
66	8.30	5.31	54.08	0.02
67	11.50	5.83	103.82	0.04
68	10.50	7.53	86.55	0.06
69	7.00	4.84	38.47	0.01
70	11.30	6.21	100.24	0.05
71	14.30	7.30	160.52	0.07
72	12.50	7.26	122.66	0.06
73	16.00	9.69	200.96	0.10
74	12.30	7.44	118.76	0.06
75	11.00	7.19	94.99	0.05
76	11.50	7.88	103.82	0.06
77	10.00	7.15	78.50	0.05
78	12.10	7.81	114.93	0.07
79	12.00	8.13	113.04	0.07
80	10.40	7.05	84.91	0.05
81	12.50	8.14	122.66	0.07
82	13.50	7.61	143.07	0.07
83	9.40	8.76	69.36	0.06
84	12.70	7.41	126.61	0.07
85	12.00	7.96	113.04	0.07
86	8.50	6.29	56.72	0.03
87	15.00	7.53	176.63	0.08
88	14.00	8.62	153.86	0.08
89	12.00	8.51	113.04	0.07
90	12.50	7.06	122.66	0.06
91	11.00	7.16	94.99	0.05
92	11.90	7.11	111.16	0.06
93	11.20	7.86	98.47	0.06
94	13.50	8.93	143.07	0.08
95	10.00	7.31	78.50	0.05
96	9.10	7.80	65.01	0.05
97	11.50	7.93	103.82	0.06
98	10.50	8.03	86.55	0.06
99	13.50	7.37	143.07	0.07
100	10.00	6.95	78.50	0.05
101	11.20	7.46	98.47	0.06

102	11.00	8.00	94.99	0.06
103	10.20	6.97	81.67	0.05
			Total	4.78

Anexo 6. Mediciones forestales para la plantación de melina en Rodimiro Zelaya.

Árbol	Diámetro (cm)	Altura (m)	Área basal (cm²)	Volumen (m³)
1	10.00	7.92	78.50	0.04
2	9.30	7.70	67.89	0.02
3	8.00	7.83	50.24	0.00
4	11.00	8.61	94.99	0.06
5	9.50	7.20	70.85	0.02
6	7.40	6.80	42.99	
7	6.00	7.35	28.26	
8	10.50	7.65	86.55	0.04
9	10.00	7.56	78.50	0.03
10	7.00	6.98	38.47	
11	9.70	8.29	73.86	0.03
12	10.00	8.38	78.50	0.04
13	11.70	8.40	107.46	0.07
14	9.30	7.44	67.89	0.02
15	11.50	8.40	103.82	0.07
16	12.50	10.13	122.66	0.09
17	10.00	10.47	78.50	0.05
18	9.50	8.30	70.85	0.03
19	6.00	12.96	28.26	
20	10.00	8.40	78.50	0.04
21	9.50	8.06	70.85	0.03
22	11.00	9.82	94.99	0.06
23	11.50	8.00	103.82	0.06
24	11.00	7.36	94.99	0.05
25	8.00	7.00	50.24	
26	10.00	9.13	78.50	0.04
27	10.00	9.75	78.50	0.05
28	6.50	7.98	33.17	
29	12.25	10.26	117.80	0.09
30	11.00	11.51	94.99	0.08
31	8.30	11.05	54.08	0.02
32	13.00	9.99	132.67	0.10
33	12.00	10.81	113.04	0.09
34	7.00	6.82	38.47	

35	7.50	8.03	44.16	
36	8.50	7.35	56.72	0.00
37	10.75	11.55	90.72	0.07
38	7.30	6.82	41.83	
39	8.50	7.69	56.72	0.01
40	7.00	6.65	38.47	
41	8.50	7.94	56.72	0.01
42	6.50	9.55	33.17	
43	12.20	10.08	116.84	0.09
44	7.10	10.80	39.57	0.00
45	9.00	12.30	63.59	0.04
46	10.40	9.18	84.91	0.05
47	15.50	10.64	188.60	0.15
48	11.20	8.52	98.47	0.06
49	8.20	7.56	52.78	0.00
50	10.50	7.68	86.55	0.04
51	18.30	20.25	262.89	0.26
52	14.90	13.95	174.28	0.16
53	21.50	18.14	362.87	0.31
54	18.00	16.00	254.34	0.23
55	18.00	14.98	254.34	0.22
56	15.00	16.32	176.63	0.18
57	26.00	19.07	530.66	0.39
58	15.80	18.40	195.97	0.20
59	11.40	17.82	102.02	0.12
60	19.60	20.25	301.57	0.29
61	18.10	22.28	257.17	0.27
62	20.40	16.00	326.69	0.27
63	17.10	18.91	229.54	0.23
64	20.80	21.44	339.62	0.31
65	23.80	18.07	444.66	0.35

Total	5.65
--------------	-------------
