

**DIAGNOSTICO DEL SEGMENTO DE PLANTACIONES FORESTALES
CON FINES ENERGETICOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA
MADERA EN EL PARAGUAY**

CESAR ERNESTO PAREDES BOGARÍN

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de
Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Forestal

**Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Forestal
San Lorenzo, Paraguay
2018**

**DIAGNOSTICO DEL SEGMENTO DE PLANTACIONES FORESTALES
CON FINES ENERGETICOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA
MADERA EN EL PARAGUAY**

CESAR ERNESTO PAREDES BOGARÍN

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de
Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Forestal

**Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Forestal
San Lorenzo, Paraguay
2018**

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Forestal

**DIAGNOSTICO DEL SEGMENTO DE PLANTACIONES FORESTALES
CON FINES ENERGETICOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA
MADERA EN EL PARAGUAY**

Esta tesis fue aprobada por la mesa examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Forestal, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA

AUTOR: Cesar Ernesto Paredes Bogarín

ORIENTADORA: Prof. Ing. For. María Laura Quevedo Fernández, M. Sc..

Miembros del Comité Asesor

Prof. Ing. For. Dra. Lourdes Patricia Elías Dacosta.

Prof. Ing. For. Manuel M. Enciso G., M. Sc.

Prof. Ing. Agr. Dr. Jorge Daniel González.

San Lorenzo, 13 de diciembre de 2018

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el financiamiento de esta tesis por medio del Proyecto 14-INV-005 “Análisis diagnóstico de la cadena productiva de madera con fines industriales y energéticos oriundas de plantaciones forestales del Paraguay”, proyecto financiado por el CONACYT través del Programa PROCENCIA con recursos Fondo para la Excelencia de Educación e Investigación – FEEI del FONACIDE.

DIAGNOSTICO DEL SEGMENTO DE PLANTACIONES FORESTALES CON FINES ENERGETICOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA MADERA EN EL PARAGUAY

Autor: Cesar Ernesto Paredes Bogarín

Orientadora: Prof. Ing. For. María Laura Quevedo Fernández, M.Sc.

Co-Orientadora: Prof. Ing. For. Dra. Lourdes Patricia Elías Dacosta.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar un diagnóstico de plantaciones forestales con fines energéticos en Paraguay, para lo cual fue primeramente aplicado un cuestionario para la caracterización de plantaciones, la identificación de los factores críticos y la estimación de la viabilidad económica, mientras que, para la estimación del crecimiento de plantaciones forestales con fines energéticos, fueron instaladas parcelas permanentes de 500 m² con dimensiones de 20 x 25m para posteriormente realizar la medición de DAP y altura de todos los individuos dentro de las parcelas. Fueron encuestadas siete empresas, y se realizó el inventario en tres de las mismas. Fueron identificados 12 materiales genéticos como los principales plantados, entre los que se destacan el VM01, A08, H13 y I144, los mismos por lo general fueron implantados con una densidad de 1.250 plantas/ha. Para la limpieza del área 38% de las empresas lo realiza de forma mecanizada, la preparación de terreno es realizada con 1 a 3 pasadas de rastras pesadas en algunos casos combinadas con rastras livianas y en todos los casos con subsolado, ya sea este con taipeado o no; 71 % de las empresas no realiza los trabajos de canalización; los principales meses de preparación de suelos son de enero a abril y de agosto a noviembre y la plantación en el 100% de las empresas es realizada de forma manual por lo general entre los meses de abril a mayo y setiembre a noviembre, para el combate de hormigas, todas las empresas utilizan el fipronil, todas las empresas realizan fertilización y 43% de ellas encalado, el control de maleza en línea de plantación es realizada de forma química o química y manual en cuanto que en la entre línea se destaca el método mecánico combinado con químico; 71% de las empresas realizan manejo del rebrote y los principales productos leña y chips. Los factores críticos priorizados son el riesgo a incendios forestales y la falta de investigaciones. Para la estimación de crecimiento el material VM01 en la empresa 2 fue el de mayor incremento con 36,36 m³/ha/año. Y para la estimación de la viabilidad económica la empresa 2 resulto con los indicadores mayormente viables con un valor periódico equivalente (VPE) de 340,76 US\$/ha/año. Una variación del ± 20 % en el precio de venta afecta en mayor medida la viabilidad económica del proyecto comparando con las demás variables estudiadas.

Palabras clave: Inventario forestal, caracterización de plantaciones, viabilidad económica, factores críticos, valor periódico equivalente.

DIAGNOSIS OF THE SEGMENT OF FOREST PLANTATIONS FOR ENERGY PURPOSES OF THE WOOD PRODUCTIVE CHAIN IN PARAGUAY

Autor: Cesar Ernesto Paredes Bogarín

Orientadora: Prof. Ing. For. María Laura Quevedo Fernández, M.Sc.

Co-Orientadora: Prof. Ing. For. Dra. Lourdes Patricia Elías Dacosta.

RESUMEN

The objective of the work was to make a diagnosis of forest plantations for energy purposes in Paraguay, for which a questionnaire was first applied for the characterization of plantations, the identification of critical factors and the estimation of economic viability, while for the estimate of the growth of forest plantations for energy purposes, permanent plots of 500 m² with dimensions of 20 x 25m were installed to subsequently perform the DAP measurement and height of all individuals within the plots. Seven companies were surveyed, and the inventory was carried out in three of them. We identified 12 genetic materials as the main ones planted, among which the VM01, A08, H13 and I144 stand out, they were usually implanted with a density of 1,250 plants/ha. For the cleaning of the area 38% of companies do it in a mechanized way, the preparation of the land is done with 1 to 3 passes of heavy harrows in some cases combined with light harrow and in all cases with subsoiling, either with tapping or not; 71% of companies do not carry out canalization work; The main months of soil preparation are from January to April and from August to November and planting in 100% of the companies is done manually, usually between the months of April to May and September to November, for the combat of ants, all companies use fipronil, all the companies carry out fertilization and 43% of them are whitewashed, the control of weeds in the plantation line is carried out chemically or chemically and manually, as the line between the lines highlights the method mechanical combined with chemical; 71% of the companies carry out management of the regrowth and the main products of firewood and chips. The critical factors prioritized are the risk of forest fires and the lack of investigations. For the estimation of growth the material VM01 in the company 2 was the one of greater increase with 36,36 m³ / ha / year. And for the estimation of the economic feasibility the company 2 resulted with the most viable indicators with a equivalent periodic value (VPE) of 340.76 US\$/ha/year. A variation of $\pm 20\%$ in the sale price affects to a greater extent the economic viability of the project compared with the other variables studied.

Keywords: Forest inventory, plantation characterization , economic viability, critical factors, equivalente periodic value.

DIAGNÓSTICO DO SEGMENTO DE PLANTAÇÕES FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS DA CADEIA PRODUTIVA DE MADEIRA NO PARAGUAI

Autor: Cesar Ernesto Paredes Bogarín

Orientadora: Prof. Ing. For. María Laura Quevedo Fernández, M.Sc.

Co-Orientadora: Prof. Ing. For. Dra. Lourdes Patricia Elías Dacosta.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar um diagnóstico de plantações florestais para fins energéticos no Paraguai, para o qual um questionário foi aplicado primeiramente para a caracterização das plantações, a identificação de fatores críticos e a estimativa de viabilidade econômica, enquanto para o estimativa do crescimento das plantações florestais para fins energéticos, foram instaladas parcelas permanentes de 500 m² com dimensões de 20 x 25m, para posteriormente realizar a medida de DAP e altura de todos os indivíduos dentro das parcelas. Sete empresas foram pesquisadas e o inventário foi realizado em três delas. Foram identificados 12 materiais genéticos como os principais plantados, dentre os quais destacam-se os VM01, A08, H13 e I144, que foram usualmente implantados com densidade de 1.250 plantas / ha. Para a limpeza da área, 38% das empresas realizam isso de forma mecanizada, o preparo do terreno é feito com 1 a 3 passadas de grades pesadas, em alguns casos combinados com grades leves e em todos os casos, com subsolagem, seja com rosca ou não; 71% das empresas não realizam trabalhos de canalização; Os principais meses de preparação do solo são de janeiro a abril e de agosto a novembro e o plantio em 100% das empresas é feito manualmente, geralmente entre os meses de abril a maio e de setembro a novembro, para o combate de formigas, todas as empresas usam fipronil, todas as empresas realizam adubação e 43% delas são caiadas, o controle de plantas daninhas na linha de plantio é realizado quimicamente ou quimicamente e manualmente, enquanto nas entre linhas destaca-se o método mecânico combinado com o químico; 71% das empresas realizam o manejo de talhadia e os principais productos são a lenha e os cavacos. Os fatores críticos priorizados são o risco de incêndios florestais e a falta de pesquisas. Para a estimativa de crescimento, o material VM01 na empresa 2 foi o de maior aumento com 36,36 m³/ha/ ano. E para a estimativa da viabilidade econômica a empresa 2 apresentou os indicadores mais viáveis, com VPE de 340,76 US \$/ha/ ano. Uma variação de $\pm 20\%$ no preço de venda afeta em maior medida a viabilidade econômica do projeto em comparação com as demais variáveis estudadas.

Palavras chave: Inventário florestal, caracterização de plantação, viabilidade econômica, fatores críticos, valor periódico equivalente.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1	INTRODUCCIÓN 1
2	REVISION DE LITERATURA 4
2.1	Cadenas productivas 4
2.1.1	Componentes de la cadena productiva..... 5
2.1.2	Tipos de cadena productiva 7
2.1.3	Caracterización general de la cadena productiva..... 7
2.1.4	Análisis de flujos de materiales de capital..... 7
2.1.5	Análisis de calidad de insumos y productos 8
2.1.6	Análisis de procesos internos de los segmentos 9
2.1.7	Identificación y priorización de factores críticos..... 9
2.1.8	Competitividad..... 9
2.2	Plantaciones forestales con fines energéticos 10
2.2.1	Etapa pre plantación..... 10
2.2.1.1	Análisis de suelo 10
2.2.1.2	Control de hormigas..... 11
2.2.1.3	Preparación de suelo 12
2.2.1.4	Fertilización 13
2.2.2	Etapa de plantación 14
2.2.2.1	Espaciamiento 14
2.2.2.2	Implantación 15
2.2.3	Etapa pos plantación 17
2.2.3.1	Reposición..... 17
2.2.3.2	Control de malezas..... 18
2.2.3.3	Cosecha 19
2.3	Biomasa..... 19
2.4	Crecimiento de plantaciones 21
2.5	Viabilidad económica 22
2.5.1	Valor actual neto 24

2.5.2	Tasa interna de retorno.....	25
2.5.3	Valor Periódico Equivalente	26
2.5.4	Relación beneficio/costo	26
3	METODOLOGIA	28
3.1	Área de estudio	28
3.2	Población de unidades y variables de medición	29
3.3	Descripción del proceso metodológico.....	30
3.3.1	Caracterización de plantaciones forestales con fines energéticos.....	30
3.3.2	Identificación y priorización de los factores críticos de las plantaciones forestales con fines energéticos.....	31
3.3.3	Estimación del crecimiento de plantaciones forestales con fines energéticos..	31
3.3.3.1	Empresa 1.....	34
3.3.3.2	Empresa 2.....	37
3.3.3.3	Empresa 4.....	41
3.3.3.4	Estimaciones	43
3.3.4	Estimación de la viabilidad económica de las plantaciones forestales con fines energéticos del Paraguay.....	45
3.3.4.1	Empresa 1.....	45
3.3.4.1.1	Costos e ingresos	45
3.3.4.2	Empresa 2.....	47
3.3.4.2.1	Costos e ingresos	47
3.3.5	Valor Actual Neto	48
3.3.6	Tasa Interna de Retorno	49
3.3.7	Relación beneficio costo	49
3.3.8	Valor Periódico Equivalente	50
3.3.9	Análisis de sensibilidad.....	50
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	Caracterización de las plantaciones forestales con fines energéticos.	51
4.1.1	Gremios.....	51
4.1.2	Sector	51
4.1.3	Área de la empresa.....	52

4.1.4	Normativa	53
4.1.5	Financiamiento.....	54
4.1.6	Materiales genéticos.....	54
4.1.7	Espaciamiento y densidad.....	55
4.1.8	Ciclo de rotación y numero de rotaciones.....	56
4.1.9	Limpieza previa del área.....	57
4.1.10	Preparación de suelos.....	57
4.1.10.1	Época de preparación de suelos	58
4.1.11	Canalización.....	59
4.1.12	Control de hormigas.....	60
4.1.13	Plantación.....	60
4.1.13.1	Época de plantación	61
4.1.13.2	Superficie anual plantada.....	61
4.1.13.3	Reposición.....	62
4.1.14	Análisis de suelo, riego, uso de hidrogel	63
4.1.15	Tamaño de rodales	63
4.1.16	Fertilización	64
4.1.17	Encalado.....	65
4.1.18	Control de malezas.....	66
4.1.18.1	En la línea de la plantación	66
4.1.18.2	En la entrelínea de plantación	66
4.1.18.3	Productos quimicos	67
4.1.19	Pre poda	68
4.1.20	Metodos de control de incendios.	68
4.1.21	Cosecha.....	69
4.1.22	Manejo de rebrotes.....	69
4.1.23	Productos.....	70
4.1.24	Precios de venta	71
4.1.25	Tercerización y/o prestación de servicios	71
4.2	Identificación y priorización los factores críticos de las plantaciones forestales con fines energéticos.....	73

4.2.1	Factores críticos por empresa.....	73
4.3	Estimación del crecimiento de plantaciones con fines energéticos.	77
4.3.1	Incremento medio anual de diámetro.....	77
4.3.1.1	VM01	77
4.3.1.2	A08.....	78
4.3.1.3	Otros materiales	78
4.3.2	IMAA	80
4.3.2.1	VM01	80
4.3.2.2	A08.....	81
4.3.2.3	Otros materiales	81
4.3.3	Incremento medio anual.....	83
4.3.3.1	VM01	83
4.3.3.2	A08.....	84
4.3.3.3	Otros materiales	84
4.4	Estimación de viabilidad económica de plantaciones con fines energéticos....	86
4.4.1	Indicadores económicos.....	86
4.4.2	Análisis de sensibilidad.....	88
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6	REFERENCIAS.....	94
7	APENDICE.....	99

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Calculo total de plantas por espaciamiento por hectárea.....	15
2. Características principales de los rodales inventariados en la E1.	36
3. Características principales de los rodales inventariados en la E2.	40
4. Características principales de los rodales inventariados en la E4.	43
5. Costos correspondientes a la empresa 1.	46
6. Ingresos en la empresa 1.....	47
7. Costos correspondientes a la Empresa 2.....	47
8. Ingresos correspondientes a la Empresa 2.....	48
9. Variables consideradas en el Análisis de sensibilidad.....	50
10. Superficies totales y superficies plantadas por empresa.....	52
11. Principales espaciamientos y densidades	56
12. Cantidad de pasadas según tipo de implemento.	58
13. Meses de preparación de suelos y días efectivos de trabajo por año.....	59
14. Método de plantación según cada empresa	61
15. Meses en que las empresas realizan las plantaciones	61
16. Cantidad de empresas que realizan el análisis de suelo, uso de hidrogel y riego.....	63
17. Tamaños de rodales mínimos y máximos por empresa	63
18. Cantidad de aplicaciones, gramos por plantas y formulaciones.....	65
19. Productos finales por empresa.....	70
20. Productos y precios de venta.	71
21. Factores críticos de la empresa 1	73
22. Factores críticos coincidentes entre las empresas.....	75
23. Indicadores económicos calculados en la empresa 1.....	87
24. Indicadores económicos calculados en la empresa 2.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Componentes de una cadena productiva	6
2. Localización del área de estudio.....	28
3. Diseño de la parcela instalada.	33
4. Delimitación de rodales y ubicación de Parcelas en la Empresa 1.....	35
5. Delimitación de rodales y ubicación de parcelas P.A Norte.	38
6. Delimitación de Rodales y ubicación de parcelas P.A Sur.....	39
7. Delimitación de rodales y ubicación de parcelas.....	42
8. Gremios relacionados a las empresas.	51
9. Sector al que pertenecen en porcentajes las empresas.....	52
10. Normativas legales bajo las cuales se realizaron plantaciones al menos una parte de las plantaciones.	53
11. Fuentes de financiamiento de las empresas.....	54
12. Materiales genéticos más utilizados por las empresas.....	55
13. Métodos utilizados para la limpieza del área.....	57
14. Porcentaje de empresas que realizan la canalización	59
15. Porcentaje de métodos de aplicación del Producto Fipronil.....	60
16. Superficie anual plantada por empresa.....	62
17. Empresas y porcentajes con el que se realiza la reposición,	62
18. Máximo, promedio y mínimo de gramos aplicados por planta.	64
19. Porcentaje de empresas en la actividad de encalado	65
20. Métodos de control de malezas en la línea de plantación.....	66
21. Métodos de control de malezas en la entrelinea de plantación.....	67
22. Porcentaje de empresas que realizan la pre poda.	68
23. Métodos de cosecha por empresa	69
24. Número de empresas que realizan el manejo de rebrotes.....	70
25. Número de empresas que tercerizan y/o prestan servicios	71
26. Incremento medio anual de DAP del material genético VM01.....	77
27. Incremento medio anual de DAP del material genético A08	78

28.	Incremento medio anual de DAP de distintos materiales genéticos.....	79
29.	Incremento medio anual de Altura del material VM01.....	80
30.	Incremento medio anual de altura del material genético A08.....	81
31.	Incremento medio anual de altura de distintos materiales genéticos.....	82
32.	Incremento medio anual del material genético VM01	83
33.	Incremento medio anual del material genético A08.....	84
34.	Incremento medio anual de distintos materiales genéticos.	85
35.	Análisis de sensibilidad por indicador económico	89

SIGLAS Y ABREVIATURAS

BID:	Banco Interamericano de Desarrollo.
CONACYT:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
EMBRAPA:	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.
DAP:	Diámetro a la altura del pecho.
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FEEI:	Fondo para la Excelencia de Educación e Investigación.
FEPAMA:	Federación Paraguaya de Madereros.
FONACIDE:	Fondo Nacional de Inversión Pública y Desarrollo.
GPS:	Global positioning system.
IMA:	Incremento medio anual.
IMAD:	Incremento medio anual de diámetro.
IMAA:	Incremento medio anual de altura.
INFONA:	Instituto Forestal Nacional.
MAG:	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
R B/C:	Relación beneficio/costo.
TIR:	Tasa interna de retorno.
TMA:	Tasa mínima de atractividad.
VAN:	Valor actual neto.
VPE:	Valor periódico equivalente.

LISTA DE APENDICES

	Página
1	Cuestionario de caracterización, costos e ingresos..... 99
2	Cuestionario de identificación y priorización de Factores Críticos..... 111
3	Planilla de inventario..... 113
4	Características y datos de rodales y parcelas de la empresa 1..... 115
5	Características y datos de rodales y parcelas de la empresa 2..... 121
6	Características y datos de Rodales y parcelas de la empresa 4. 124

1 INTRODUCCIÓN

Más de la mitad de la biomasa de madera consumida a nivel mundial se quema como combustible. La mayor parte de esta forma de consumo se realiza en países en desarrollo donde la madera es la principal fuente de energía, alcanzado más del 80% (FAO 2015).

De acuerdo con estudios realizados en Paraguay en el año 2008, la matriz energética se caracteriza por una elevada oferta de energía renovable específicamente biomasa (leña, carbón y residuos vegetales). De acuerdo con el balance energético del mismo año, el 27% de dicha oferta corresponde a la biomasa. Sin embargo, la demanda de la biomasa ocupa el 46% de la energía, donde, la estructura de consumo final muestra que la leña ocupa el 60%, carbón el 9% y el 27% restante los residuos vegetales (BID 2008).

Borsy et al (2013) mencionan que es importante aclarar que el sector forestal en el Paraguay, así como el de la biomasa sólida, es bastante informal sin datos confiables y con poca voluntad de los consumidores comerciales e industriales de compartir los datos de consumo y precio. Revisando la literatura y estadísticas se puede notar que los datos son altamente contradictorios.

En el país según FAO (2010), las plantaciones forestales ocupan un área de cuarenta mil hectáreas aproximadamente, de los cuales el 90% corresponde a especies introducidas.

La silvicultura energética tiene como meta la obtención de madera para producir una cantidad determinada de energía con la mayor rentabilidad posible y las menores repercusiones negativas sobre el ambiente (Siren 1982).

Por ello cuando se piensa en árboles de rápido crecimiento, como alternativa de producción de madera, el eucalipto se presenta como un género con mucho potencial, por su alta capacidad productiva y de adaptación a los diversos ambientes, climas y suelo. Las plantaciones forestales con eucalipto ocupan extensas áreas en todo el mundo, donde, normalmente los suelos de baja fertilidad son destinados a la misma (Ferreira y Da Silva 2008).

Al elegirse cierto tipo de especies aptas para las plantaciones con fines energéticos se debe evaluar el impacto que tiene en el mercado, analizando la oferta y demanda que tienen estas como materia prima, y sus productos derivados.

Las cadenas productivas son importantes componentes para el desarrollo económico sectorial y regional. El crecimiento económico de una región está asociada al desempeño de diversas cadenas productivas. Variables de desarrollo social como el nivel de empleo, salud, vivienda, frecuentemente también están asociados al desempeño de determinadas cadenas productivas. Varios sectores de la economía dependen directamente de ese desempeño (Castro et al. 1996).

En este contexto Castro (1998), define la cadena productiva de la madera como segmentos que interactúan entre ellos ofreciendo productos y servicios, en ella se puede analizar cuáles podrían ser las falencias existentes dentro de toda la cadena.

Es importante destacar que las cadenas productivas promueven el desarrollo económico sectorial y regional, ya que el crecimiento económico de una región está asociado al desempeño de diversas cadenas productivas (Castro et al. 1996).

El presente estudio del segmento de plantaciones forestales con fines energéticos tiene como objetivo general diagnosticar el segmento de plantaciones forestales con fines energéticos de la cadena productiva del Paraguay, con los siguientes objetivos específicos a) Caracterizar las plantaciones forestales con fines energéticos, b) Identificar y priorizar los factores críticos de las plantaciones forestales con fines energéticos, c) Estimar el crecimiento de plantaciones con fines energéticos y d) Estimar la viabilidad económica de las plantaciones forestales con

fines energéticos. Estos objetivos aportarán a la interacción del segmento en el flujograma de la cadena productiva de la madera, trabajo que se desarrolló en el marco del Proyecto Asociativo de Investigación CONACYT 14-INV-005 "Análisis diagnóstico de la cadena productiva de madera con fines industriales y energéticos oriundas de plantaciones forestales del Paraguay".

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Cadenas productivas

La cadena productiva se define como sistema constituido por actores interrelacionados y por una sucesión de operaciones de producción, transformación y comercialización de un producto o grupo de productos en un entorno determinado. El enfoque de cadena es pertinente en el contexto actual de evolución de la economía mundial, competitividad, globalización, innovación tecnológica y complejos sistemas agro-alimentarios. Este enfoque nos permite dar una mirada sistemática a las actividades productivas (Van der Heyden y Camacho 2006).

Según Guidi y Mamani (2005), las cadenas productivas se definen en un contexto más amplio, esta cadena incluye los oferentes de insumos, productores, intermediarios, procesadores, mayoristas y minoristas y consumidores, quienes participan en algún eslabón de la cadena a través de la compra o venta de un producto. Incluye también un conjunto de actores que forman parte de su contexto institucional y organizacional.

Sin embargo para Castro (1998) la cadena productiva no existe de forma tangible, y se la denomina así para darle un concepto de manera abstracta para que de esa manera pueda examinar e identificar el comportamiento de los flujos capitales y materiales: las transacciones socioeconómicas, la distribución de los beneficios y las limitaciones y/o restricciones en el desempeño de los diferentes elementos que componen este proceso productivo en todo el proceso.

Las cadenas productivas, como unidad analítica, ocupan un lugar de gran importancia dentro del diseño de las políticas de promoción a la pequeña y mediana empresa, tanto en América Latina como en otros países en desarrollo. Diferentes

estrategias gubernamentales y de agencias de cooperación internacional conciben a la cadena productiva como unidad de intervención en programas de asociatividad y cooperación entre micro, pequeñas y medianas empresas. La ventaja de este enfoque reside en la facilidad de coordinar acciones de política sectorial alrededor de agrupamientos de empresas con algún nivel de competitividad en los mercados internacionales y, en torno a los cuales, se pueden focalizar estrategias de generación de empleos y creación de riqueza sostenible (Isaza 2008).

Lundy et al (2003) mencionan que el uso del enfoque de cadena productiva tiene varias ventajas:

- a) Permite tener una visión amplia de la cadena y de sus diferentes actores, por tanto, un manejo más completo de la información.
- b) El acceso a una información más completa facilita la identificación de puntos críticos que impiden el desarrollo de la cadena y, además, la ubicación de alternativas de solución más efectivas y de mayor impacto, logrando así una cadena más competitiva.
- c) La cadena es un escenario apropiado para la búsqueda de alianzas y sinergias entre los diferentes actores productivos ya que reúne actores con intereses comunes, lo cual disminuye los costos de interacción, permite un uso más eficiente de los recursos disponibles.

2.1.1 Componentes de la cadena productiva

Teniendo en cuenta la definición dada por Castro et al (1998), son un conjunto de componentes que interactúan y que pueden a su vez conformar subsistemas, todos ellos ofrecen servicios e insumos, industrialización y comercialización.

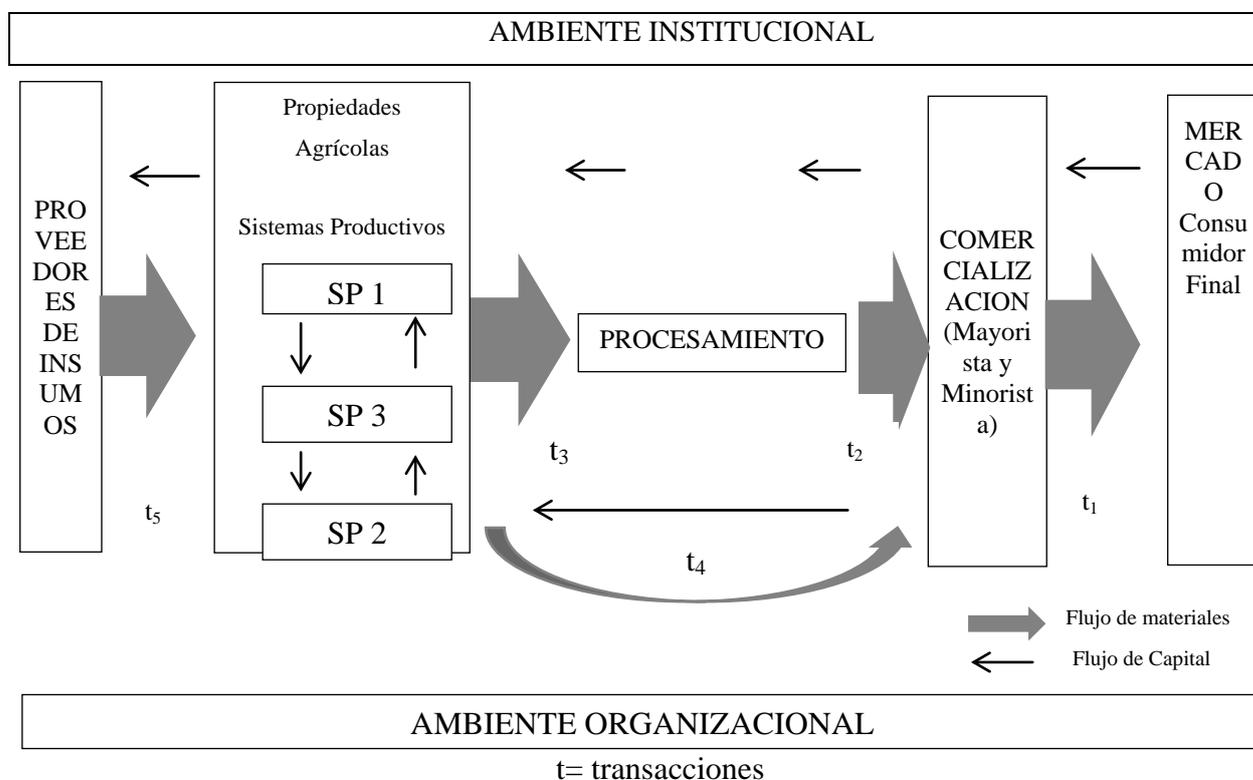


Figura 1. Componentes de una cadena productiva

Fuente: Zylbersztajn (1991) (Adaptado por Castro (1998))

Una cadena productiva está constituida básicamente por tres componentes que son:

- Eslabones, conjunto de agrupaciones de actores de la cadena productiva que realizan actividades económicas afines. Los eslabones cumplen diversas funciones dentro de la cadena productiva, como: producción, transformación, industrialización, comercialización, distribución, etc.
- Entorno institucional, conjunto de normas de orden legal, político, económico y social que intervienen en la calidad o cantidad de las transacciones que se realizan en una cadena productiva;
- Entorno organizacional, conjunto de organizaciones funcionales y/o territoriales de orden público-privado que tienen capacidad de influir sobre

las acciones del ambiente institucional de la cadena productiva y apoyar al desarrollo de los eslabones mediante la dotación de bienes y servicios.

Además, en cada eslabón de la cadena se pueden reconocer estratos, actores con diferentes recursos que demandan u ofrecen productos con diferentes características de calidad, cantidad u oportunidad (Graham et al 2005).

2.1.2 Tipos de cadena productiva

Según Castro (1998), los componentes que integran el desarrollo de la cadena productiva pueden ser clasificadas en:

- a) Completa: cuando todos están presentes (generadores de materia prima, sistemas productivos, agroindustria, comercialización al por mayor y menos, y consumidores finales).
- b) Incompleta: cuando está ausente uno o más elementos mencionados en el apartado anterior, este podría ser el caso en que los consumidores finales adquieren el producto final de los productores en forma directa.
- c) Integrada: es una cadena cuyo producto se constituye en el insumo para otra cadena.

2.1.3 Caracterización general de la cadena productiva

Es la primera actividad cuando se analiza una cadena productiva, comienza con una descripción general y amplia de la cadena, sus componentes, principales insumos y productos, los límites que la caracterizan, las leyes y normas que la restringen o la apoyan y las organizaciones que no toman parte directa del negocio en que la cadena está envuelta, más prestan a su funcionamiento (Castro 1998).

2.1.4 Análisis de flujos de materiales de capital

Reyes (2010), menciona que los diferentes segmentos se relacionan a través de flujos de determinados recursos (materiales y de capital). Desde el segmento de los proveedores de insumos hasta el de los consumidores finales fluyen energía,

materia prima e información, principalmente; en la dirección contraria, desde el segmento del consumidor hacia el segmento de los proveedores de insumos, fluyen los recursos financieros e información; deduciendo que los consumidores financian toda la cadena.

Para Castro (1996) consiste en los siguientes pasos básicos.

- a) Determinación, por medio de datos secundarios y primarios, de cantidades de precios de productos e insumos intermediarios y finales, que son transacciones a lo largo de la cadena.
- b) Determinación de cantidad de capital que entra y sale de los diversos segmentos, en el sentido de consumidor final, proveedores de insumos. Ese valor corresponde a las cantidades de materiales tramitados multiplicados por los precios de pagos, por segmento de la cadena

2.1.5 Análisis de calidad de insumos y productos

Los insumos específicos para la producción forestal son los plantines forestales, equipos de siembra y aprovechamiento forestal, además de determinados productos fitosanitarios; otros insumos, como correctivos y fertilizantes también son utilizados en la producción forestal (Simioni y Hoeflich 2008).

Cada insumo y cada producto intermediario (y también producto final de la cadena) deben ser analizados en términos de características deseadas por sus respectivos mercados consumidores. Insumos y productos pueden ser caracterizados de acuerdo con sus propiedades físicas, químicas y organolépticas. Estos conjuntos de características que definen la calidad deben ser codificadas en padrones y con respectivas normas de calidad de la cadena productiva (Castro 2002).

El flujo del producto comienza en los eslabones de proveedores de insumos y abarca hasta el consumidor, en cambio el flujo de dinero, y las demandas de calidad del producto comienzan en el mercado consumidor y llegan hasta los eslabones de

producción y provisión de insumos. Las organizaciones de apoyo brindan servicios a los diferentes estratos de la cadena e influyen al contexto institucional de la cadena productiva (Graham et al. 2005).

2.1.6 Análisis de procesos internos de los segmentos

Para Castro (2007) consiste en la identificación de operaciones que componen el proceso productivo dentro de un segmento cualquiera. Siendo un proceso productivo un conjunto de operaciones encadenadas en el tiempo e interrelacionadas que son ejecutadas en una determinada estructura productiva para transformar los insumos en productos de esa estructura. A partir de la caracterización del proceso reproductivo de cada segmento es posible: cuantificar costos, identificar operaciones que conduzcan a pérdidas y reducción de calidad e identificar operaciones que puedan estar relacionadas en riesgos para la sustentabilidad ambiental.

2.1.7 Identificación y priorización de factores críticos

Pueden ser identificados a partir del análisis de las interacciones entre los diferentes segmentos y eslabones de la cadena productiva, las transacciones formales e informales. El establecimiento de factores críticos es hecho evaluando el impacto de las limitaciones y oportunidades identificadas en el desempeño de la cadena, o sea en su competitividad, eficiencia, calidad. Los factores críticos identificados corresponden a demandas actuales de la cadena productiva analizada. Las demandas actuales identificadas pueden ser clasificadas en demandas tipo I (con solución tecnológica disponible), de tipo II (de solución técnica a ser generada) y de tipo III (solución no tecnológica). Las demandas también pueden ser clasificadas en términos de plazo para su solución, en demandas para la solución en corto, medio y largo plazo (Castro 2007).

2.1.8 Competitividad

Según Van der Heyden y Camacho (2006) una cadena productiva puede ser competitiva o no, es competitiva cuando sus actores han desarrollado capacidades y

condiciones para mantenerse y aumentar su participación en el mercado de manera sostenible. La competitividad de una cadena tiene que ver con las habilidades, actitudes, talentos, competencias, visión empresarial de sus actores. Algunos autores hablan de competitividad sistémica para hacer entender que una cadena es competitiva no solo cuando una empresa o un grupo de actores tienen rentabilidad, sino que el conjunto de actores es competitivo.

Una cadena productiva es competitiva cuando sus diferentes actores:

- Han desarrollado relaciones eficientes y equitativas entre ellos, se han organizado, coordinan y comparten información
- Tienen intereses diferentes, pero comparten una visión común del desarrollo de la cadena, tienen un “norte común”
- Producen en función de una demanda de mercado
- Se diferencian por elaborar productos de calidad e innovadores
- Son eficientes en costos

2.2 Plantaciones forestales con fines energéticos

Según De Leon (2010) con el fin específico de producir energía, se seleccionan árboles de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años.

2.2.1 Etapa pre plantación

2.2.1.1 Análisis de suelo

Para conocer la fertilidad del suelo, es importante hacer una muestra del mismo y, posteriormente, hacer un análisis químico en el laboratorio. Basado en los resultados de estos análisis se realizan las recomendaciones de fertilización. Debe también hacer análisis físico de muestras de suelo, ya que esto caracteriza la textura del suelo, lo que demuestra que es un suelo arenoso (contenido de arcilla inferior al 15%), si es un suelo de textura media (contenido de arcilla de 15 y 35%), o si es

arcilloso (contenido de arcilla del 35%), el conocimiento de la textura del suelo es importante para la planificación y gestión de la fertilidad del suelo la preparación del suelo (Schumacher y Viera 2015).

Se debe separar las áreas a ser reforestadas en parcelas de no más de 20 hectáreas, de modo a que cada parcela sea lo más uniforme posible. Para la separación de estas parcelas, se debe considerar aspectos relacionados con la topografía (pendiente, media pendiente, bajada), con el suelo (color y textura), con el uso del sitio (uso actual, uso anterior, áreas fertilizadas, áreas encaladas y el manejo del área). Las muestras de suelo deben ser colectadas en varios puntos de la parcela de manera uniforme, tomándose con cuidado al retirar el mismo volumen de suelo en cada punto. Se debe escoger como mínimo 20 puntos dentro de cada parcela para realizar el muestreo. Estos puntos deben estar distribuidos al azar dentro de las parcelas (Paiva et al 2011).

2.2.1.2 Control de hormigas

Las hormigas principalmente *Atta* spp. y *Acromyrex* spp., son algunas de las principales plagas de las plantaciones de eucalipto. El combate debe comenzar luego de la limpieza del terreno, antes de la preparación. La cantidad del producto a ser usada, depende de la especie de la hormiga y del tamaño del hormiguero. Normalmente son usados 10g de hormiguicida por m² de tierra suelta alrededor (EMBRAPA 2006).

Según Schumacher y Viera (2015) se recomiendan las siguientes etapas de control

- a) Inicial: Realizado de 30 a 60 días antes de la limpieza del área de plantío. Los cebos granulados y el empañamiento son lo más indicados.
- b) Repase: Es la revisión del control inicial y sirve para matar los hormigueros que sobreviven al primer tratamiento. Debe ser realizado

de 30 a 60 días antes del plantío, extendiéndose 12 meses después del plantío. Se utiliza cebos granulados, empañamiento o polvos secos

- c) **Manutención de ronda:** Es la revisión periódica en la plantación, buscando *Atta* spp y *Acromyrex* spp. después del periodo de repase. Pueden ser utilizados hormiguicidate tipo seco y cebos granulados.

Las hormigas cortadoras, tanto las *Atta* spp. como las *Acromyrex* spp. Constituyen una de las mayores plagas de la cultura del eucalipto. Ellas pueden traer perjuicios como cortar fragmentos de hojas flores y frutos. Las hormigas tienen preferencia por el ataque de hojas nuevas y tiernas así que el cuidado deberá ser redoblado en la fase inicial de la plantación y debe ser hecho diariamente. El ataque de las hormigas es perjudicial en cualquier fase de la plantación, sin embargo, el daño es mayor en la fase de crecimiento de la planta. Después de tres cortes sucesivos, la planta puede morir. El combate a las hormigas debe ser hecho en toda la propiedad y hasta 50 metros de las divisorias del área plantada (Castro 2011).

2.2.1.3 Preparación de suelo

Flor (2014) afirma que para plantar es preciso preparar el terreno para establecer las mudas con más seguridad, evitando dificultades operacionales que generan pérdidas en la plantación, competencia con pioneras, ataque de plagas y la sequía permanente de plántulas. El suelo impermeable presenta muchas dificultades en las regeneraciones. Un modo práctico de saber el grado de impermeabilidad es introducir agua en pozos abiertos y registrar el tiempo de drenaje del suelo. Diversas técnicas de preparación de suelo pueden ser adoptadas, individualmente o en conjunto, para que se tenga éxito.

Los suelos compactados deben ser preparados con subsolador y rastra; en terrenos accidentados, donde la mecanización es imposible, el pocado debe ser manual, con una profundidad mínima de 30 cm. En suelos arenosos la mecanización debe ser reducida o evitada para mantener la humedad y evitar la erosión (EMBRAPA 2006).

En áreas de topografía accidentada, donde no es posible la mecanización, y en áreas sujeta a erosión, la operación se resume en apertura de pozos (30x30x30) hechas manualmente con máquinas poceadoras manuales, o acopladas a tractor. Si el suelo presenta alguna señal de compactación se recomienda un pozo con mayores dimensiones (40x40x40) (Paiva et al 2011).

El uso de maquinaria es viable para terrenos abiertos y planos, o con poca inclinación, de suelos secos y de buenos drenajes. Para la destrucción de termiteros es usando tractor con cuchilla delantera. En general la preparación del terreno se finaliza con uso de rastra, que es la operación de mayor trabajo porque promueve el movimiento de la camada superficial de tierra a una profundidad máxima de 0,25 m, la nivelación del terreno, incorporando al suelo partes de las plantas que quedan antes de las operaciones de plantación, retrasando la regeneración de vegetación pionera competidora. La operación con subsolador facilita el direccionamiento de las líneas de plantaciones, retrasa la competencia de plantas pioneras, facilita el direccionamiento de las raíces y la absorción de humedad, favoreciendo el desenvolvimiento de las mudas y tornando la plantación económicamente más viable (Flor 2014).

2.2.1.4 Fertilización

La definición de un régimen de fertilización forestal requiere el conocimiento de la fertilidad del suelo a ser plantado y a la demanda nutricional del material genético, de forma a determinar la cantidad, el tipo, la época y la manera de aplicación del fertilizante (Do Vale et al 2014).

La fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento de las mudas y obtener una alta productividad de madera. El cálculo de la cantidad de fertilizante a ser utilizado, la definición del tipo de formulación más adecuada y la época de aplicación están relacionadas a la productividad esperada (Castro 2011).

Según EMBRAPA (2006) como las plantaciones de eucalipto son normalmente hechas en suelos marginales, es necesario que se fertilice. La cantidad

de fertilizante va a depender del tipo y nivel de fertilidad del suelo, de modo general, se aplican:

- a) De 25 a 50 g de N (nitrógeno) por planta, menores dosis para mayores tenores de materia orgánica en el suelo.
- b) De 50 a 100 g de P_2O_5 (fosforo) de acuerdo con la textura del suelo, mayores tenores para suelos más arcillosos.
- c) De 20 a 40 g de K_2O (potasio) por planta conforme al tenor del elemento en el suelo, se recomienda que el nitrógeno y el potasio sean aplicados en dos etapas, mitad de época de la plantación (inicio de lluvias) y el restante al final de la época lluviosa.

Paiva et al (2011) mencionan dos tipos de fertilización;

- a) Fertilización de arranque consiste en realizar antes o después de la implantación, la fertilización antes de la plantación, se realiza junto con el subsolado o con dos pozos laterales a las mudas, a una distancia de 15 cm de la planta y 10 cm de profundidad, aplicando el 50% a cada pozo
- b) Fertilización de cobertura: debe ocurrir cuando las mudas presentan una fijación completa, eso ocurre aproximadamente 40 a 60 días después de la plantación, esta fertilización consiste en la aplicación de NPK 20-00-20 o 10-00-20.

2.2.2 Etapa de plantación

2.2.2.1 Espaciamento

Por espaciamento, se entiende el área de espacio necesario para el crecimiento y desenvolvimiento de la planta. El espaciamento entre plantas definirá la densidad, o sea, la cantidad de mudas a ser colocadas en una determinada área, debe ser definido en función a la especie, grado de mejoramiento, fertilidad de suelo y los objetivos de la plantación, considerándose que el espaciamento es más expresiva en el crecimiento de diámetro que en el de altura. En general los suelos de

mayor fertilidad son capaces de soportar un mayor número de plantas por área. El planeamiento de la densidad de la plantación debe tener en cuenta este hecho y el objetivo es lograr el máximo rendimiento por área. El mejor espaciamiento es aquel que produce el máximo de madera en tamaño, forma y calidad con el menor costo, en una determinada área (Castro 2011).

El espaciamiento entre líneas o entre plantas debe ser verificado a lo largo de la operación para evitar errores los cuales después no pueden ser más corregidos (Paiva et al 2011).

Según Flor (2014) la tentativa más viable tal vez sea la de considerar espaciamientos y número de árboles por hectárea, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Cálculo total de plantas por espaciamiento por hectárea

Ítem por espaciamiento	Espaciamiento entre plantas	Total por hectárea
1	3,00 x 1,00	3.333,33
2	2,00 x 2,00	2.500,00
3	3,00 x 2,00	1.666,66
Promedio	2,00 x 2,00	2.500,00

Fuente: Flor (2014)

Espaciamientos menores como 3 m x 1,5 m, pueden ser usados para producción de leña. Espaciamientos mayores, como 3 m x 3 m pueden ser usados para material con alta tasa de crecimiento como clones. Si la madera es destinada a leña, postes y celulosa, normalmente son cortadas a los 6 a 7 años y no es necesario el raleo (EMBRAPA 2006).

2.2.2.2 Implantación

Es la etapa donde las plantas son retiradas de los envases que lo contienen, ya sea las macetas o tubetes y se procede a incorporarlas al lugar definitivo donde se desarrollarán. Es realizada mediante la utilización de herramientas como palas en caso de las macetas; y en caso de los tubetes las herramientas son más sencillas, en algunas veces las mismas son ideadas en el campo mismo. Las épocas recomendadas

para realizar las plantaciones deberán coincidir con la meses de menor evapotranspiración potencial, a fin de utilizar la humedad contenida en el suelo, además, deberán coincidir con meses de menor insolación en intensidad. Analizando lo precedentemente mencionado, corresponden a los meses de marzo a setiembre. Algo muy importante que mencionar, que debido a su versatilidad el *Eucalyptus* sp, puede ser plantado fuera de estos meses siempre y cuando estén dadas las condiciones de humedad (INFONA 2013).

Según Paiva et al (2011) las mudas a ser plantadas deben poseer algunos parámetros de calidad. Por lo tanto, para producir o adquirir mudas del mercado es aconsejable hacer una evaluación de calidad de las mismas, para garantizar el éxito en la plantación. Los principales parámetros a ser observados en relación a las mudas de eucalipto son:

- a) Altura entre 20 y 40 cm
- b) Diámetro de cuello mínimo de 2mm
- c) Muda en el centro del tubete o maceta
- d) Ausencia de ataque de plagas y enfermedades
- e) Sistema radicular bien formado
- f) Muda erecta (sin inclinación acentuada)
- g) Muda sin daños físicos
- h) Sin síntoma de deficiencia de nutrientes
- i) Ausencia de plantas invasoras y de brotaciones

Para Castro (2011) es importante que el suelo este húmedo y que la operación sea realizada en días lluviosos, en general la plantación es hecha en el inicio del periodo de lluvias. Y recomienda algunos aspectos importantes como:

- a) Efectuar la implantación en días lluviosos o nublados
- b) Regar bien las mudas antes de la plantación
- c) Procurar concentrar el mayor número de personas en los días de plantación

- d) Llevar para el área de plantación solo la cantidad suficiente de mudas para las actividades del día
- e) Tener el máximo cuidado al manosear las mudas, nunca agarrar las mudas por las hojas.
- f) Retirar con cuidado de los recipientes, sea macetas o tubetes. Las macetas deben ser recogidas y eliminadas, los tubetes pueden ser reutilizados.
- g) Colocar muda en el centro del pozo, en posición vertical
- h) Llenar totalmente el pozo con tierra al plantar la muda, teniendo cuidado de no enterrar la parte aérea o por encima de la región del cuello.
- i) Presionar un poco la tierra a lado de la muda, para darle firmeza.
- j) En sitios arenosos, no dejar partes cóncavas con grandes profundidades en torno a la muda. En esa situación, las mudas pueden quedar enterradas debido al movimiento del suelo.

2.2.3 Etapa pos plantación

2.2.3.1 Reposición

Esta operación que se realiza de forma manual, es bastante costosa, sin embargo, debe ser hecha siempre que hay índices de fallas superiores al 5% o incluso por debajo de este valor. Debe ser realizado, en un máximo de 30 días después del plantío, utilizándose mudas con mismo patrón de calidad de las plantadas inicialmente (Paiva 2011).

Sin embargo Castro (2011) afirma que si el porcentaje de fallas es inferior al 5% no hay necesidad de reposición, a no ser que las fallas estén concentradas, posean manchas, o claros. El replante también deberá ser hecho en días lluviosos, tomándose los mismos cuidados utilizados en la plantación. En caso del que replante demore un tiempo mayor, un espacio superior a 2 meses, se corre el riesgo de tener plantas dominadas.

2.2.3.2 Control de malezas

El eucalipto en su fase inicial, es muy sensible a la competencia con plantas indeseables. Por lo tanto, es importante realizar corpidas, que pueden ser mecánicas o por aplicación de herbicidas. Después del cuarto o quinto año, la plantación puede ser asociada con animales (EMBRAPA 2006).

Según Do Vale et al (2014) el control debe ser hecho tanto en la línea como en la entrelínea de plantación. La competencia de malezas es el principal factor reductor de la productividad, porque además de competir por luz y nutrientes, compiten fuertemente por la disponibilidad de agua, por eso es esencial que se realice el adecuado control para asegurar el vigor del crecimiento de la plantación.

Según Castro (2011) existe un espacio de tiempo después de la implantación en que la especie forestal cultivada puede convivir con las plantas dañinas, antes que la interferencia se asiente definitivamente y reduzca significativamente la producción. Los periodos de mayor cuidado son hasta antes del final del segundo año, después de la implantación, teniendo igual siempre vigilado y actuar cuando sea preciso. El manejo del área limpia mejora el desenvolvimiento de las plantas, facilita el control de hormigas y actúa como forma de protección contra incendios forestales.

Los productores deben tener cuidados especiales al realizar el control de malezas en la línea de plantación, visto que los herbicidas comúnmente utilizados son sistémicos no selectivos, que manejados de manera inadecuada, puede perjudicar considerablemente el crecimiento de plantas por influencias en su metabolismo. Es muy frecuente, en condiciones de campo, encontrar plantas afectadas por el efecto deriva de herbicida. El consumo de herbicida depende del grado de infestación, del tamaño y desenvolvimiento de la vegetación, de forma general se aplica entre 120 y 250 litros de herbicidas por hectárea (Do Vale et al 2014).

2.2.3.3 Cosecha

Para Machado (2011), la cosecha forestal puede ser definida como un conjunto de operaciones efectuadas en rodal, cuyos objetivos es la preparación y la extracción de la madera hasta el local de transporte, haciendo uso de técnicas y normas establecidas, con la finalidad de transformarla en el producto final. La cosecha, es la parte más importante desde el punto de vista económico, y consta de etapas tales como:

- a) Corte: Es la primera etapa de la cosecha, y tiene gran influencia en la ejecución de operaciones siguientes. Comprende las operaciones de apeo, desramado, troceado, apilado.
- b) Extracción: Se refiere al traslado de madera desde el área de corte hasta el camino, corredor o patio intermediario
- c) Carga: Esta operación es el medio de conexión entre la extracción y el transporte forestal secundario o principal.

El ciclo de corte está ligado al objetivo final de la madera, de acuerdo como el material genético, los controles, la región y tipo de suelo, el ciclo de corte podrá ser menor (Do Vale 2011).

La cosecha se realiza en tiempo más corto cuando las plantaciones tienen fin energético (5 a 7 años), es por medio de la tala rasa, eliminando todos los individuos de una vez, pudiéndose manejar los rebrotes posteriormente. Aquí los rebrotes tienen una rapidez de crecimiento mayor a aquellos individuos recién plantados, gracias al sistema radicular ya instalado en el suelo (INFONA 2013).

2.3 Biomasa

La biomasa se refiere a toda materia orgánica que proviene de la biosfera, tales como árboles, plantas, desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz,

macadamia), del aserradero (podas, ramas aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros) (De Leon 2010).

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: entre ellos están los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas, estos se usan generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, hacia la sustitución de combustibles fósiles (De Leon 2010).

La biomasa energética de base forestal puede presentarse como leña, virutas, pelets, briquetas, residuos industriales de madera, residuos de la cosecha de los bosques plantados e incluso como fragmentos triturados ("hogged fuel") de la poda de árboles urbanos. A pesar de un uso muy popular, todo este proceso es muy improvisado, por la falta de buenos proyectos de ingeniería, con escasos intentos de fortalecimiento de sus mercados, con un gran número de trabas en la red productiva y con escasa visibilidad en términos de costes, márgenes de contribución, resultados y potenciales competitivos comparables a otros combustibles de origen fósil o incluso de biomasa (bagazo de caña, paja de cereales, bambú, etc.) (Foelkel 2016).

Foelkel (2016) también cita las fuentes energéticas primarias de biomasa se obtienen productos tales como:

- a) Leña;
- b) Chips de madera;
- c) Residuos forestales triturados o convertidos en virutas;
- d) Residuos de procesos de industrialización mecánica de la madera (Aserrín, cáscaras, astillas, palillos, rebaños, costaneras, post de Lijado, sobras de procesos, etc.);
- e) Residuos agrícolas y de la industrialización de los productos agrícolas (Cáscara y paja, etc.);
- f) Péletes y briquetas;
- g) Podas de árboles urbanos

Y de las fuentes energéticas secundarias de biomasa:

- a) Carbón vegetal;
- b) Madera tostada;
- c) Bioóleo;
- d) Lignina energética;
- e) Biogás de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos;
- f) Gas obtenido por la gasificación de biomasa;
- g) Etanol lignocelulósico;
- h) Licor negro kraft;

2.4 Crecimiento de plantaciones

El crecimiento de las plantaciones representa la formación de valores o de ingresos en los emprendimientos forestales. Por lo tanto, también representa el valor del volumen de la madera que crece en la plantación anualmente y el rendimiento. Cualquier volumen anual de madera retirada, por cortes hechos en la plantación, representa transformación de bienes, activos y riquezas. La transformación de activos podrá ser representada en metro cubico o en metro estéreo. Un m^3 es igual a 1,4 metro estéreo y un metro estéreo es igual a $0,714 m^3$. Sin embargo, habiendo la necesidad de ser establecida una plantación, dentro de un objetivo planeado, para producir maderas en menor tiempo y menor extensión de tierras, se debe considerar el rendimiento vertical (Flor 2014).

Los factores directamente relacionados con el crecimiento y la producción de un rodal de eucalipto son: edad de rodal, capacidad de productiva del lugar y la densidad de plantación. La capacidad productiva es indicada por el índice del área, que expresa la capacidad de lugar para producir madera, siendo consecuencia de acción e interacción de factores de densidad del rodal (árboles, volumen o área basal por hectárea e índices de densidad del rodal) expresan el grado de ocupación del lugar y la competencia entre árboles (Do Vale 2011).

Campos y Leite (2013) consideran que el crecimiento de una masa forestal se expresa por los siguientes tipos:

- a) Incremento corriente anual (ICA): Corresponde al valor del aumento de la producción en el periodo de un año. Generalmente es expresado en hectárea, como todos los otros tipos de crecimiento
- b) Incremento medio anual (IMA): Es la producción hasta una determinada edad dividida por esa edad, es decir, la tasa media aumento de producción Desde la implantación de la población hasta una edad particular
- c) Incremento periódico (IP): Es la diferencia de producción entre dos edades al azar.
- d) Incremento periódico anual: (IPA): Representa la diferencia de producción entre dos edades divididas por periodos, en años.

2.5 Viabilidad económica

Según Rezende y Donizette (2011) consiste en verificar si los ingresos inherentes en el proyecto superan a los costos necesarios. Tanto costos, como ingresos son valores directos, observados del punto de vista privado.

Da Silva et al (2008) comentan que el manejo de plantaciones forestales envuelve las actividades relacionadas con implantación, crecimiento, mantenimiento, cosecha y comercialización de la producción. Algunas características especiales que presentan son:

- a) Largo tiempo de producción: la producción forestal normalmente requiere alta inversión inicial y su retorno son a largo plazo
- b) Producto final y factor de producción: Cuando se cosecha, en realidad este es el corte del propio factor de producción; en ese momento surge una importante decisión, de cuál es la mejor edad para el corte.
- c) Producción no siempre se convierte en valores económicos: Con la producción de madera, que es lo único con valor en el mercado, la

plantación produce otros factores benéficos indirectos como protección contra erosión, producción de agua, regulación del caudal de los ríos, captura de CO₂, entre otros productos, donde muchas veces el productor es no remunerado

- d) Relación entre tres factores de producción: El sector utiliza los tres factores de producción en forma equitativa: Tierra, capital y trabajo.
- e) Dependencia de condiciones naturales: El sector forestal depende de condiciones naturales, como suelo, clima, plagas y enfermedades requiriendo de un planeamiento minucioso para tomar decisiones que después repercuten en la producción futura.

Para Da Silva et al (2008), los costos de producción consisten en los gastos efectuados por una firma, en recursos empleados para producir un producto. Los costos pueden ser explícitos o implícitos.

- a) Costos explícitos, gastos hechos por la firma, los cuales son entendidos como gastos de la firma, o sea, pagos por factores de producción utilizados.
- b) Costos implícitos, gastos provenientes del uso de recursos propios, no envuelve un desembolso monetario. Ejemplo: costo de oportunidad

La evaluación económica de un proyecto se basa en su flujo de caja, que consiste en los costos y los beneficios distribuidos a lo largo de la vida útil del emprendimiento. El beneficio líquido es obtenido por la diferencia entre beneficios y costos asociados al proyecto, durante el periodo de tiempo (Da Silva et al. 2008).

El mismo autor detalla que comprende aquellos métodos en que se considera la variación del capital en el tiempo. Ellos son: valor presente líquido (VPL o VAN), tasa interna de retorno (TIR), relación beneficio/costo (R B/C), valor periódico equivalente (VPE).

2.5.1 Valor actual neto

Puede ser definido como la suma algebraica de valores actualizados de flujos de efectivo asociados con ella. La viabilidad económica de un proyecto analizado por método del VAN, es indicada por la diferencia positiva entre ingresos y costos, actualizados de acuerdo con la determinada tasa de descuento. Cuanto mayor es el VAN, más atractivo será el proyecto, cuando el VAN es negativo, el proyecto será económicamente inviable. La característica esencial del método del VAN es el descuento para este, de todos los flujos de caja esperados como resultados de unadecisión de investimento, esto es, a fin de satisfacer el requisito básico, según el cual las opciones deben ser comparadas solamente si las consecuencias monetarias fueran medidas en un punto común de tiempo (Rezende y Donizzete 2011).

Da Silva et al (2008) describen al VAN como la diferencia en el valor presente de los ingresos, menos el valor presente de los costos. El proyecto que presenta VAN mayor que cero (positivo) es económicamente viable, siendo considerado el mejor, aquel que tiene mayor VAN. Para el uso de este método es necesaria la definición de una tasa de descuento. Algunas consideraciones a tener cuenta son:

- a) Cuando se altera la tasa de descuento, el orden de preferencia también puede variar.
- b) Este es uno de los métodos que posee menos falla, la mayoría de las situaciones conducen al resultado correcto.
- c) El método no considera el horizonte del proyecto, es decir, si los proyectos analizados tienen diferentes duraciones o el tiempo de envejecimiento. Existe la necesidad de corregir los horizontes. Por ejemplo: La edad optima de corte de cinco años y la edad optima de corte de diez años
- d) El VAN lleva implícitamente a consideración el tamaño del proyecto o el volumen del capital invertido

Según INFONA (2013), el valor presente neto es un indicador económico generalmente utilizado para evaluar la rentabilidad de una inversión, es la sumatoria de los valores actuales netos de cada año de vida de un proyecto determinado. Con los flujos netos de caja por año, podemos calcular el VAN de una plantación forestal; si la sumatoria de estos valores de cada año arroja un valor positivo, significa que el proyecto es rentable. Si resultara un valor negativo significa que el proyecto no es rentable.

2.5.2 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos al valor presente de los costos, o sea, iguala el VAN a cero. También puede ser entendida como tasa porcentual de retorno de capital invertido. En proyectos convencionales existe solo una TIR, y en aquellos no convencionales se puede encontrar más de una tasa de anulación del VAN. Luego se debe escoger la tasa más coherente, real y no negativa (Da Silva 2008).

Para el INFONA (2013) la tasa interna de retorno es un índice de rentabilidad promedio o ganancia que queda luego de pagar todos los costos en que se incurren en un proyecto. Es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la rentabilidad de un proyecto y se calcula en base a los datos del flujo neto de caja. Se puede considerar como ventajosa una inversión cuando su TIR es mayor que la rentabilidad de otras inversiones, o en su defecto el interés que paga una caja de ahorros, conocida también como costo de oportunidad.

El criterio del TIR está normalmente asociado a estudios de viabilidad económica, en que se busca verificar su rentabilidad de determinada inversión, si es superior, inferior o igual al costo del capital que será utilizado para financiar el proyecto. Un proyecto será considerado viable económicamente si su TIR fuera mayor que una tasa de descuento correspondiente para la tasa de remuneración alternativa del capital, usualmente denominada tasa mínima de atractividad (Rezende y Donizette 2011).

2.5.3 Valor Periódico Equivalente

Según Silva et al (2005), este criterio es obtenido transformando el valor actual del proyecto, es decir, el VAN, en flujo de ingresos o costos periódicos y continuos, equivalentes al valor actual, durante la vida útil del proyecto. Este criterio tiene la ventaja de permitir la comparación de proyectos con duraciones diferentes.

Rezende y Donizette (2011) comentan que la comparación de proyectos que presentan horizontes de tiempo diferentes se espera sean posibles de producir, anualmente, igual cantidad de bienes con la misma calidad, o sea, se supone que los proyectos puedan ser replicados y renovados en las mismas condiciones iniciales, lo que no siempre es posible.

Al utilizar el procedimiento del VPE, se debe llevar en cuenta que, en el caso de la operación puede estar en un proyecto de mayor duración, se puede dejar de considerar las posibilidades de innovaciones técnicas en las diferentes operaciones comparadas. Generalmente, en virtud de la posibilidad de innovaciones técnicas en el futuro, o proyecto de menor duración permite producir más barato y con más ventaja. Así, la empresa que opta por el proyecto de menor duración podrá disfrutar beneficios anticipados con las referidas innovaciones (Rezende y Donizette 2011).

2.5.4 Relación beneficio/costo

Consiste en calcular la relación entre el valor actual de los ingresos y el valor actual de los costos. El proyecto que es económicamente viable presenta una relación beneficio costo mayor o igual a 1 (uno), el proyecto es más viable económicamente, cuando mayor es la relación B/C (Da Silva et al 2008).

Segun Rezende y Donizette (2011) es una metodología de análisis que trata de cuantificar en unidades monetarias los costos y beneficios de una acción, proyecto o programa desde el punto de vista de la sociedad. El objetivo de este análisis es corregir los errores que ocurre en los precios señalados por el mercado o su ausencia debido a monopolios, tasas, impuestos, subsidios, externalidades, bienes públicos,

producción conjunta (funciones interdependientes). Existe poco uso en el sector forestal puede, sin embargo, ser entendido examinando las características de las inversiones, dentro de las cuales se destacan la marcante presencia de productos no comercializables (externalidades) y un largo periodo de tiempo pasado entre las inversiones realizadas y el retorno de los beneficios.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en 7 empresas que cuentan con plantaciones forestales con fines energéticos de la Región Oriental del Paraguay, específicamente localizadas en los departamentos de Alto Paraná, Caaguazú, Caazapá, Guaira, Itapúa, Paraguari y San Pedro, distribuidas según se observa en la Figura 2.

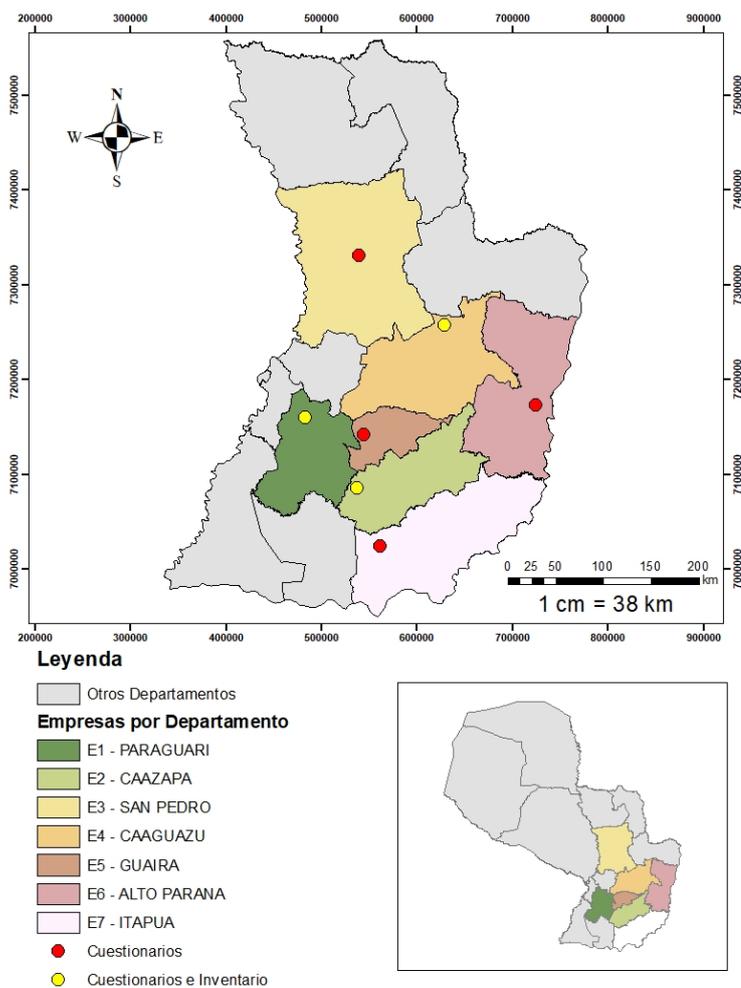


Figura 2. Localización del área de estudio.

Se expone con identificación alfanumérica a las distintas empresas para guardar la confidencialidad de datos de las mismas. La empresa 1 se encuentra ubicada en el Departamento de Paraguarí, la empresa 2 correspondiente al departamento de Caazapá, la empresa 3 ubicada en San Pedro, la empresa 4 en Caaguazú, la empresa 5 en Guairá, la empresa 6 en Alto Paraná y la empresa 7 ubicada en Itapuá. En la Figura 2 se identifican con puntos amarillos a las empresas donde se aplicaron cuestionarios y además se ha realizado inventario; con puntos rojos se identifican a las empresas donde solamente han sido aplicados cuestionarios para dar cumplimiento al primer objetivo específico.

3.2 Población de unidades y variables de medición

Para esta investigación la población en estudio correspondió a las plantaciones forestales con fines energéticos del Paraguay. Se totalizaron siete empresas, donde se aplicó cuestionarios a cada una de estas y se realizó inventario en tres de ellas.

Para la selección de las empresas se consideró las que cuentan con plantaciones clonales, con superficie mayor a 100 hectáreas y se realizó inventario en las empresas que poseen plantaciones con fines energéticos de entre 2 a 4 años de edad.

Se caracterizó detalladamente, en primer lugar, a la empresa y luego todo lo que engloba al proceso de plantación que incluye desde la preparación previa de terreno, las actividades silviculturales, hasta la cosecha, la mano de obra que requieren estas y los respectivos productos finales provenientes de las plantaciones.

Se identificaron los factores críticos realizando una lista con problemas que afectan al sector de plantaciones energéticas, los encuestados aportaron nuevos factores a lista y luego se priorizo asignándoles una numeración siendo el 1, el factor más crítico.

Se midieron variables dendrométricas tales como altura y DAP (diámetro a la altura de pecho) y se estimó el área basal, volumen e IMA según material genético en las plantaciones.

Así también se colectaron datos referentes a los costos e ingresos de las empresas, con los cuales se estimaron los indicadores económicos VAN, TIR, R B/C y VPE, también se realizó un análisis de sensibilidad con las variables de precio de venta e IMA.

3.3 Descripción del proceso metodológico

3.3.1 Caracterización de plantaciones forestales con fines energéticos.

Los cuestionarios fueron aplicados a 7 empresas, quedando el nombre de las mismas en confidencialidad por pedidos explícitos de las mismas, en algunos resultados solo nombrando la cantidad de empresas que realizan cierta actividad sin identificar cuál específicamente con sus números asignados, en otro caso se asignó para la empresa 1 “E1”, empresa 2 “E2”, empresa 3 “E3”, empresa 4 “E4”, empresa 5 “E5”, empresa 6 “E6” y empresa 7 “E7”.

La caracterización se realizó mediante un cuestionario (ver apéndice). El mismo, se estructuró de la siguiente manera: información de localización e identificación de la empresa, seguido de la información donde se identifica la persona entrevistada, quedando estos datos como confidenciales.

La caracterización de las plantaciones incluyó datos tales como el gremio al cual se encuentra relacionada la empresa, superficie total de la empresa, la superficie total plantada, principales materiales genéticos utilizados por las empresas, también se identificó si la plantación se realizó bajo alguna normativa legal.

En los datos técnicos del proceso de plantación se incluyen las actividades realizadas en la limpieza previa a la preparación de terreno, canalización, control de hormigas, plantación, superficie anual plantada, meses de plantación, riego,

reposición, utilización de hidrogel, análisis de suelo, tamaño de los rodales, fertilización, encalado, control de malezas, cosecha y manejo de rebrotes.

También se caracterizó los datos de venta del producto final que generan las empresas para el mercado o para su autoconsumo, detallando el producto, el precio y la unidad de medida en que son vendidos los mismos.

Finalmente, se detalló si la empresa es prestadora de servicios, y/o si la empresa terceriza servicios, esto se diferenció por cada actividad en el proceso de plantación.

3.3.2 Identificación y priorización de los factores críticos de las plantaciones forestales con fines energéticos.

Se realizó mediante un cuestionario (ver apéndice), que sirvió para que se identifique y priorice los factores críticos que afectan al segmento de plantaciones forestales con fines energéticos del país, en este cuestionario se identificaron los factores que influyen en el segmento marcando con una (x) los factores críticos detallados por los entrevistados, sucesivamente se priorizo los marcados numerándolos donde 1 (uno) fue asignado al factor más crítico.

3.3.3 Estimación del crecimiento de plantaciones forestales con fines energéticos.

Para la estimación del crecimiento, primeramente, se contactó con las empresas, donde estas proporcionaron los shapes correspondientes a las plantaciones, y sus respectivas delimitaciones de rodales por material genético y año de plantación.

En caso de no diferenciar mediante las imágenes satelitales las zonas en donde inician y finalizan la delimitación de los rodales, con la compañía de un técnico de campo de la empresa se procedió a quitar puntos geográficos en los esquineros, y luego se llevó a gabinete para la elaboración de los mapas con mayor exactitud.

En gabinete se procedió a la elaboración de mapas mediante el software ArcGis, delimitando los rodales y asignando una codificación para estos, en caso de que las empresas no cuenten con las mismas.

Luego se procedió a la distribución de puntos en los rodales de forma aleatoria, utilizando la herramienta *random points*. Concluido esto se conectaban los aparatos de GPS al computador para la carga de los puntos con sus respectivas codificaciones y coordenadas geográficas, concluido esto se procedía a la impresión del mapa para el traslado y manejo en campo.

Mediante el GPS, se llegó a los puntos establecidos, se instalaron las parcelas de forma rectangular en la dirección más norte posible, no incluyendo dentro de las parcelas en ningún caso las dos primeras líneas del borde de los rodales.

Las parcelas instaladas son permanentes para posteriores mediciones, las mismas cuentan con dimensiones de 20 m de largo x 25 m de ancho, se delimitaron con cinta métrica, esta era extendida desde la entrelínea donde cayeron los puntos aleatoriamente (*random points*).

En cada parcela instalada se pintó el árbol 1 a los 1; 1,30 y 1,60 metros respectivamente, y se marcó nuevamente un punto con el GPS, que llevaba la codificación del Rodal, el número de Parcela y se le agregaba la letra “C” (campo) para la posterior carga del nuevo punto en gabinete, este quedó como el punto de ubicación para las mediciones futuras.

También, se colocó una estaca de color amarillo delante del árbol 1 con la codificación del rodal y parcela siendo otro indicador del primer árbol. Posteriormente se procedió a marcar los árboles extremo con un semi círculo en la dirección a medir, el último árbol de cada parcela se pintó con 2 círculos a los 1 y a los 1,60 metros respectivamente como se ilustra en la Figura 3.

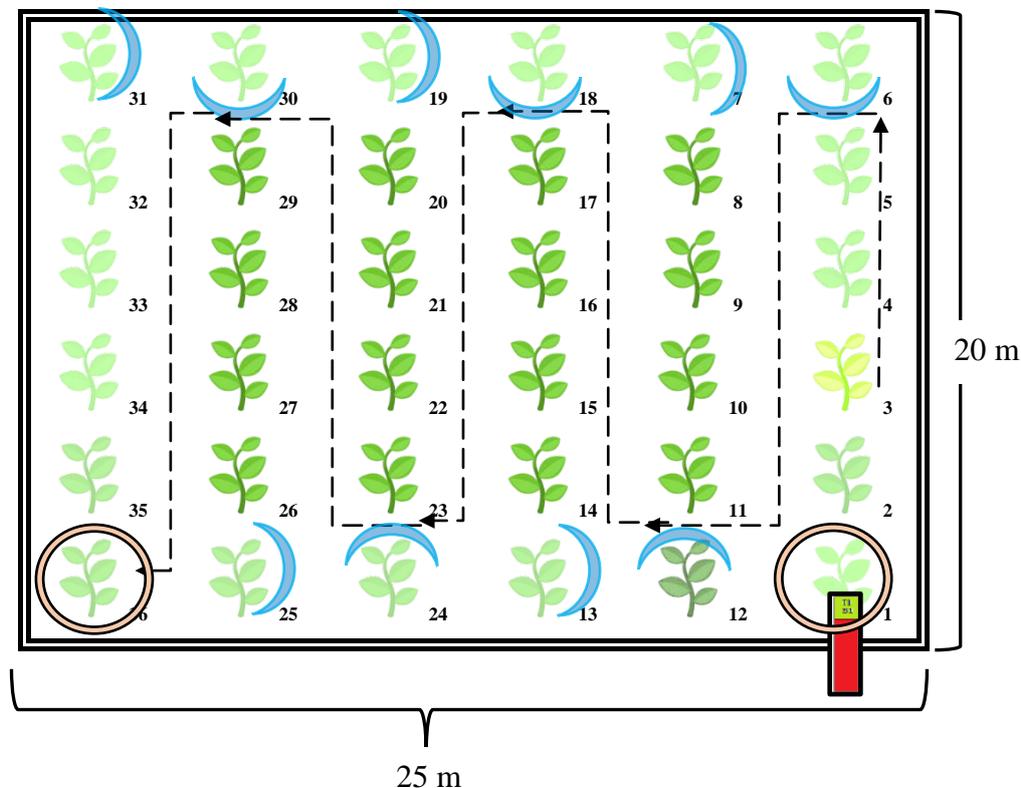


Figura 3. Diseño de la parcela instalada.

Una vez instalada las parcelas se procedió a las mediciones correspondientes, utilizando cinta diamétrica para DAP y clinómetro para la altura, mediciones que fueron registradas en una planilla impresa de campo (ver apéndice), donde se detalla el N° de árbol, DAP, altura, y se procedía a la asignación de la letra “M” en caso de mortandad del individuo, la letra A si era bifurcado arriba de los 1,30 m y la letra B en caso de ser bifurcado bajo los 1,30 m, en caso de ser bifurcados bajo los 1,30 m se medían ambos fustes y se sacaba el promedio posteriormente en gabinete.

Posteriormente, se realizó la carga de planillas al formato digital.

En gabinete y con el software Microsoft Office, se realizó los cálculos determinando área basal, volumen e IMA donde se estratifico por material genético y edad.

Se realizó inventario en la empresa 1, en la empresa 2, y en la empresa 4, detallándose a continuación las particularidades específicas de cada una de las empresas.

3.3.3.1 Empresa 1

La plantación correspondiente a la empresa se encuentra ubicada en la compañía Cerro León, distrito de Paraguarí, departamento de Paraguarí de la Región Oriental, Paraguay. Se sitúa entre las coordenadas sur -25.566912 y oeste -57.145048 . El inventario se realizó en una superficie de 200 hectáreas, por poseer los parámetros de edad y cantidad de superficie requerida previamente establecidos, en donde el suelo predominante es Alfisol (MAG 1995) que abarca la mayor parte de la propiedad.

La empresa no contaba con las imágenes y shapes correspondientes, por lo tanto, se procedió a la descarga de la imagen Google Earth, con el programa ArcGis esta se georreferenció, delimitando los rodales con asignación de codificaciones propias.

Se distribuyeron de forma aleatoria los puntos para la instalación de parcelas como se observa en la Figura 4 , posteriormente se realizó la carga en el GPS y se trabajó en campo con las mediciones.

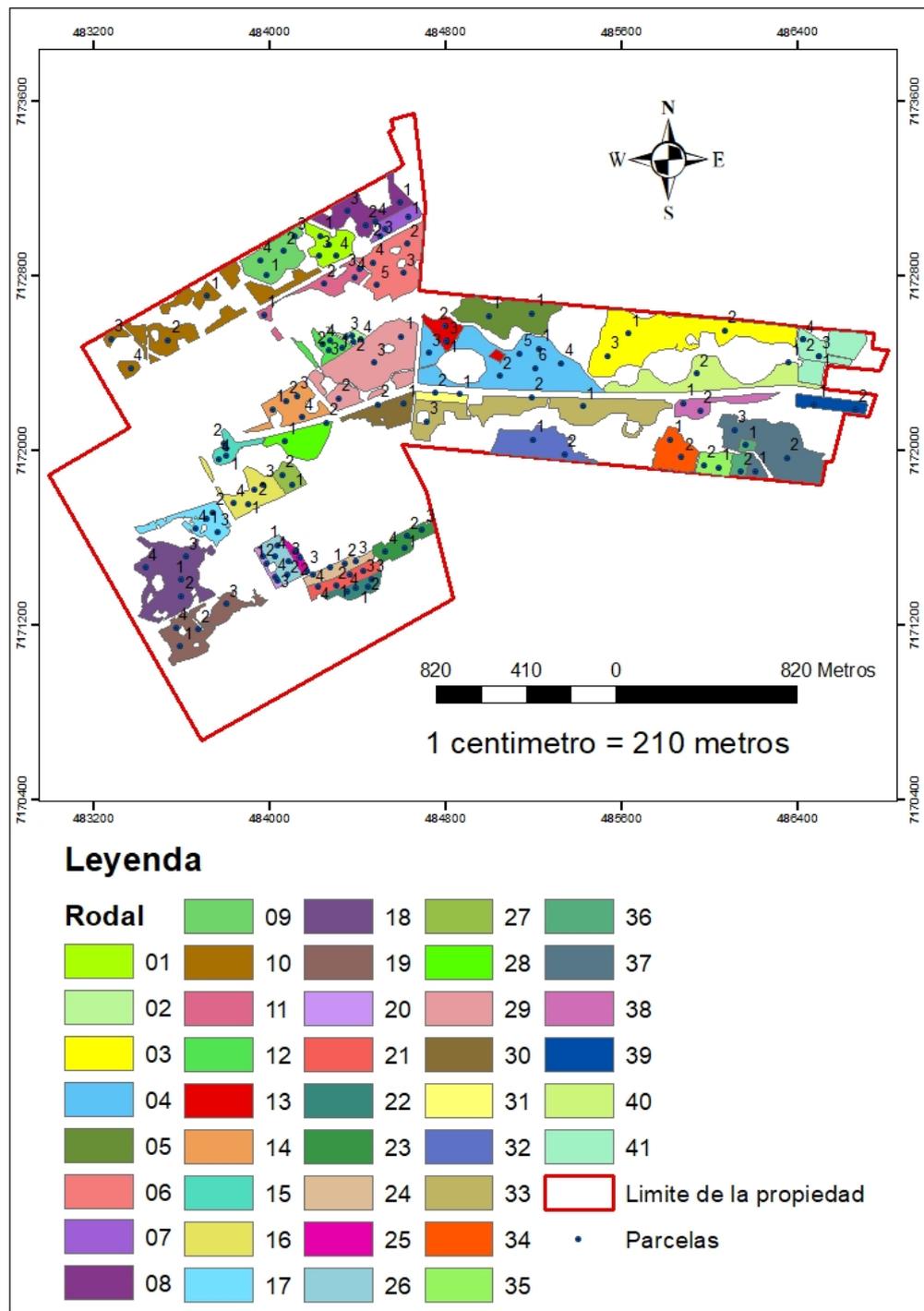


Figura 4. Delimitación de rodales y ubicación de Parcelas en la Empresa 1

Se delimitaron 41 Rodales, totalizando la instalación de 132 parcelas. Los materiales genéticos con que cuenta la plantación son I44, VM01, A08, I407, A217, I44, AEC2034, AEC211, KL103, AR01, KL108.

Tabla 2. Características principales de los rodales inventariados en la E1.

Rodal	Superficie (ha)	Edad (años)	Material Genético	Espaciamiento (m)	Cantidad. de parcelas
1	2,82	2,17	I144	4 x 2	4
2	0,52	2,33	VM01	4 x 2	4
3	16,00	2,50	VM01	4 x 2	3
4	29,45	2,50	VM01	4 x 2	6
5	5,66	2,50	VM01	4 x 2	2
6	6,30	2,25	VM01	4 x 2	3
7	1,56	2,17	I144	4 x 2	4
8	4,26	2,17	I144	4 x 2	4
9	4,12	2,17	I144	4 x 2	4
10	8,52	2,25	VM01	4 x 2	4
11	2,64	2,33	A08	4 x 2	4
12	1,87	2,33	A08	4 x 2	4
13	1,85	2,50	I407	4 x 2	2
14	3,42	2,42	A08	4 x 2	4
15	1,40	2,42	VM01	4 x 2	4
16	3,44	2,33	A217	4 x 2	4
17	3,15	2,08	A08	4 x 2	4
18	8,24	2,08	A08	4 x 2	4
19	5,19	1,92*	I144	4 x 2	4
20	0,59	0,92*	AEC2034	4 x 2	4
21	2,03	2,25	AEC2111	4 x 2	4
22	1,48	2,00	VM01	4 x 2	4
23	2,25	2,00	VM01	4 x 2	4
24	1,69	2,25	KL103	4 x 2	4
25	0,70	2,25	KL103	4 x 2	3
26	2,09	2,25	AR01	4 x 2	4
27	1,35	2,33	KL108	4 x 2	3
28	3,03	2,42	VM01	4 x 2	2
29	10,83	2,42	VM01	4 x 2	3
30	2,65	2,42	I407	4 x 2	2
31	0,89	2,42	I407	4 x 2	2
32	4,62	2,25	VM01	4 x 2	2
33	10,31	2,42	VM01	4 x 2	3
34	2,93	2,25	VM01	4 x 2	2
35	1,51	2,25	VM01	4 x 2	2
36	1,18	2,25	VM01	4 x 2	2
37	8,64	2,25	VM01	4 x 2	2
38	2,18	2,50	I144	4 x 2	2
39	1,77	2,50	I144	4 x 2	2
40	1,91	2,42	I144	4 x 2	2
41	6,70	2,50	I407	4 x 2	2

Fueron inventariados 41 rodales, en donde se instalaron parcelas permanentes, en los rodales 19 y 20 fueron instaladas las parcelas y posteriormente

medidas pero no se incluyeron en los cálculos por no poseer los parámetros establecidos previamente para sus análisis (edad menor a 2 años), quedando así instaladas para futuras mediciones. Para el análisis se agruparon los rodales que poseen la misma edad y el mismo material genético.

3.3.3.2 Empresa 2

El inventario se realizó en una de las fincas perteneciente a la empresa 2, la plantación estaba ubicada en el distrito de Moisés Bertoni en el departamento de Caazapá de la Regio Oriental, Paraguay. Se sitúa entre las coordenadas de referencia sur -26.3534050 y oeste -56.6811560. El inventario se realizó en una superficie de 292 hectáreas, por poseer los parámetros de edad y cantidad de superficie requerida previamente establecidos, en donde el suelo predominante es el Ultisol (MAG 1995) que abarca la mayor parte de la propiedad.

La empresa subdividía en dos sectores su plantación dentro de la misma finca, la primera denominada P.A Norte, y la segunda P.A. Sur. Contaban con codificación propia de los rodales, proporcionados por el encargado del área. Se procedió a la delimitación de rodales y la carga de puntos en donde se instalaron las parcelas, como se observa en la Figura 5 para P.A Norte, y Figura 6 para P.A Sur.

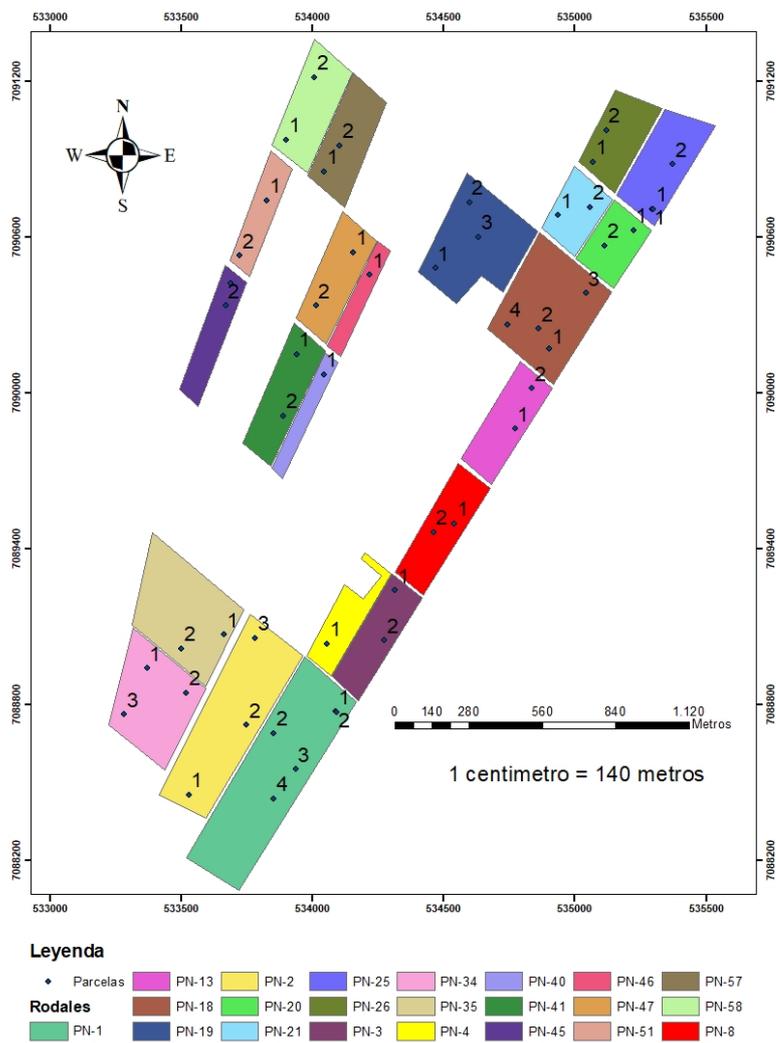
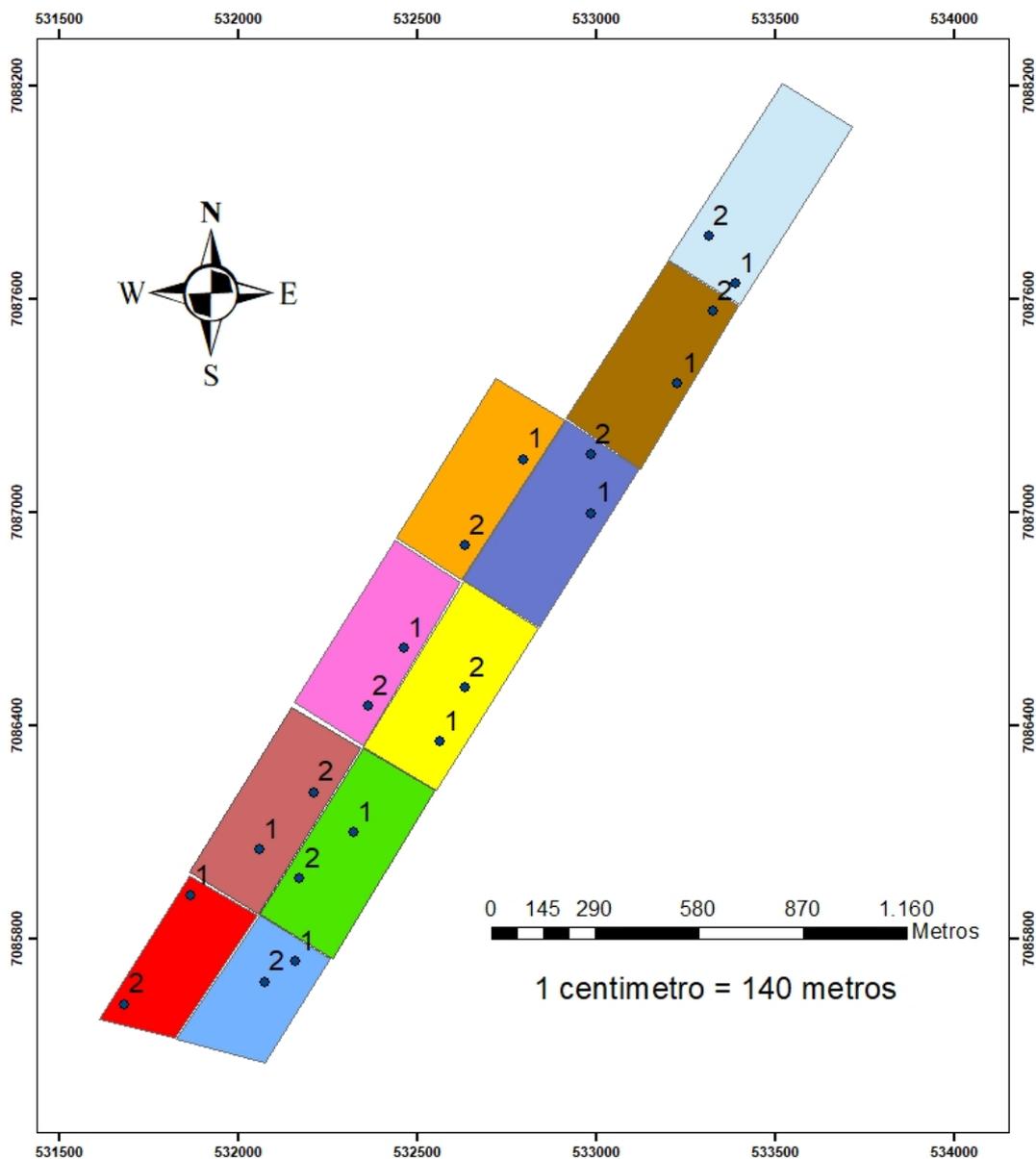


Figura 5. Delimitación de rodales y ubicación de parcelas P.A Norte.

Se delimito los rodales PN - 4, PN - 40 y PN - 46 y se instalaron parcelas en los mismos, pero en estos no se realizo la medición correspondiente por inconvenientes en el campo, quedando así instaladas para futuras mediciones.



Rodal

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  PS-11 |  PS-16 |  PS-31 |  PS-39 |
|  PS-13 |  PS-24 |  PS-32 |  Parcelas |
|  PS-15 |  PS-25 |  PS-38 | |

Figura 6. Delimitación de Rodales y ubicación de parcelas P.A Sur.

Se delimitaron 32 Rodales, donde se descartaron 3, por inconvenientes en el campo, quedando para el análisis finalmente 29 rodales en donde se instalaron un total de 65 parcelas. Las plantaciones corresponden a los materiales genéticos A08 y VM01.

Tabla 3. Características principales de los rodales inventariados en la E2.

Rodal	Superficie (ha)	Edad (años)	Material	Espaciamiento (m)	Cantidad de parcelas
PN01	21,56	3	VM01	4 x 2	4
PN02	16,83	3	VM01	4 x 2	3
PN03	6,46	3	VM01	4 x 2	2
PN08	7,01	3	VM01	4 x 2	2
PN13	6,79	3	VM01	4 x 2	2
PN18	14,28	3	VM01	4 x 2	4
PN19	12,19	3	VM01	4 x 2	3
PN20	4,86	3	VM01	4 x 2	2
PN21	4,70	3	A08	4 x 2	2
PN25	8,00	3	VM01	4 x 2	2
PN26	6,28	3	A08	4 x 2	2
PN34	10,99	3	A08	4 x 2	3
PN35	13,22	3	VM01	4 x 2	2
PN41	7,07	3	A08	4 x 2	2
PN45	4,82	3	VM01	4 x 2	2
PN47	6,90	3	A08	4 x 2	2
PN51	4,30	3	VM01	4 x 2	2
PN57	7,41	3	VM01	4 x 2	2
PN58	7,49	3	A08	4 x 2	2
PS11	13,82	3	VM01	4 x 2	2
PS13	12,84	3	VM01	4 x 2	2
PS15	13,11	3	VM01	4 x 2	2
PS16	11,73	3	A08	4 x 2	2
PS24	13,14	3	VM01	4 x 2	2
PS25	11,89	3	A08	4 x 2	2
PS31	12,96	3	VM01	4 x 2	2
PS32	12,19	3	A08	4 x 2	2
PS38	9,05	3	VM01	4 x 2	2
PS39	9,54	3	A08	4 x 2	2

Se observa las características principales de los rodales seleccionados para el inventario, para el análisis se agruparon los rodales que poseen la misma edad y el mismo material genético.

3.3.3.3 Empresa 4

La empresa se encuentra ubicada en el distrito de Pindo, correspondiente al departamento de Caaguazú de la Región Oriental, Paraguay. Está situada entre las coordenadas de referencia sur -24.491361 y oeste -55.331395. El inventario se realizó en una superficie de 22 hectáreas, por poseer los parámetros de edad y cantidad de superficie requerida previamente establecidos, en donde las porciones de suelo destinadas a las plantaciones forestales corresponden al orden de tierras misceláneas (MAG 1995).

La empresa realiza las plantaciones en las zonas que no considera productiva para cultivos agrícolas y los rodales quedan separados en gran distancia unos de otros.

Esta empresa cuenta con plantaciones tanto clonales como seminales. Se identificaron con los shapes proporcionados por el encargado del área, los rodales correspondientes a clones y se procedió a la delimitación de rodales de estos y la ubicación de puntos para las parcelas.

Una parte de la plantación se vio afectada por heladas y otra por incendios, en una parte de estos se realizó un manejo de rebrote y en otra aun no, por tal motivo no se realizó el inventario en esos rodales.

Con la asignación de códigos de los rodales por el encargado de empresa se elaboró el mapa para la delimitación de rodales aptos para el estudio como se observa en la Figura 7

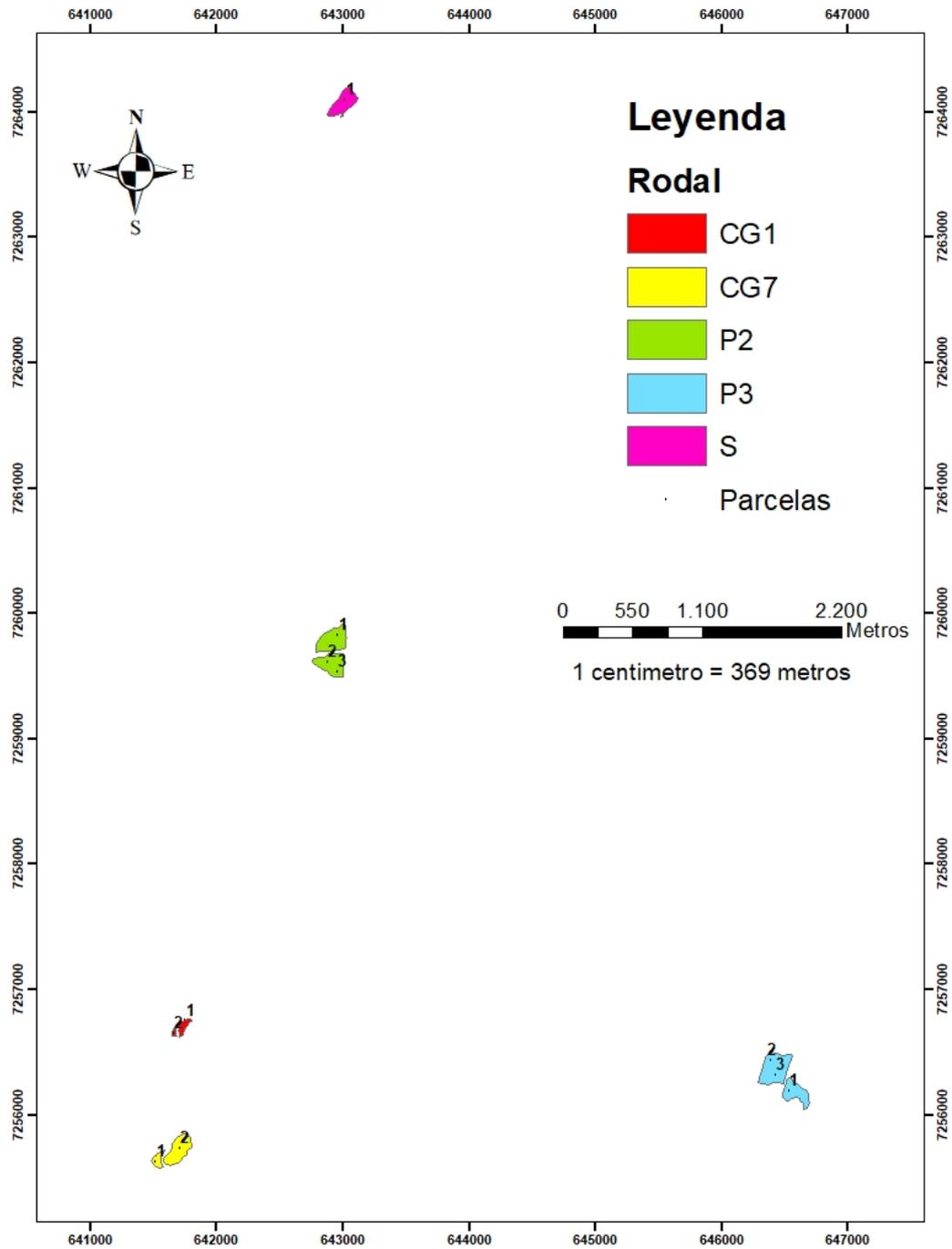


Figura 7. Delimitación de rodales y ubicación de parcelas.

Se delimitaron 5 rodales y se instalaron 11 parcelas. En esta empresa no se pudieron identificar los materiales genéticos plantados en las zonas de realización del inventario.

Tabla 4. Características principales de los rodales inventariados en la E4.

Rodal	Superficie (ha)	Edad (años)	Material genético	Espaciamiento (m)	Cant. de parcelas
S	2,81	2	Nn	3 x 3	1
P2	6,87	3	Nn	3 x 3	3
P3	7,41	3	Nn	3 x 3	3
CG1	0,90	2	Nn	3 x 3	2
CG7	3,83	2	Nn	2,5 x 3	2

Se observa las características de los rodales seleccionados con los criterios para el inventario. Para el análisis se agruparon los rodales que poseen la misma edad sin discriminar el material genético pues estos no fueron identificados, en el rodal S solo se pudo instalar una parcela debido que fue comprobado en campo que el rodal fue afectado con heladas, con lo que no se pudo realizar los cálculos significativos.

3.3.3.4 Estimaciones

Con los datos tomados a campo fue estimado el incremento medio anual de diámetro, el cual expresa el incremento promedio del diámetro a la altura del pecho de un árbol por año.

$$IMAD = \frac{DAP}{t}$$

Donde:

DAP= diámetro a la altura del pecho

t= tiempo (edad de la plantación en años)

También fue estimado el incremento medio anual de altura, la cual expresa el incremento promedio de la altura de un árbol por año.

$$IMAA = \frac{H}{t}$$

Donde:

H: altura total (m)

t= tiempo (edad de la plantación en años)

El área basal (g) fue estimado mediante la utilización de la siguiente fórmula

$$g = \frac{\pi \cdot DAP^2}{4}$$

Donde:

g= área basal

DAP= diámetro a la altura del pecho (cm)

Para la estimación de volumen, el cual expresa el incremento de volumen por hectárea a la edad correspondiente de la plantación, fue utilizada la siguiente fórmula, considerando el factor de forma utilizado por cada empresa.

$$Volumen = h \cdot g \cdot ff$$

Donde:

h=altura

g= área basal

ff= factor de forma

Después de obtener los datos de volumen de cada parcela, se realizaron los análisis estadísticos para hallar el número mínimo de muestra y así posteriormente si correspondía, estimar el crecimiento de la plantación que se expresa en IMA.

Con la siguiente fórmula fue estimado el IMA, el cual expresa el incremento medio anual de volumen por hectárea y por año.

$$IMA = \frac{V}{t}$$

Donde:

IMA= Incremento medio anual

V= volumen

t= tiempo (edad de la plantación)

3.3.4 Estimación de la viabilidad económica de las plantaciones forestales con fines energéticos del Paraguay

Se realizó la recolección de datos a través de los cuestionarios (ver apéndice), donde se contemplaron los costos e ingresos estimados por las empresas. De las 7 empresas encuestadas, 5 de ellas fueron las que proporcionaron los datos para las estimaciones realizadas.

Dentro del cuestionario, estos datos colectados se detallaban en una sección acompañados de cada actividad en el proceso de producción, desde la preparación de terreno hasta la cosecha, se asignaba una casilla en donde se registraba el costo que incluía la maquinaria utilizada, el insumo y la mano de obra, en las empresas que realizaban las actividades por medio de prestadores de servicio se registraba directamente el costo total de la actividad.

Los ingresos se detallaron en la sección de ventas por producto, donde estos tenían un valor final para su venta al mercado.

En el software Microsoft Excel, se procedió a la carga de datos realizando una tabla con cada actividad donde se detallaba cada costo e ingreso por ha, posteriormente se realizó el flujo de caja, se actualizó cada costo e ingreso y se estimó la viabilidad aplicando las fórmulas correspondientes a cada indicador económico. Para estos cálculos se utilizó la tasa de interés (7,95 %) ofrecida por el Banco Nacional de Fomento.

3.3.4.1 Empresa 1

3.3.4.1.1 Costos e ingresos

En la Tabla 5 se puede observar los costos proporcionados por el encargado de la Empresa 1, para la elaboración del flujo de caja del escenario base de la plantación, detallando el costo total promedio por actividad.

Tabla 5. Costos correspondientes a la empresa 1.

	Actividad	Año	Costos (US\$/ha)
	Limpieza	0	50
	Preparación de terreno	0	242
	Fertilización	0	
Combo	Plantación	0	505
	Reposición	0	
	Control de Hormigas	0	72
	Control de malezas	0 a 3	
Combo	Mantenimiento de caminos	0 a 3	212
	Control de fuegos	0 a 3	
	Control de malezas	4 - 5	
Combo	Mantenimiento de caminos	4 - 5	76
	Control de fuegos	4 - 5	
	Corte final (apeo, troceado, desalijo)	5	1.650
	Manejo de rebrote*	6	72
	Picado (chips)	5	750
	Transporte (chips)	5	207

Observación: Mano de obra e insumos ya incluidos

Se detalla las actividades del ciclo de producción que fueron consideradas, algunos costos de las actividades se proporcionaron de forma individual y otros por combos, mientras que el manejo de rebrote se realiza una vez terminado el ciclo.

En esta empresa los combos de fertilización, plantación y reposición se producían todos en el año 0, con un costo por ha de 505 US\$. Y el otro combo corresponde a las actividades de Control de malezas, mantenimiento de caminos y control de fuegos con un costo de 212 US\$/ha durante el año 0 al año 3, y de 76 US\$/ha en los años 4 y 5.

No se incluyó en los cálculos la primera actividad de la segunda rotación; el manejo de rebrotes planificado para el año 6.

Todos los costos del proceso de producción ya incluyen mano de obra e insumos según la actividad correspondiente.

Los ingresos obtenidos son detallados en la Tabla 6.

Tabla 6. Ingresos en la empresa 1

Actividad	Año	Ingresos (US\$/ha)
Venta de chips	5	7.500

Se detalla que el ingreso de la empresa se produce en el año 5, con la venta de chips a 7.500 US\$/ha. La empresa considera rotaciones a los 5, 10 y 15 año de la plantación. El análisis del flujo de caja se realizo para el ciclo de rotación correspondiente al año 5.

3.3.4.2 Empresa 2

3.3.4.2.1 Costos e ingresos

En la Tabla 7 se observa los costos proporcionados por la Empresa 2 para cada actividad en el proceso de producción.

Tabla 7. Costos correspondientes a la Empresa 2.

Actividad	Año	Costos (US\$/ha)
Canalización	0	170
Mantenimiento de canalización	0 a 5	17
Rastra pesada	0	390
Rastra liviana/niveladora	0	50
Subsolado/taipeado	0	80
Mudas	0	315
Fertilización	0	550
Pre Emergente	0	303
Plantación	0	
Combo Reposición	0	96
Control de Hormigas	0	
Control de malezas	1-2	72
Corte final (hasta el borde del camino)	5	2.100
Manejo de rebrote	5	82
Caminos	0 a 5	55
Tractorista	0 a 5	5

Observación: los costos de insumos y mano de obra están incluidos.

Se detallan los costos por actividad durante todo el ciclo, con sus especificaciones. Las actividades de plantación, reposición y control de hormigas se realizan por medio de un combo teniendo un costo total de 96 US\$/ha. Para el

análisis flujo de caja de esta empresa si se incluyo el manejo de rebrotes por que realizan la actividad en el año 5.

Los costos de insumos y mano de obra ya están estipulados en los costos finales por actividad.

En la Tabla 8 se puede observar los ingresos correspondientes.

Tabla 8. Ingresos correspondientes a la Empresa 2

Actividad	Año	Ingresos (US\$/ha)
Venta de leña	5	4.700
Venta de chips	5	3.800

Se observa que la empresa tiene como ingreso al año 5, la venta de leña y de chip con 4.700 y 3.800 US\$/ha respectivamente. La empresa considera rotaciones a los 5, 10 y 15 años. El análisis del flujo de caja de esta empresa se realizo para el ciclo de rotación correspondiente al año 5.

Para la estimación de la viabilidad económica fueron estimados los siguientes indicadores financieros.

3.3.5 Valor Actual Neto

Es la diferencia del valor presente de los ingresos menos el valor presente de los costos (Silva et al. 2005). El proyecto que presenta el VAN mayor que cero (positivo) es económicamente viable, siendo considerado el mejor aquel que presenta mayor VAN. Así:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

$\frac{I_j}{(1+i)^j}$ = valor actual de los ingresos;

$\frac{C_j}{(1+i)^j}$ = valor actual de los costos;

i = tasa de interés;

j = periodo en que los ingresos o costos ocurren; y

n = número máximo de periodos.

3.3.6 Tasa Interna de Retorno

El proyecto que presenta la mayor TIR será considerado el mejor, siendo considerado económicamente viable cuando la TIR es mayor a la tasa mínima de atractividad. (Silva et al. 2005). Su fórmula está dada por:

$$\sum_{j=0}^n I_j(1+\text{TIR})^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+\text{TIR})^{-j}$$

I_j = valor actual de los ingresos;

C_j = valor actual de los costos;

i = tasa de interés;

j = periodo en que los ingresos o costos ocurren;

n = número máximo de periodos.

3.3.7 Relación beneficio costo

Según Silva et al. (2005) consiste en calcular la razón entre el valor actual de los ingresos y el valor actual de los costos. El proyecto será económicamente viable si presenta la razón B/C mayor a 1.

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n I_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}}$$

I_j = valor actual de los ingresos;

C_j = valor actual de los costos;

i = tasa de interés;

j = periodo en que los ingresos o costos ocurren;

n = número máximo de periodos.

3.3.8 Valor Periódico Equivalente

Este criterio transforma el valor actual del proyecto o su VAN en flujo de ingresos o costos periódicos y continuos, equivalente al valor actual, durante la vida útil del proyecto. Para determinar el VPE es necesario primeramente obtener el VAN de cada proyecto y su duración (Silva et al. 2005). El proyecto es considerado económicamente viable si el VPE resulta mayor a cero (positivo).

$$VPE = \frac{[VAN * i]}{[1 - (1+i)^{-n}]}$$

VAN = valor actual neto;

i = tasa de interés;

n = número máximo de periodos.

3.3.9 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad fue estimado para la empresa 1, del escenario base se consideraron variaciones de $\pm 20\%$ en el precio de venta de chip y el incremento medio anual. Con respecto a al costo de la tierra, se incluyó el costo de la tierra base de 3.500 US\$/ha y también se consideraron variaciones $\pm 20\%$ teniendo en cuenta el escenario base de la empresa, que se observa en la tabla siguiente.

Tabla 9. Variables consideradas en el Análisis de sensibilidad.

Variables	Pesimista	Base	Optimista
Costo de la tierra (US\$/ha)	4.200	3.500	2.800
IMA (m ³ /ha/año)	24	30	36
Precio de venta (US\$/m ³)	16	20	24

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las plantaciones forestales con fines energéticos.

4.1.1 Gremios

En la Figura 8 se pueden observar los gremios a los cuales se encuentran relacionadas las empresas.

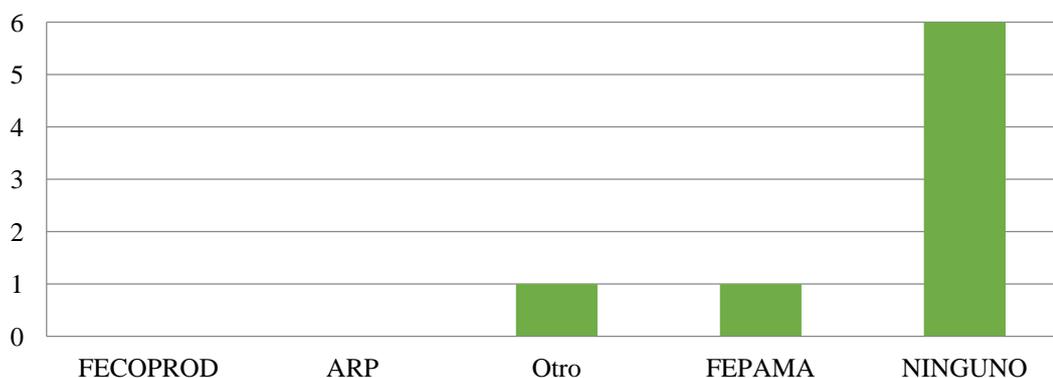


Figura 8. Gremios relacionados a las empresas.

Se observa que 6 empresas no se encuentran relacionadas a ningún gremio, mientras que 1 empresa se relaciona a la FEPAMA (Federación Paraguaya de Madereros), y 1 empresa a otro gremio.

4.1.2 Sector

En la Figura 9 se puede observar el sector en el que se definen las empresas en el sector forestal.

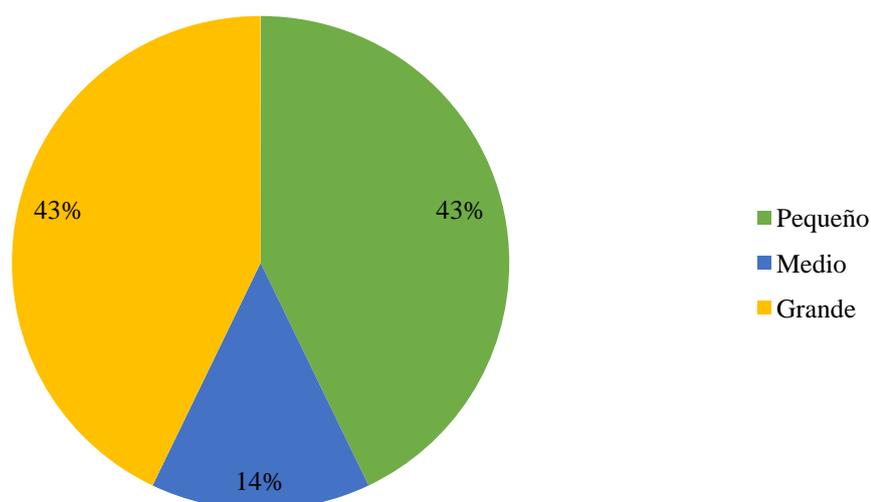


Figura 9. Sector al que pertenecen en porcentajes las empresas.

Se expone que el 43 % de las empresas se consideran grandes, el mismo porcentaje se considera pequeño y el 14 % se define como mediano en el sector forestal.

4.1.3 Área de la empresa

En la Tabla 10 se puede observar la superficie total por empresa y la superficie que designan a plantaciones forestales energéticas.

Tabla 10. Superficies totales y superficies plantadas por empresa

Empresa	Superficie total (ha)	Superficie plantada (ha)
E3	20.000	581
E2	10.500	6.500
E4	8.300	300
E5	6.018	4.000
E7	4.900	250
E6	600	476
E1	280	200
	50.598	12.307

Se observa que en la Empresa 3 posee la mayor superficie total con 20.000 ha, dedicando a plantaciones forestales 581 ha. La empresa 2 posee una superficie total de 10.500 ha, y plantadas 6.500 ha.

La Empresa 4 cuenta con plantaciones de 300 ha en una superficie total de 8.300 ha, mientras que la Empresa 5 con 6.018 ha totales plantó en 4.000 ha y la Empresa 7 en 4.900 ha designa 250 a plantaciones.

Por su parte la Empresa 6 y la Empresa 1 poseen superficies totales de 600 y 280 ha plantado en 476 y 200 ha respectivamente.

4.1.4 Normativa

En la Figura 10 se puede observar si las plantaciones fueron plantadas bajo una normativa legal.

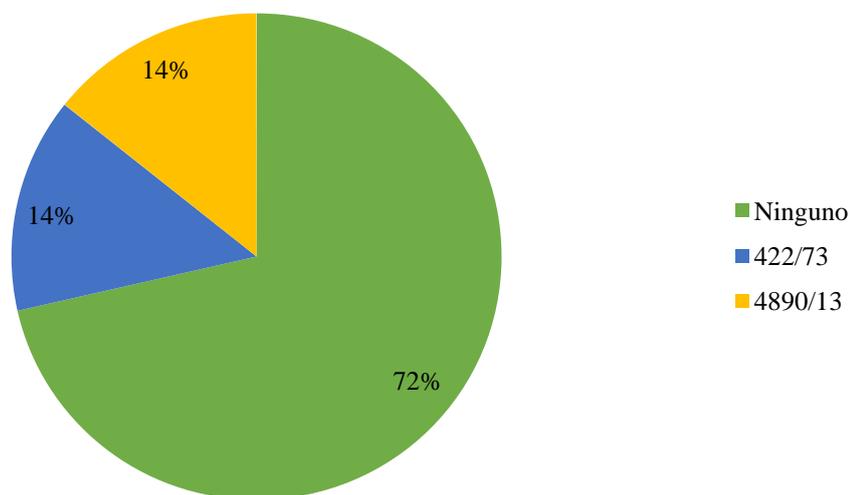


Figura 10. Normativas legales bajo las cuales se realizaron plantaciones al menos una parte de las plantaciones.

Se puede observar que, de las 7 empresas, el 72% no realizaron su plantación bajo ninguna normativa legal.

Por su parte el 14 % la realizó al menos alguna parte de su plantación bajo la “Ley Forestal 422/73 y el otro 14 % bajo la ley 4890/13 “Derecho real de superficie forestal”.

4.1.5 Financiamiento

En la figura se puede observar si el financiamiento de las empresas se realizó con fuente nacional o extranjera.

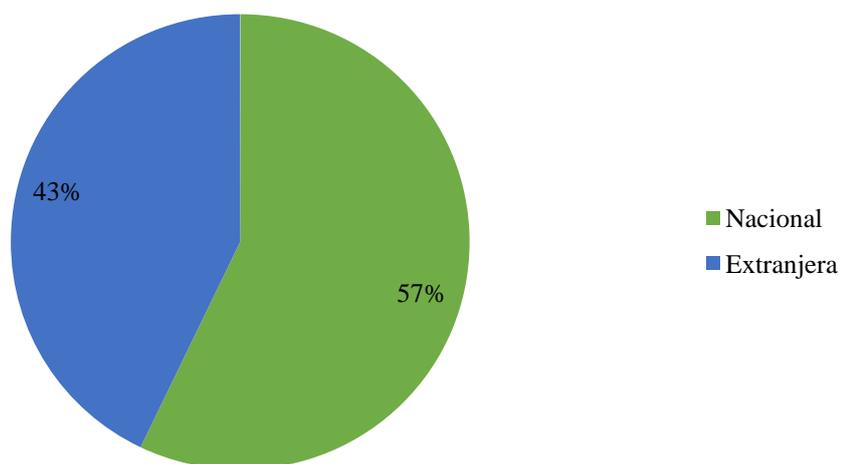


Figura 11. Fuentes de financiamiento de las empresas.

Se observa que de las 7 empresas encuestadas el 57 % realizó sus plantaciones con fuentes de financiamiento nacional, mientras que el 43 % restante por medio de fuentes extranjeras

4.1.6 Materiales genéticos

En la Figura 12 se detallan los materiales genéticos principales con los que se trabajan con mayor proporción en las empresas.

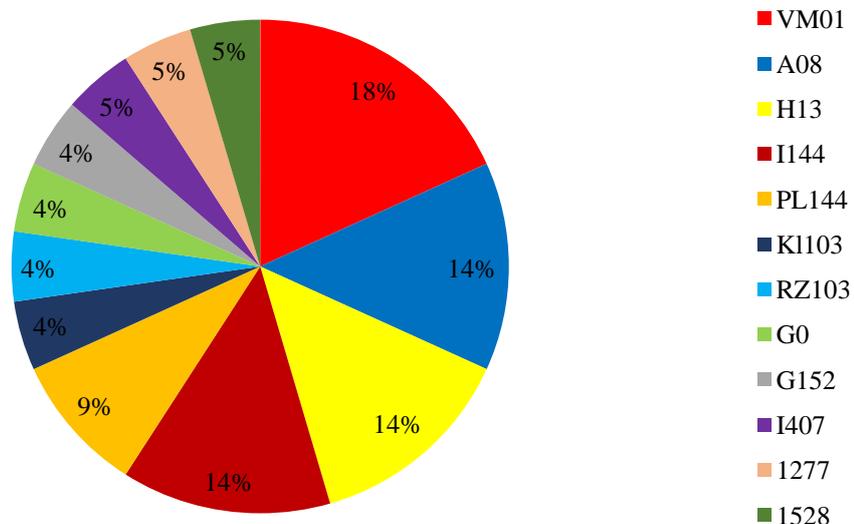


Figura 12. Materiales genéticos más utilizados por las empresas

Se detalla que, de 12 materiales genéticos proporcionados por las empresas, con un 18 % es el VM01 el material con que más empresas trabajan. Seguidos en un 14 % por el A08, el H13 y el I144. Por su parte el PL144 en un 9%

Se observa que son plantados en menor proporción con un 5 % el I407, 1277 y el 1528, y en un 4 % respectivamente los materiales K1103, RZ103, G0, G152 el 1528.

4.1.7 Espaciamento y densidad

En la Tabla 11 se puede observar los diferentes espaciamientos entre hileras y filas de árboles, y sus densidades utilizadas por las empresas en sus plantaciones.

Tabla 11. Principales espaciamientos y densidades

Empresa	Espaciamiento (m)	Densidad (p/ha)
E1	4x2	1.250
E2	4x2	1.250
E3	4x2; 3x2	1.250; 1.666
E4	3x3	1.112
E5	5x1,8; 4x 2,25	1.111
E6	3x2	1.666
E7	7,5x3 (variable)	180

En la tabla se observa que el espaciamiento 4 m x 2 m utilizado en las Empresas 1, 2 y 3 es el que más se registra con una densidad de 1.250 plantas por hectárea.

Mientras que en la Empresa 3 también realizan la plantación con espaciamiento 3 m x 2 m con una densidad de 1.666 plantas por hectárea, al igual que en la Empresa 6.

En la Empresa 4 trabajan con un espaciamiento de 3 m x 3 m y una densidad de 1.112 plantas por ha. Y en la Empresa 5 realizan la plantación con dos espaciamientos distintos de 5 m x 1,8 m y 4 m x 2,25 m.

La Empresa 7 posee una particularidad, realizan su plantación con lo que la empresa denomina consorcio agroforestal entre plantaciones forestales y cítricos, por lo que se observa un espaciamiento aproximado de 7,5 m entre hileras y 3 m entre fila de árboles.

4.1.8 Ciclo de rotación y número de rotaciones.

Las siete empresas, respondieron que para realizar el manejo de rebrotes planifican un ciclo de rotación que varían entre ellas de 5 a 7 años, en cuanto a su número de rotaciones planificadas, 5 empresas respondieron que están entre 2 a 3 rotaciones, mientras que 2 empresas no respondieron a ese ítem.

4.1.9 Limpieza previa del área.

En la Figura 13 se puede diferenciar los distintos métodos que utilizan las empresas para realizar sus limpiezas del área previa a la preparación de suelos.

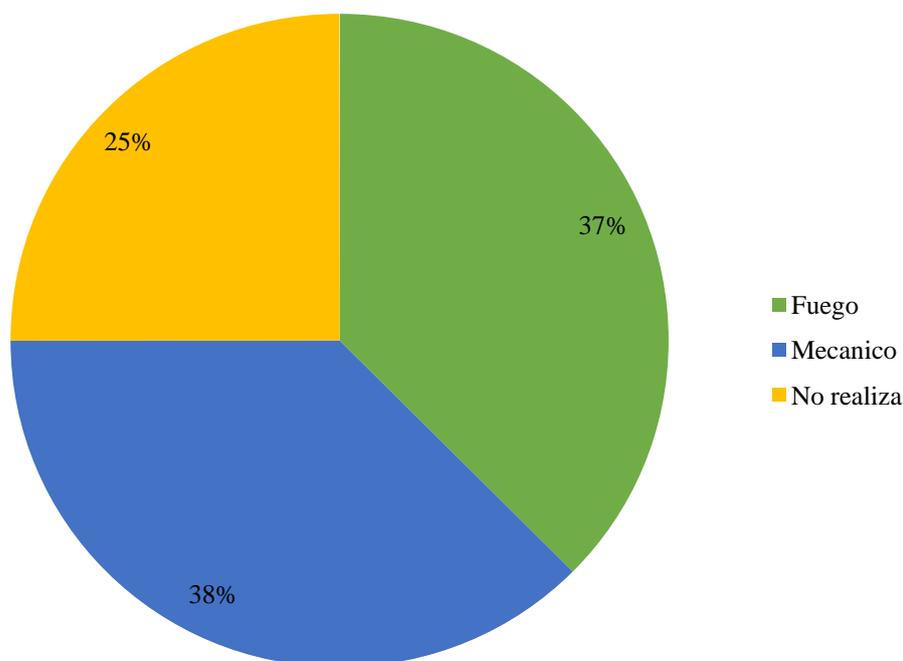


Figura 13. Métodos utilizados para la limpieza del área

Se observa que el 38 % de los métodos utilizados para limpieza del área corresponde a la forma mecanizada, mientras que 37% utiliza como método el fuego y el 25% no la realiza.

4.1.10 Preparación de suelos

De las 7 empresas encuestadas, 6 realizan la actividad de preparación de suelos en el área total de la superficie a ser plantada, mientras que una sola empresa la realiza en la línea de plantación. En la Tabla 12 se pueden observar los detalles de los implementos que utilizan, y el número de pasadas que realizan las empresas.

Tabla 12. Cantidad de pasadas según tipo de implemento.

Empresa	R. Pesada	R. Liviana	Subsolado/Taipeado	Subsolado	Taipeado	Otros
E1	3		1			
E2	3	1	1			
E3	3	1		1		
E4	2		1	1		
E5	1	2		1	1	
E6		1		1	1	
E7						1

Se expone que en la Empresas 1, 2 y 3 realizan 3 pasadas de rastra pesada, mientras que en la Empresa 4, hacen 2 pasadas y en la 5, 1 sola pasada.

En la Empresa 2, 3 y 6 realizan 1 pasada de rastra liviana a diferencia de la Empresa 5 que lo ejecuta 2 veces.

El subsolado en forma conjunta con el taipeado lo realizan en una sola pasada en las Empresas 1, 2 y 4.

Por su parte el subsolado en una pasada lo hacen la Empresa 3, 4, 5 y 6, y el taipeado de forma independiente en una sola pasada lo hacen la Empresa 5 y 6.

La empresa realiza la preparación con otro implemento, al cual ellos denominan “terroceadora”.

4.1.10.1 Época de preparación de suelos

En la Tabla 13 se puede observar los meses en que se realiza la preparación de suelos, y los días efectivos por año que poseen las empresas para dicha actividad.

Tabla 13. Meses de preparación de suelos y días efectivos de trabajo por año.

Empresa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Días efectivos
E1	■	■	■	■				■	■	■	■	■	100
E2	■	■						■	■	■	■	■	100
E3			■	■	■				■	■	■		90
E4								■	■	■	■	■	50
E5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	300
E6									■	■	■	■	90
E7	■	■	■	■									90

Se observa que la única empresa que realiza la preparación de suelos todo el año es la Empresa 5, teniendo 300 días efectivos aproximadamente.

Los meses en donde más se realiza la preparación de suelos en las empresas son de enero a abril, y de agosto a noviembre. Por su parte los días efectivos van normalmente entre 90 a 100 días.

4.1.11 Canalización

En la Figura 14 se puede observar el porcentaje de empresas que realizan canalización.

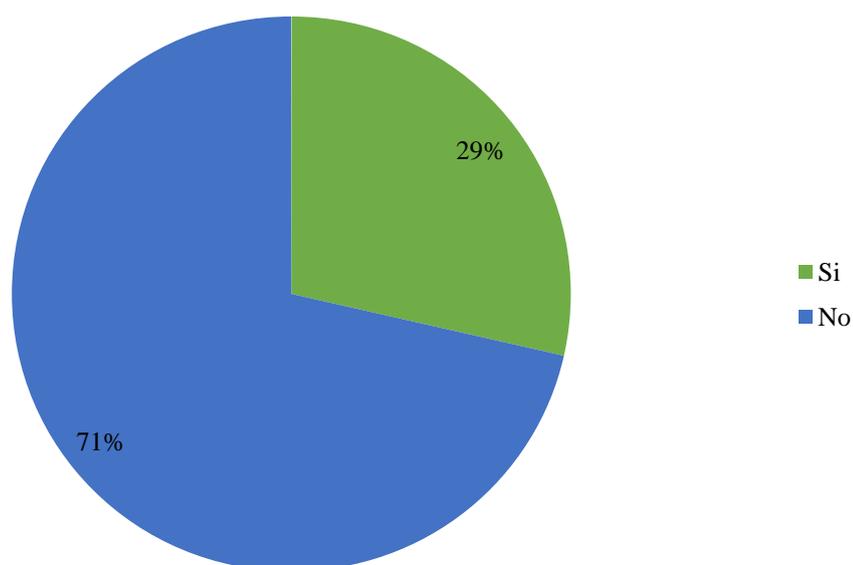


Figura 14. Porcentaje de empresas que realizan la canalización

Se expone que, de las 7 empresas encuestadas, el 71 % no realiza los trabajos de canalización, mientras que el 29 % si realiza la actividad de acuerdo a los criterios manejados por los profesionales de la empresa.

4.1.12 Control de hormigas

Para el control de hormigas todas las empresas utilizan Fipronil, con distintas formas de aplicación, en la Figura 15 se detalla los métodos más utilizados para la aplicación del mismo. Algunas empresas también utilizan productos como Clorfiplos, Formirex, Fumigocopril.

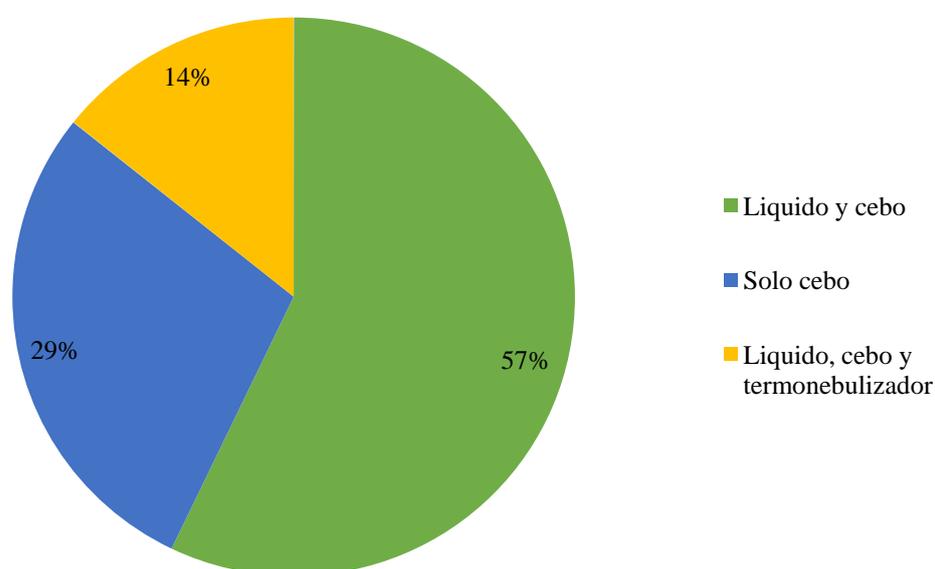


Figura 15. Porcentaje de métodos de aplicación del Producto Fipronil

Se observa que los métodos utilizados en mayor proporción son líquido y cebo en forma combinada con el 57%, mientras que el 29% de las empresas utilizan solo cebo. Y una empresa correspondiente al 14% lo realiza con líquido, cebo y termonebulizador en forma combinada.

4.1.13 Plantación

En la Tabla 14 se puede observar el método con el que las empresas realizan su plantación.

Tabla 14. Método de plantación según cada empresa

Empresa	Método
E1	Manual
E2	Manual
E3	Manual
E4	Manual
E5	Manual
E6	Manual
E7	Manual

Se puede observar que el 100% de las empresas realizan su plantación de forma manual.

4.1.13.1 Época de plantación

En la Tabla 15 se puede observar los meses en que las empresas proceden a ejecutar la actividad de plantación.

Tabla 15. Meses en que las empresas realizan las plantaciones

Empresa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
E1												
E2												
E3												
E4												
E5												
E6												
E7												

Se observa que la Empresa 5 es la única que realiza la actividad de plantación durante todo el año. También se expone que los meses de plantación que coinciden entre todas las empresas son octubre y noviembre. Mientras que enero es el mes en donde menos se realiza el trabajo de plantación.

4.1.13.2 Superficie anual plantada

En la Figura 16 se expone las superficies que plantan anualmente las empresas, expresados en hectáreas.

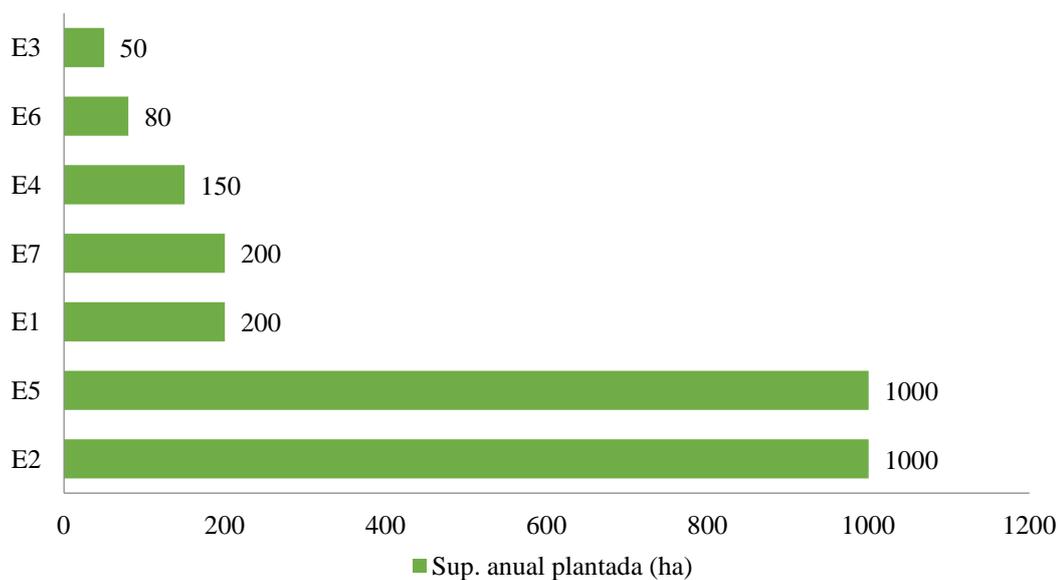


Figura 16. Superficie anual plantada por empresa

Se observa que con 1.000 ha las Empresas 2 y 5 son las de mayor superficie anual plantada. Distantemente se encuentran el resto de las empresas que están en superficies menores de plantación que oscilan entre 50 a 200 ha/anuales.

4.1.13.3 Reposición

En la Figura 17 se observa que las 7 empresas realizan reposición de sus mudas perdidas variando en los porcentajes de reposición a partir de las pérdidas.

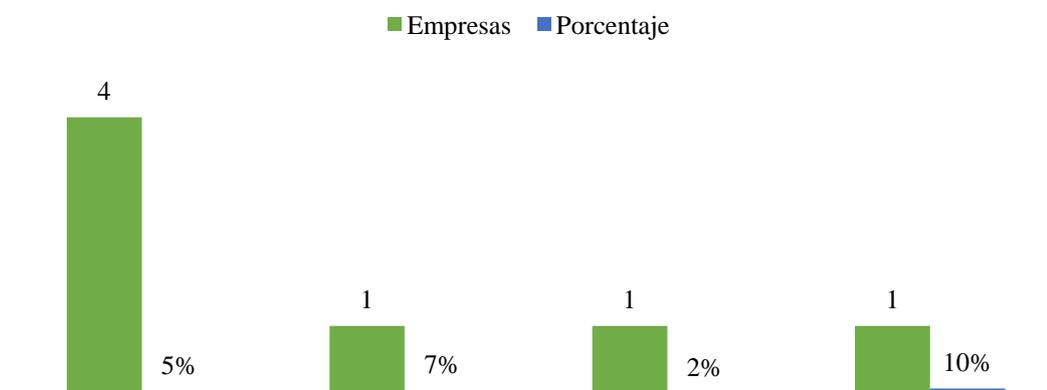


Figura 17. Empresas y porcentajes con el que se realiza la reposición,

Se expone que 4 empresas realizan reposición a partir del 5% de las pérdidas, mientras que 1 empresa lo realiza con el 7 %, 1 con el 2 % y otra con el 10 %.

4.1.14 Análisis de suelo, riego, uso de hidrogel

En la Tabla 16 se puede observar la diferencia en el número de empresas que realizan o no realizan las actividades de análisis de suelo, riego y uso de hidrogel.

Tabla 16. Cantidad de empresas que realizan el análisis de suelo, uso de hidrogel y riego

Respuesta	Cantidad de empresas		
	Análisis de suelo	Uso de hidrogel	Riego
Si	7	3	5
No	0	4	2

Se puede observar que la totalidad de las empresas realizan el análisis de suelo, mientras que 3 empresas hacen uso del hidrogel y 4 empresas no las hacen. Por su parte 5 empresas realizan riego en sus plantaciones en caso de necesidad y otras 2 no la realizan.

4.1.15 Tamaño de rodales

En la tabla Tabla 17 se detalla la cantidad mínima y máxima de hectáreas que las empresas destinan para la división de los rodales en sus plantaciones.

Tabla 17. Tamaños de rodales mínimos y máximos por empresa.

Empresa	Mínimo (ha)	Máximo (ha)
E1	0,5	70
E2	0,5	29
E3	3	30
E4	6	15
E5	No respondió	No respondió
E6	1	40
E7	No respondió	No respondió

Se observa que las mínimas están en entre 0,5 a 3 ha, mientras que la empresa 4 asigna mínimamente 6 ha. Por otro lado las máximas se detallan entre 15 a 40 ha, siendo la empresa 1 la única que supera tal superficie con 70 ha como máxima. Cada

empresa toma las decisiones de mínimos y máximos por criterios de los encargados del área.

4.1.16 Fertilización

En la Figura 18 se puede observar los gramos de fertilizantes por planta máximo, promedio y mínimo que aplican en cada empresa.

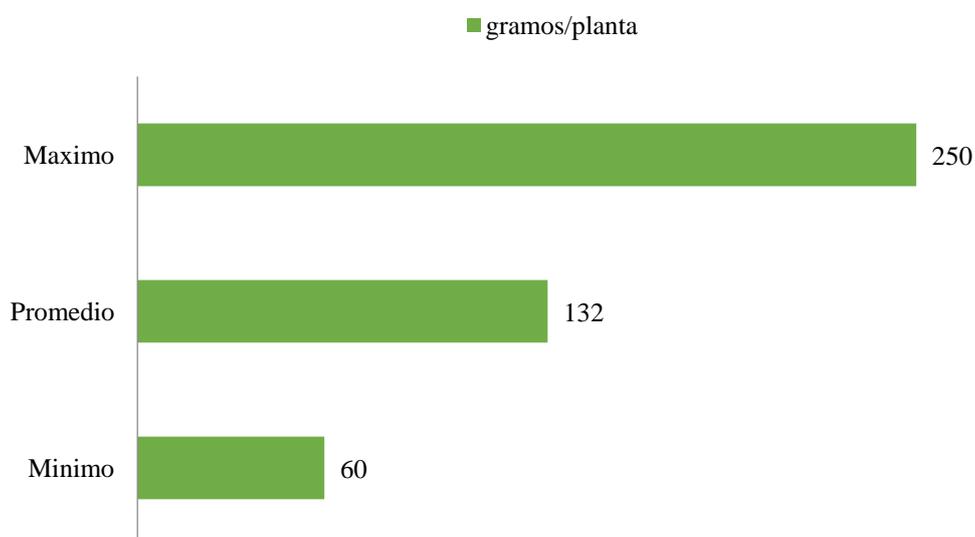


Figura 18. Máximo, promedio y mínimo de gramos aplicados por planta.

Se observa que la máxima dosis de fertilizantes que aplica una empresa es de 250 gramos por planta, mientras que el mínimo es 60 gramos por planta. Y se obtiene un promedio de 132 gramos por planta.

En esta actividad, 6 empresas aplican una sola vez sus dosis de fertilizantes mientras que la empresa 5 es la única que aplica 3 veces, formulando como se ve en la Tabla 18 siendo N, P, K respectivamente.

Tabla 18. Cantidad de aplicaciones, gramos por plantas y formulaciones.

Empresa	Cantidad de aplicaciones	g/pl	Formulación
E1	1	100	04-20-10 / 08-30-10
E2	1	100	08-20-10 + Ca + B
E3	1	150 - 60	04-30-10 / 0-0-15
E4	1	140	08-30-10
E5	3	110	04-30-10 / 0-60-60 / 10 - 00 - 30
E6	1	90	No respondió
E7	1	250	No respondió

Se observa que las principales formulaciones son para Nitrógeno entre 04 a 08, Fosforo 20 a 30, donde la empresa 5 utiliza también 60 en algunos casos, y Potasio de 10 a 15, donde también la empresa 5 utiliza 60 en algunos casos.

4.1.17 Encalado

En la Figura 19 se puede observar la diferencia en porcentajes de las empresas que realizan y no realizan encalado.

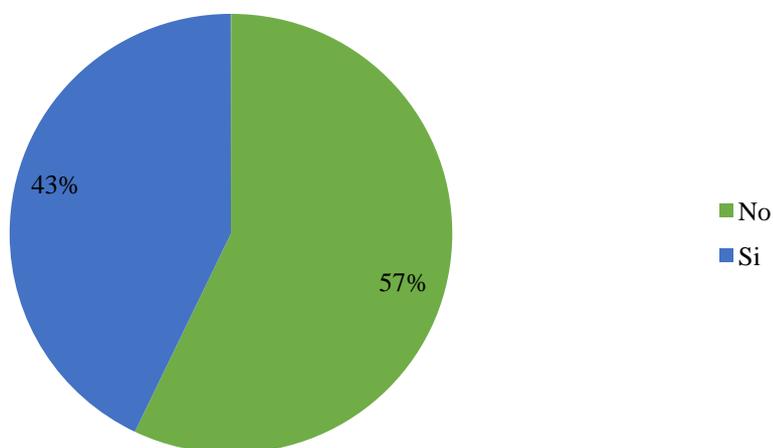


Figura 19. Porcentaje de empresas en la actividad de encalado

Se observa que el 57 % de las empresas entrevistadas no realizan encalado mientras que el otro 43 % si la realizan.

4.1.18 Control de malezas

En esta actividad las empresas difieren en las formas y métodos para el control, siendo de forma química, manual, o mecánica o en combinación de estos mismos. En las figuras 20 y 21, se detallan por separado las actividades realizadas en la línea de la plantación y entre las líneas de la plantación

4.1.18.1 En la línea de la plantación

En la Figura 20 se puede observar la cantidad de empresas y las formas de control de malezas que realizan en la línea de plantación.

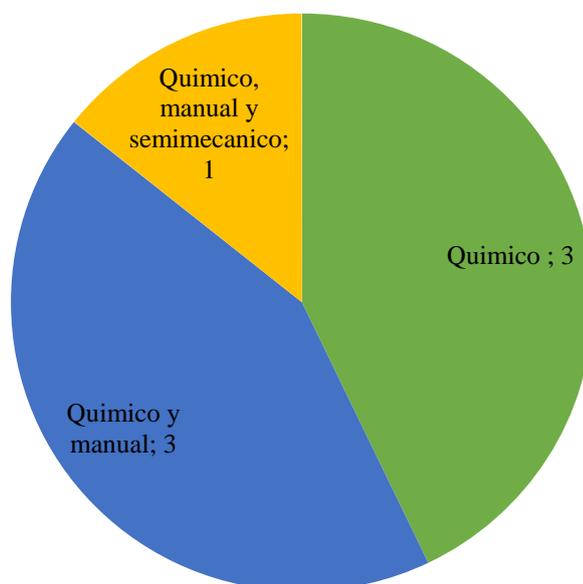


Figura 20. Métodos de control de malezas en la línea de plantación

4.1.18.2 En la entrelínea de plantación

Se puede observar en la Figura 20 las empresas y las formas correspondientes en que efectúan el control de malezas en la entrelínea de la plantación.

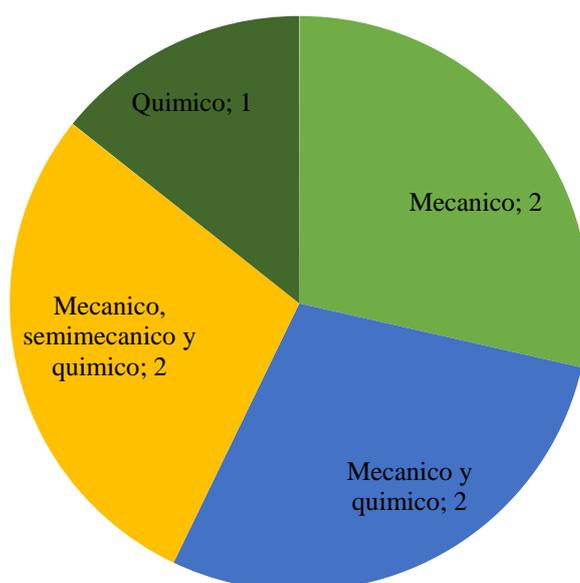


Figura 21. Métodos de control de malezas en la entrelinea de plantación

Se expone que dos empresas realizan el control solo de forma mecanizada, otras dos empresas realizan el control de forma combinada en forma mecánica y química, y también otras dos empresas realizan controles de forma mecánica, semi mecánica y química en combinación. Por su parte una sola empresa realiza el control de malezas en la línea de plantación de forma química.

4.1.18.3 Productos quimicos

En la tabla 3431 se puede observar los productos principales que aplican las empresas para controlar las malezas cuando la realizan de forma quimica, estas se encuentran distinguidas para la línea como para la entrelinea.

Empresa	En la línea	Entrelinea
E1	Glifosato - Fordor	Glifosato
E2	Glifosato - Fordor	No realiza
E3	Glifosato - Fordor – Cletodin	Glifosato - Fordor
E4	Glifosato - Cletodin – Otro	Glifosato - Fordor
E5	Glifosato – Fordor	Glifosato - Cletodin
E6	Glifosato	No realiza
E7	Glifosato – Cletodin	Glifosato – Cletodin

En la tabla 1231 se detalla que la totalidad de las empresas realizan los controles con el producto químico Glifosato tanto en la línea como en la entrelinea, otras 4 empresas también aplican el producto Fordor en la línea y 2 en la entrelinea, mientras que 3 empresas utilizan el producto Cletodin en la línea y 2 en la entrelinea. Una empresa aplica también otro producto no identificado (entrevistado no recordó el nombre).

4.1.19 Pre poda

En la Figura 22 podemos observar las empresas que realizan o no la pre poda o primera poda.

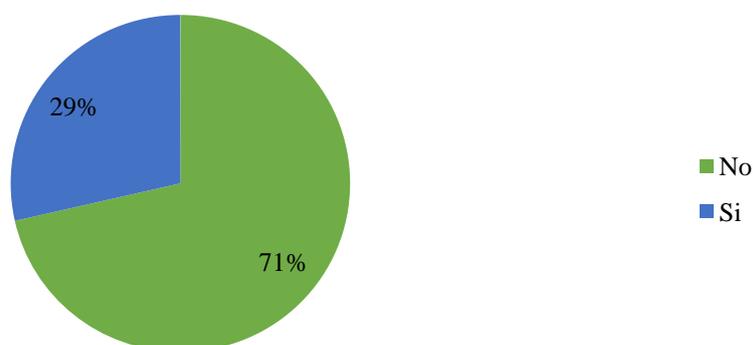


Figura 22. Porcentaje de empresas que realizan la pre poda.

En la figura se observa que de las 7 empresas encuestadas, el 71 % no realiza la pre poda o primera poda mientras que el 29 % si la realiza. Al ser plantaciones energéticas las podas no son comunes, pero las empresas que optan por realizarlas para evitar la deriva de herbicidas sobre los individuos.

4.1.20 Metodos de control de incendios.

Las 7 empresas realizan algún método para el control contra incendios, muchos optan por los caminos cortafuegos, y la limpieza anual de los mismos durante todo el ciclo, tanto como de los principales, también de las limpiezas en sus canales o balos, siempre con un monitoreo sobre estos, y las trabajan asociando en su mayoría con la actividades de control de malezas y, utilizando para ambas

actividades de control formas mecánicas y/o aplicaciones de químicos dependiendo de las condiciones dadas.

4.1.21 Cosecha

En la Figura 23 se puede observar los métodos de cosecha en cada empresa.

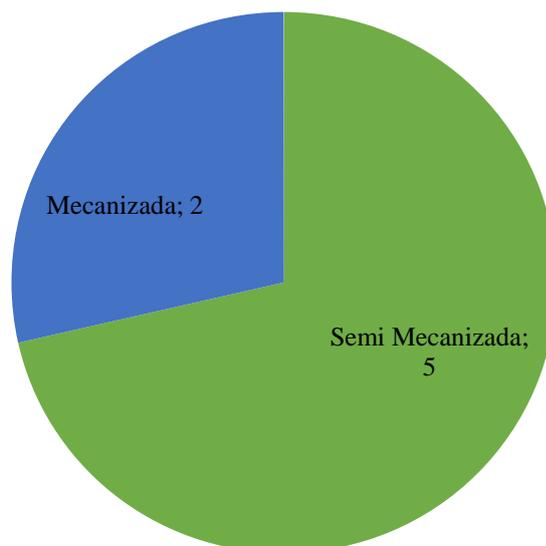


Figura 23. Métodos de cosecha por empresa

Se aprecia que para la actividad de cosecha, el método semi mecanizado (motosierra) es el mayormente utilizado por las empresas con 5 empresas que la realizan así. Mientras que 2 empresas realizan la cosecha de forma mecanizada.

4.1.22 Manejo de rebrotes

En la Figura 24 se puede diferenciar la cantidad de empresas que realizan el manejo de rebrotes.

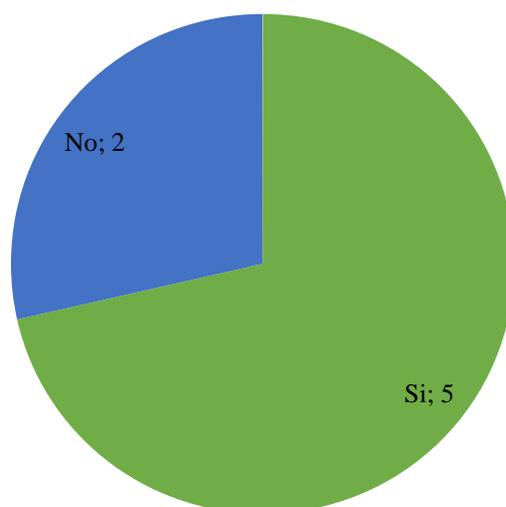


Figura 24. Número de empresas que realizan el manejo de rebrotes

Se presenta que 5 empresas realizan la actividad de manejo de rebrote mientras que 2 empresas no la realizan. Cada empresa las maneja con herramientas y criterios distintos, dependiendo de su número y ciclo de rotación.

4.1.23 Productos

En la tabla se exponen los productos finales que se producen en las empresas.

Tabla 19. Productos finales por empresa

Empresa	Leña	Chips	Carbón	Rajas
E1				
E2				
E3				
E4				
E5				
E6				
E7				

Se expone que algunas empresas producen más de un producto siendo la leña el que más empresas producen precisamente en 6 de ellas, mientras que los chips se producen en 5 empresas. Una empresa también a parte de estos produce carbón y rajás.

4.1.24 Precios de venta

En la Tabla 20 se pueden observar los precios de venta con sus respectivas unidades de medida, que fueron provistas por 3 empresas.

Tabla 20. Productos y precios de venta.

Producto	Precio
Leña	50.000 a 90.000 Gs/metro estéreo 150 a 220 Gs/kg
Chips	19 a 20 US\$/m ³
Carbón Vegetal	2.000 Gs/kg

Se expone que el precio de leña varía entre unos 50.000 Gs a 90.000 Gs el metro estéreo dependiendo de la zona, mientras que al ser vendida en kg oscila entre 150 a 220 Gs. Por su parte los chips se venden entre 19 a 20 US\$/ m³ y el carbón vegetal posee un precio de 2.000 Gs/ kg.

4.1.25 Tercerización y/o prestación de servicios

En la Figura 25 diferencia las empresas que tercerizan o prestan servicios en durante el ciclo de plantación, o si no realizan ninguna de las dos acciones.

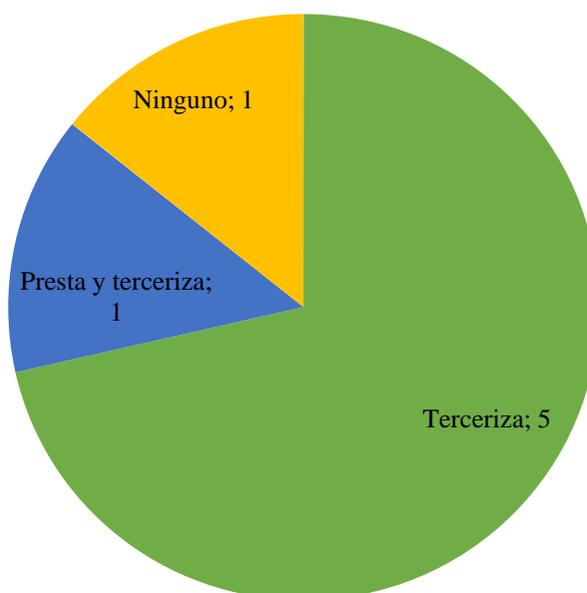


Figura 25. Número de empresas que tercerizan y/o prestan servicios

Se observa que, de las 7 empresas entrevistadas, 5 tercerizan sus servicios en los diferentes tipos de actividades, mientras que una empresa presta y terceriza servicios dependiendo de las actividades. Finalmente, una sola empresa no realiza ninguna de las dos acciones, siendo los operarios pertenecientes a la empresa los que realizan los trabajos varios en forma rotativa.

Simioni et al. (2018) comentan en un estudio realizado con empresas relacionadas a la cadena de producción de leña de eucalipto en la región sureste del estado de Sao Paulo, que el cultivo forestal del eucalipto para la producción de leña se realiza fundamentalmente, por dos tipos de productores: empresas y productores rurales. Las empresas realizan plantíos a gran escala para suplir la demanda propia de leña para energía, las similitudes encontradas con el presente estudio constan de que los que poseen superficies mayores a 100 hectáreas corresponden a empresas de que realizan plantaciones para autoabastecerse y ser autosuficientes como el caso de las multinacionales para el secado de granos entre otros.

Los mismos autores describe que el sistema más comúnmente adoptado es el plantío con espaciamiento de 3 x 2 m, mientras que en el presente estudio observamos que en Paraguay para fines energéticos es el de 4 x 2 m. También recalca que, entre las actividades de manejo, en la fertilización, cada dosis se aplica de 150 a 300 Kg / ha de formulación NPK, también dependiendo del desarrollo del eucalipto, con el estudio se encuentran que en promedio poseen similitudes respecto a las dosis aplicadas.

Finalmente, Simioni et al (2018) relatan que la cosecha es, en general, manual con motosierra. En pocos casos la cosecha es realizada de forma mecanizada, pero relatos evidencian problemas relacionados con la carencia de mano de obra, por la alta rotatividad que presenta., siendo otra similitud con el presente trabajo.

4.2 Identificación y priorización los factores críticos de las plantaciones forestales con fines energéticos.

4.2.1 Factores críticos por empresa

Se detalla en la Tabla 21 los factores críticos identificados por las empresas, y la priorización numérica que le asignan a cada uno estos.

Tabla 21. Factores críticos de la empresa 1

Empresa 1	
Factores críticos	Priorización
Falta de investigaciones	1
Falta de referencia de precios de mercado de productos de plantaciones	2
Disponibilidad de tierras productivas	3
Factores climáticos extremos	4
Ataque de plagas	5
Ataque de enfermedades	6
Disponibilidad de material genético	7
Falta de polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	9
Disponibilidad mano de obra calificada	10
Empresa 2	
Falta de investigaciones	1
Disponibilidad de tierras productivas	2
Disponibilidad de áreas accesibles	3
Disponibilidad de fuentes de financiamientos	4
Distancia al mercado	5
Falta Polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	6
Falta de normativas que incentiven el uso de plantaciones	7
Ataque de plagas	8
Ataque de enfermedades	9
Falta de estandarización de productos dendroenergeticos	10
Corta ventana de preparación de terreno	11
Alto costo en la adquisición de maquinarias	12
Falta de referencia de precios de mercado de productos de plantaciones	13
Riesgo de incendios forestales	14
Empresa 3	
Zona de operaciones muy distantes	1
Disponibilidad mano de obra	2
Altos costos de preparación de terreno	3
Altos costos operaciones de cosecha	4
Disponibilidad de maquinarias para preparación de terreno	5
Factores climáticos externos	6

Riesgo de incendios forestales	7
Baja cotización de productos oriundos de plantaciones forestales.	8
Falta de polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	9
Empresa 4	
Factores climáticos extremos	1
Riesgo de incendios forestales	2
Disponibilidad de áreas accesibles/ falta de estructura vial	3
Empresa 5	
Disponibilidad mano de obra calificada	1
Riesgo de incendios forestales	2
Problemas sociales con la comunidad	3
Falta de investigaciones	4
Riesgo por inundación	5
Altos costos de preparación de terreno	6
Alto costo de plantación y mantenimiento del 1er año	7
Empresa 6	
Alta cotización regional de productos dendroenergeticos (leña)	1
Ataque de plagas	2
Disponibilidad de tierras productivas	3
Riesgo de incendios forestales	4
Altos costos operaciones de cosecha	5
Largo periodo de retorno de la inversión	6
Existencia de planes de financiamiento flexibles	7
Empresa 7	
Dificultad para mecanización en la preparación de suelos	1

Se expone que los factores críticos priorizados con el numero 1 son; en la Empresa 1 y en la Empresa 2 la falta de investigaciones, en la Empresa 3 la zona de operaciones muy distantes, mientras que en la Empresa 4 los factores climáticos extremos, en la Empresa 5 la disponibilidad de mano de obra calificada, mientras que en la Empresa 6 la alta cotización regional de productos dendroenergeticos (leña), y finalmente en la Empresa 7 el único factor, la dificultad para mecanización en la preparación de suelos.

En la Tabla 22 se puede observar los factores críticos coincidentes que las empresas identificaron y priorizaron.

Tabla 22. Factores críticos coincidentes entre las empresas

Empresa	Factores críticos	Priorización
E2	Riesgo de incendios forestales	14
E3	Riesgo de incendios forestales	7
E4	Riesgo de incendios forestales	2
E5	Riesgo de incendios forestales	2
E6	Riesgo de incendios forestales	4
E1	Falta de investigaciones	1
E2	Falta de investigaciones	1
E5	Falta de investigaciones	4
E1	Disponibilidad de tierras productivas	3
E2	Disponibilidad de tierras productivas	2
E6	Disponibilidad de tierras productivas	3
E1	Factores climáticos extremos	4
E3	Factores climáticos extremos	6
E4	Factores climáticos extremos	1
E1	Ataque de plagas	5
E2	Ataque de plagas	8
E6	Ataque de plagas	2
E1	Falta Polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	9
E2	Falta Polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	6
E3	Falta Polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	9
E2	Disponibilidad de áreas accesibles/ falta de estructura vial	3
E4	Disponibilidad de áreas accesibles/ falta de estructura vial	3
E3	Altos costos operaciones de cosecha	4
E6	Altos costos operaciones de cosecha	5
E3	Altos costos de preparación de terreno	3
E5	Altos costos de preparación de terreno	6
E1	Disponibilidad mano de obra calificada	10
E5	Disponibilidad mano de obra calificada	1
E1	Ataque de enfermedades	6
E2	Ataque de enfermedades	9
E1	Falta de referencia de precios de mercado de productos de plantaciones	2
E2	Falta de referencia de precios de mercado de productos de plantaciones	13

Se expone que el factor crítico mayormente mencionado fue el de riesgos de incendios forestales, identificados por 5 empresas priorizando con rangos entre 2 al 14. La falta de investigación fue un factor mencionado por 3 empresas, en donde dos de ellas la priorizaron con 1.

Por su parte la disponibilidad de tierras productivas y los factores climáticos extremos fueron mencionados por 3 empresas con priorizaciones entre el 1 al 6.

El ataque de plagas y la falta de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos también fueron mencionadas por 3 empresas respectivamente.

Dos empresas identificaron a la disponibilidad de áreas accesibles/ falta de estructura vial como factor crítico con una priorización numérica 3.

Los altos costos de cosecha, los altos costos de preparación de terreno, la disponibilidad de mano de obra calificada, el ataque de enfermedades y la falta de referencia de precios de mercado de productos de plantaciones fueron identificados por 2 empresas respectivamente con priorizaciones entre 1 al 13.

En el estudio “Cadena productiva de energía de biomasa forestal: el caso de leña de eucalipto en el polo productivo de Itapeva – SP” Simioni et al (2018) acotan que en cuanto a los aspectos productivos, se evidenció una carencia de material genético más específico para las necesidades locales y el bajo nivel de mecanización de la cosecha forestal. Otro aspecto es la búsqueda por la autosuficiencia en el suministro de leña por parte de las principales empresas consumidoras, encontrando esta similitud con el presente trabajo. Dificultades de acceso al crédito y desconocimientos de los requisitos legales para la actividad forestal, aliada a la mayor exigencia y burocracia de los organismos ambientales, también son factores que dificultan la expansión de la actividad.

Según los mismos autores desde el punto de vista organizacional, la región presenta avances significativos en la formación de profesionales y en el desarrollo de investigaciones que contribuyen al mayor desempeño de la cadena, en este aspecto difiere del presente estudio, uno de los factores priorizados como más críticos fue el de falta de investigación.

4.3 Estimación del crecimiento de plantaciones con fines energéticos.

4.3.1 Incremento medio anual de diámetro.

4.3.1.1 VM01

En la Figura 26 se puede observar las diferencias de incremento medio anual de diámetro a la altura del pecho del material VM01 en las empresas 1 y 2.

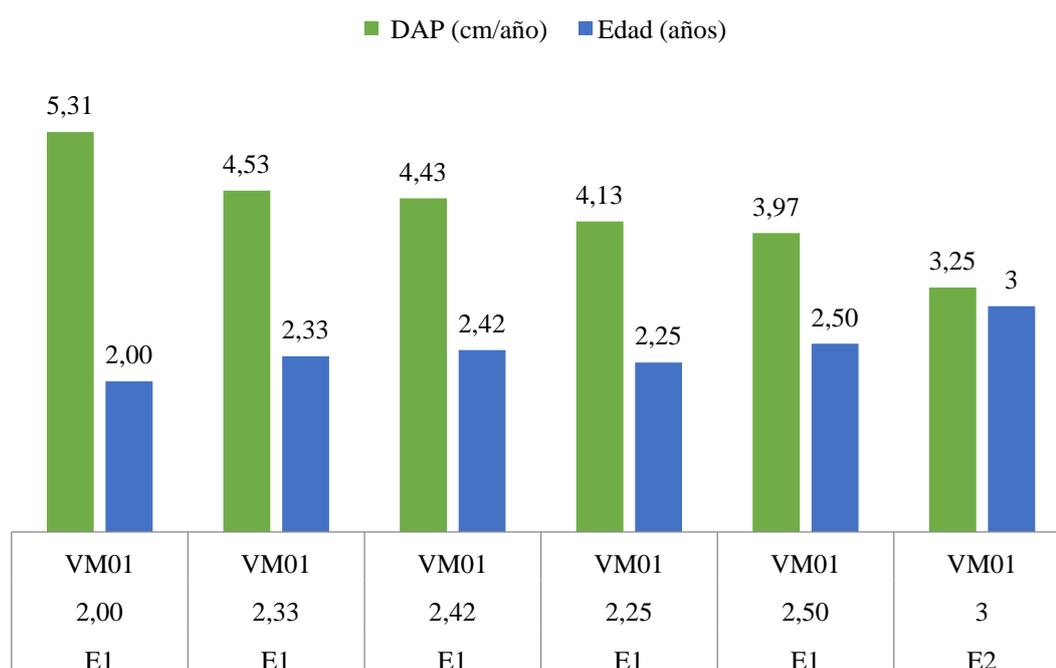


Figura 26. Incremento medio anual de DAP del material genético VM01

En la Figura 26 se observa que el VM01 a las edades de 2 y 2,33 años en la empresa 1 presenta un mayor incremento con 5,31 y 4,53 cm/año respectivamente. Mientras que siendo plantadas en distintas zonas de la propiedad el mismo material a los 2,5 años su incremento es de 3,97 cm/año.

En la empresa 3 se registra el menor incremento del material VM01 con 3,25 cm/año a una edad de 3 años.

4.3.1.2 A08

En la Figura 27 se puede diferenciar el incremento de DAP del material A08 en las empresas 1 y 2.

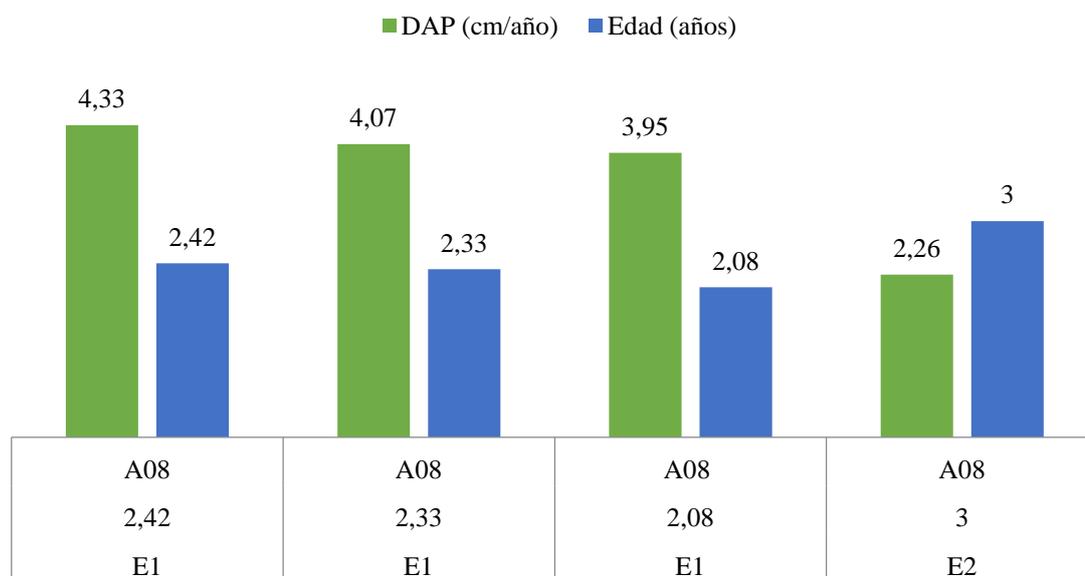


Figura 27. Incremento medio anual de DAP del material genético A08

Se expone que el de mayor incremento es el de la edad 2,42 años con un incremento de 4,33 cm/año. Mientras que a los 2,33 y a los 2,08 su incremento es de 4,07 y 2,08 cm/año respectivamente.

En la empresa 3 se observa el de menor incremento que consta de 2,26 cm/año a una edad de 3 años.

4.3.1.3 Otros materiales

En la Figura 28 se puede observar el incremento de distintas codificaciones de materiales genéticos de la empresa 1, y de 2 no identificados en la empresa 3.

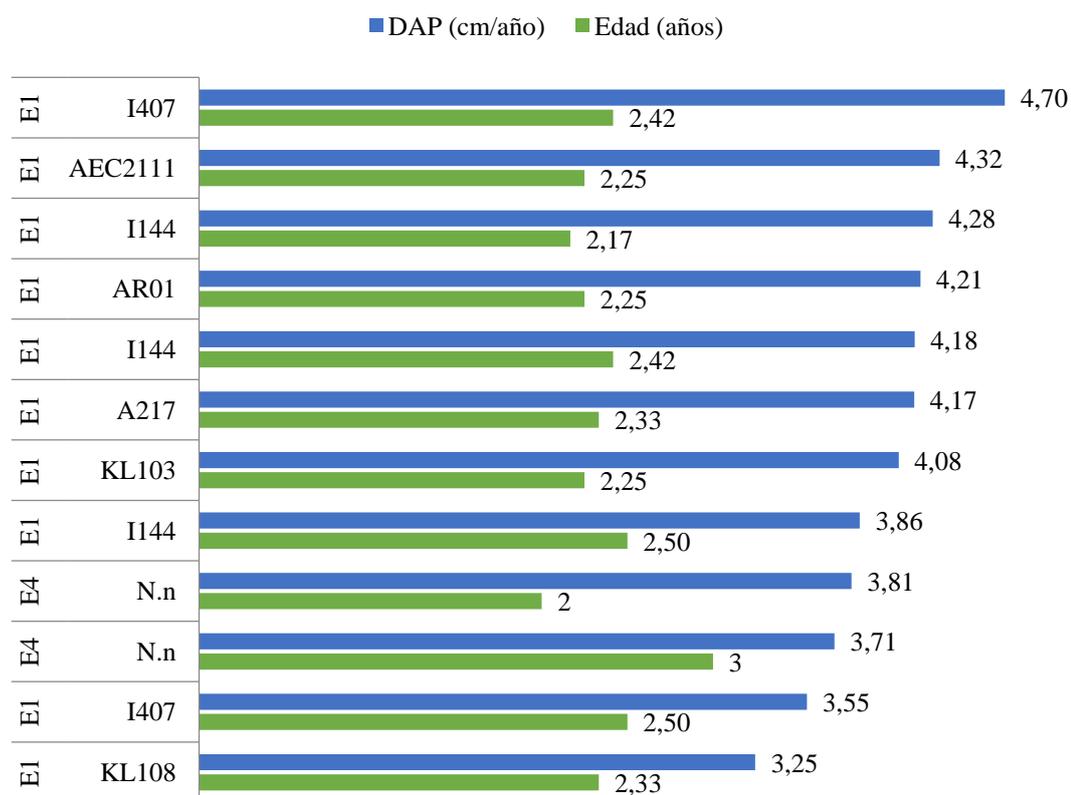


Figura 28. Incremento medio anual de DAP de distintos materiales genéticos.

Se presenta al código I407 con el mayor incremento de DAP con 4,70 cm/año, mientras que el mismo material a los 2,5 años plantado en otra zona de la propiedad presenta uno de los menores incrementos con 3,55 cm/año.

Otros códigos que presentan buen incremento son el AEC2111 con 4,32 cm/año con 2,25 años edad, el AR01 con 4,21 cm/año con 2,25 años edad y el I144 con 4,28 cm/año a una edad de 2,17 años. Por su parte el mismo material plantado en otra zona de la propiedad presenta un incremento menor de 3,86 cm/año a los 2,5 años de edad.

El material de menor incremento es el KI108 con 3,25 cm/año a los 2,33 años. Mientras que en la empresa 4 los materiales con códigos no identificados poseen incrementos de 3,81 cm/año y 3,71 cm/año a los 2 y 3 años respectivamente.

4.3.2 IMAA

4.3.2.1 VM01

En la Figura 29 se puede observar las diferencias de incremento medio anual en altura del código VM01.

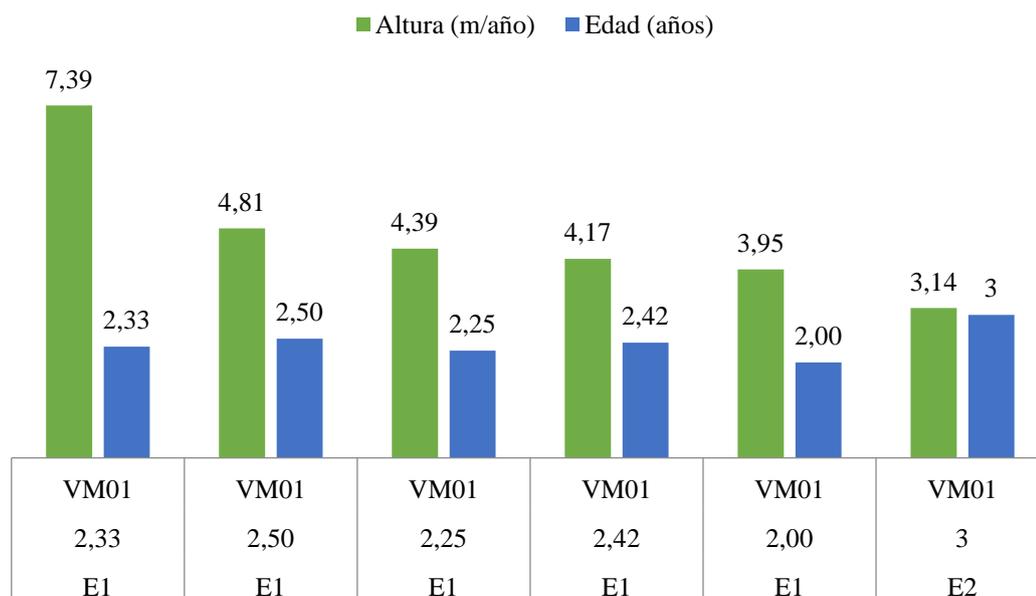


Figura 29. Incremento medio anual de Altura del material VM01.

Se observa que el VM01 de mayor incremento es en la empresa 1, con una edad de 2,33 años crece 7,39 m/año, mientras que a los 2,5 años crece 4,81 m/año.

Entre las edades 2,25; 2,42 y 2 años su incremento en altura es de 4,39; 4,17 y 3,95 m/año respectivamente. Estas diferencias se deben a las diferencias de zona de plantación dentro de la propiedad.

Por su parte el de menor incremento se registró en la empresa 3 con 3,14 m/año a una edad de 3 años.

4.3.2.2 A08

En la Figura 30 se puede observar el incremento medio anual de altura con respecto a su edad del material A08.

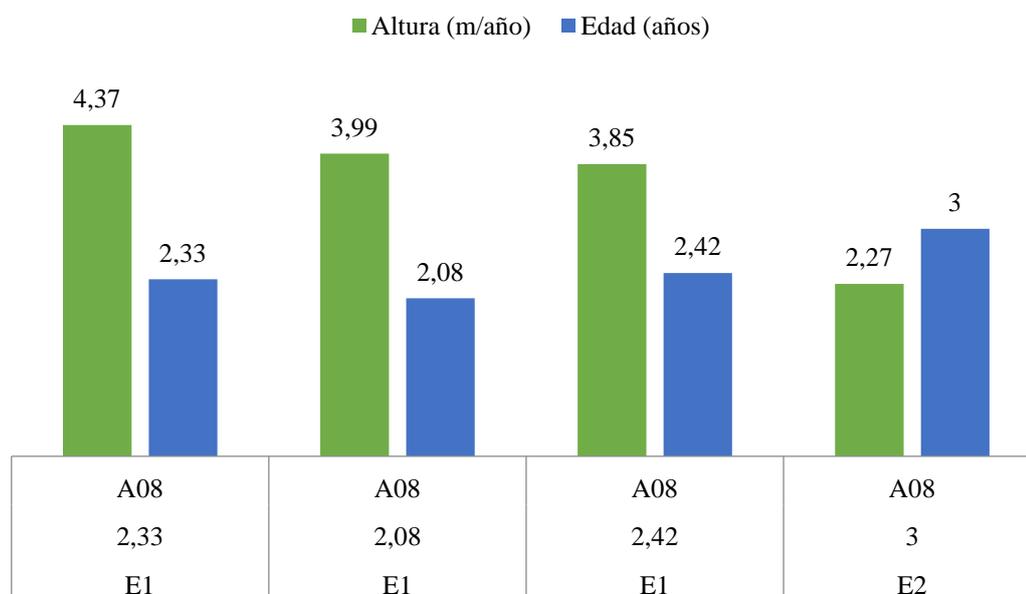


Figura 30. Incremento medio anual de altura del material genético A08.

Se observa que el mayor incremento del material resulta a la edad de 2,33 años con 4,37 m/año. Entre las edades 2,08 y 2,42 su incremento es de 3,99 y 3,85 m/año respetivamente.

El de menor incremento es el que se presenta en la Empresa 3 con 2,27 m/año, a los 3 años de edad.

4.3.2.3 Otros materiales

En la Figura 31 se detalla el incremento medio anual de altura de distintos materiales genéticos.

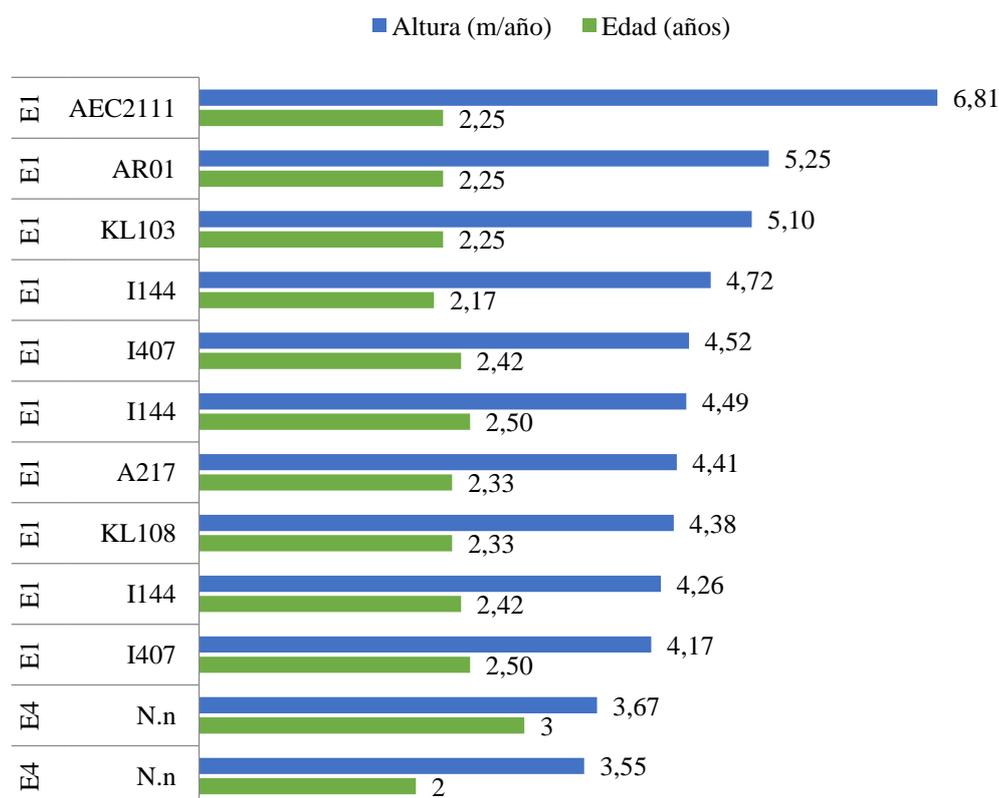


Figura 31. Incremento medio anual de altura de distintos materiales genéticos.

Se observa que el AEC2111 es el de mayor incremento en altura con 6,81 m/año a una edad de 2,25 años, también el AR01 con 5,3 m/año a una edad de 2,25 años, por su parte el KI103 con 2,25 años posee un incremento de 5,10 m/año.

El código I44 presenta un incremento de 4,72 m/año a los 2,17 años de edad, plantado en otra zona de la empresa 1 a sus 2,42 años posee un incremento de 4,26 m/año.

El código I407 tiene un incremento de 4,52 m/año a los 2,42 años de edad, el mismo material en otra zona de la Empresa 1 y a los 2,5 años registra un incremento de 4,17 m/año,

Mientras que en la Empresa 4 se conocieron los incrementos más bajos de códigos desconocidos, con 3,67 m/año a los 3 años y a 3,55 m/año a los 2 años.

4.3.3 Incremento medio anual

4.3.3.1 VM01

En la se puede observar las diferencias de Incremento Medio Anual en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ del material genético VM01, según las edades en años del mismo y las empresas, ubicadas en distintos departamentos.

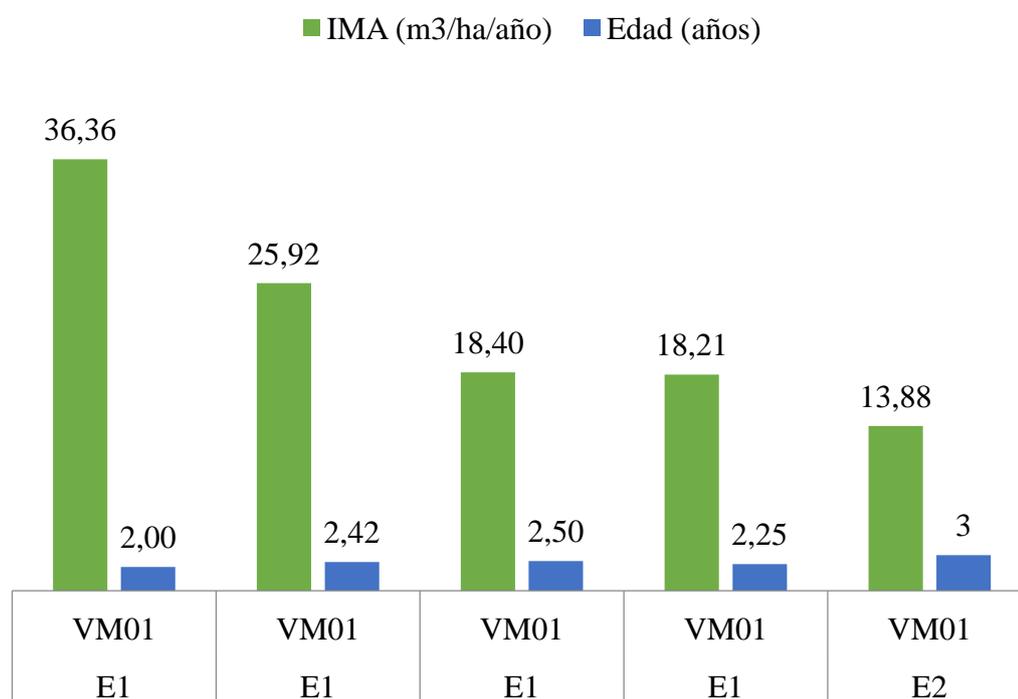


Figura 32. Incremento medio anual del material genético VM01

La Figura 32 expone que en la Empresa 1 con una edad de 2 años, se presenta el incremento medio anual más alto con $36,36 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, mientras que entre las edades 2,42 y 2,25 oscilan entre $25,92$ a $18,21 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ respectivamente. En la Empresa 2 se encontró el incremento anual más bajo a una edad de 3 años con $13,88 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

4.3.3.2 A08

En la Figura 33 se observa el incremento medio anual, por edad y por empresa del material genético A08.

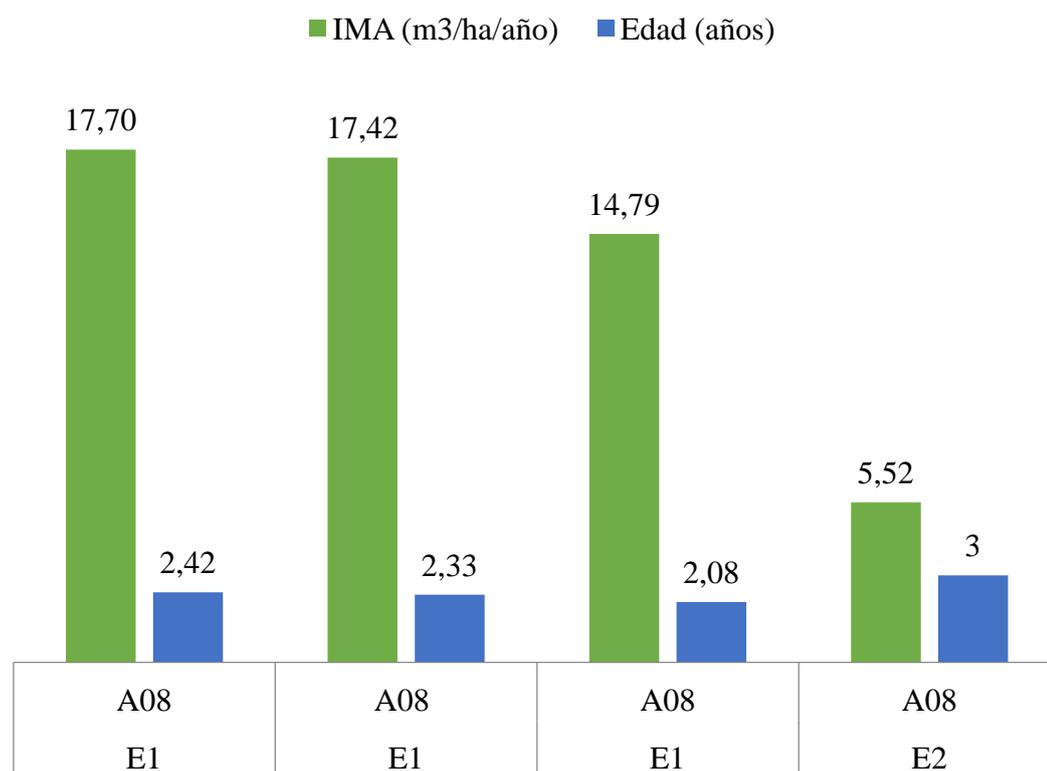


Figura 33. Incremento medio anual del material genético A08.

En la figura se expone que el mayor incremento medio anual del material genético se encontró en la Empresa 1 con 17,70 m³/ha/año a los 2,42 años, mientras que a los 2,33 años su incremento es de 17,42 y a los 2,08 años de 14,79 m³/ha/año respectivamente. También se observa que en la Empresa 2 fue el incremento más bajo del material con 5,52 m³/ha/año con una edad de 3 años.

4.3.3.3 Otros materiales

En la Figura 34 se puede observar diversos materiales genéticos plantados en menor proporción en la Empresa 1, y los materiales no identificados en la Empresa 3 con su respectivo incremento medio anual en m³/ha/año y su edad en años.

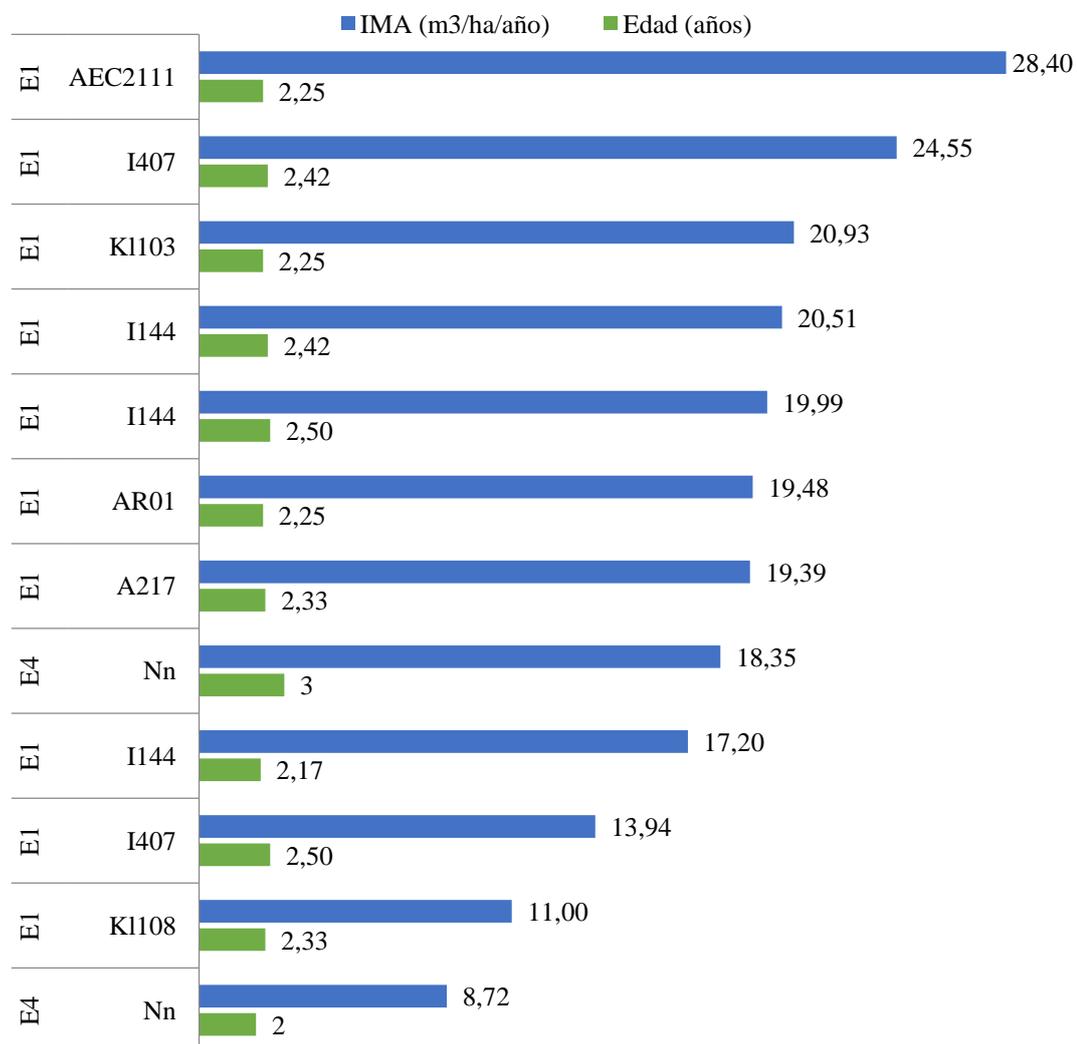


Figura 34. Incremento medio anual de distintos materiales genéticos.

En la Figura 34 se expone que el AEC211 es el de mayor incremento entre los materiales genéticos estudiados con 28,40 m³/ha/año a una edad de 2,25 años, también se destaca el I407 con 28,40 m³/ha/año, a su vez el mismo material y a una edad de 2,5 años su incremento es de 13,94 m³/ha/año, debido a que esta plantado en otra zona de la propiedad.

El material I144 a los 2,42 años posee un incremento de 20,51 m³/ha/año, este a los 2,5 años tiene un incremento de 19,99, y a los 2,17 años 17,20 m³/ha/año. Esta

varianza respecto al IMA y la edad se debe a que los rodales con este material genético están distribuidos en distintas zonas de la propiedad.

Se observa que en la Empresa 3 hay dos materiales no identificados el de mayor incremento es de 18,35 m³/ha/año a los 3 años de edad y el de menor a los 2 años de edad con 8,72 m³/ha/año, estas diferencias debido a la gran distancia entre los rodales de plantación, y que gran parte esos rodales se vieron afectados por heladas e incendios.

También se identificó en la Empresa 1 a materiales como el AR01 que crece a los 2,25 años 19,48 m³/ha/año, el A217 posee un incremento de 19,39 a una edad de 2,33 años y el de incremento más bajo es el K1108 con 11 m³/ha/año a una edad de 2,33 años.

Discutiendo el presente trabajo, Souza et al (2017) exponen que el híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* código VM01 se desarrolla en la Región de Ribas do Rio Pardo-MS con DAP promedio de 15 cm por año, mientras que en altura su incremento es 17,57 m/año, mientras que su volumen promedio es de 172,4 m³/ha. Finalmente posee un IMA de 43,10 m³/ha/año, teniendo en cuenta que la plantación se realiza en un espaciamiento de 3 x 3 m y tiene 4 años de edad, no contrasta con el presente estudio realizado donde lo expuesto en las empresas estudiadas todas las variables oscilan en rangos menores.

4.4 Estimación de viabilidad económica de plantaciones con fines energéticos.

4.4.1 Indicadores económicos

En la tabla se detalla los indicadores económicos y sus valores resultantes de los cálculos realizados

Tabla 23. Indicadores económicos calculados en la empresa 1

Indicador	Valor
R B/C	1,41
VAN	1326,27 US\$
TIR	26 %
VPE	340,74 US\$

Teniendo en cuenta los indicadores R B/C, VAN, TIR, y VPE, los valores exponen que la plantación efectuada en la empresa 1 es viable, teniendo números muy atractivos. En los cálculos no se incluyó los costos de la tierra, esto es un factor por el cual se arrojan valores muy notorios.

Se puede observar en la Tabla 24 los datos de los cálculos realizados según cada indicador económico.

Tabla 24. Indicadores económicos calculados en la empresa 2

Indicadores	Valor
R B/C	1,28
VAN	1279,66 US\$
TIR	16%
VPE	320,08 US\$

Se detalla que la plantación a esta empresa le resulta viable teniendo en cuenta los indicadores económicos y los valores arrojados.

No se tuvo en cuenta los costos de la tierra, este es uno de los factores por el cual todos los indicadores salen viables, con ese costo adicional los valores serían negativos en algunos indicadores.

Coelho et al (2016) resalta que en las condiciones analizadas la producción de madera para energía no se mostró económicamente viable para las tasas de descuento del 9% y del 12% a.a, según los criterios VPL, VPE y TIR. Para estas dos tasas de descuento la TIR encontrada a pesar de positiva (5 y 2% a.a.), caracteriza la inviabilidad de esta alternativa, una vez que TIR es menor que TMA (Tasa mínima

de atraktividad). Así, los productores que decidieron invertir en esta opción perdieron R \$ 110,35 y R \$ 262,01 / ha / año, respectivamente, mientras que con las tasas de descuento de 6 % obtuvieron VPL de 402, 66 R \$/año, VPE de 43,32 R \$ y una TIR de 8 %, con esta tasa se encuentran todos los indicadores viables en similitud con los indicadores del presente trabajo por ser viables económicamente.

El presente trabajo también presenta resultados con similitudes respecto al de Cunha et al (2018) de acuerdo con los análisis realizados de las actividades, todos los criterios se demostraron viables económicamente. El VPL exhibió un valor de R \$ 49.736,30 donde se asignó una tasa de interés del 6,75% que corresponde al coste medio por hectárea de la producción del eucalipto

Cunha et al (2018) también expone otro indicador analizado que demuestra mucha relevancia en los estudios de los costos es el B / C, donde éste presentó ser viable económicamente. Indicando que para cada R \$ 1,00 invertido a una tasa de descuento al 6,75%, el retorno financiero en ese sistema es de R \$ 1,50. Al igual que en la presente investigación todos los indicadores resultan viables.

4.4.2 Análisis de sensibilidad

En la Figura 35 se observa el análisis de sensibilidad realizado a la Empresa 1, considerando el ± 20 % en escenario base.

En los indicadores presentados en el ítem anterior (indicadores económicos) el costo de la tierra base (3.500 US\$) no fue considerado, no así en el análisis de sensibilidad presentado a continuación.

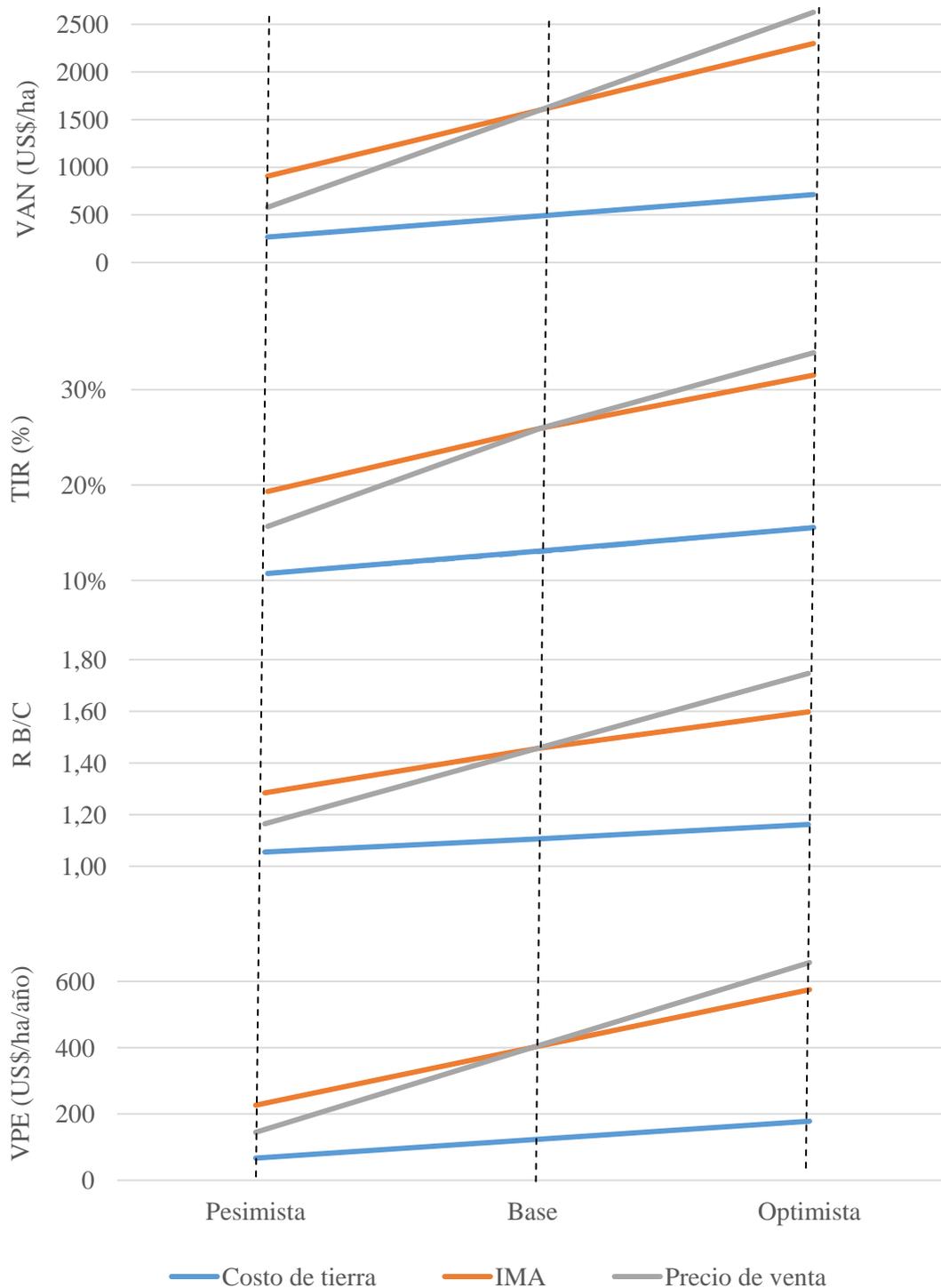


Figura 35. Análisis de sensibilidad por indicador económico

En la Figura 35 se observa que una variación del $\pm 20\%$ en el precio de venta afecta en mayor medida la viabilidad económica del proyecto comparando con lo que afecta la variación del $\pm 20\%$ en el costo de la tierra y en el IMA.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se expone un conjunto de conclusiones con base a los objetivos del trabajo.

Se caracterizó a las empresas en donde, las actividades silviculturales poseen criterios, parámetros y selecciones muy variadas dependiendo de cada empresa las elecciones consideradas más apropiadas.

Los espaciamientos y densidades difieren entre las empresas, y algunas utilizan hasta dos espaciamientos distintos en sus plantaciones siendo la más utilizada la de 4 x 2 m.

En el caso de la limpieza previa y la preparación de terreno, el uso de maquinarias e implementos varía de acuerdo a las necesidades de cada empresa, también el número de pasadas de estas, y los meses menos aptos para esta actividad son entre mayo a julio y para el control de hormigas todas las empresas aplican el producto Fipronil, con líquidos y cebos en su mayoría.

En algunas actividades se observó marcadamente que la totalidad de las empresas la efectúan bajo el mismo criterio, como es el caso de la plantación donde el método manual es el optado por el cien por ciento de las empresas, y también así para la aplicación de fertilizantes donde ninguna de las siete empresas opta por otro método, variando en las dosis de fertilizantes de aplicación. Los meses de octubre y noviembre son los meses que las empresas utilizan para plantar más.

Para el control de malezas en la línea y en la entrelinea las siete empresas aplican como control químico el producto Glifosato, mientras los otros controles se realizan de forma muy variada entre las empresas.

El método de cosecha más empleado es el semi-mecanizado, esta actividad es adoptada por 5 de las 7 empresas, y esta misma cantidad de empresas realiza manejo de rebrotes.

Los usos más frecuentes a los cuales son destinados los productos obtenidos en las empresas son leña, con precios que oscilan entre los 50.000 a 90.00 Gs/ m st. y 150 a 220 Gs/ kg, y chips que rondan entre los 19 a 20 US\$/m³.

La mayoría de las empresas efectúan sus plantaciones para su posterior autoconsumo y no venden sus productos.

Se identificó los factores críticos que afectan a las empresas y aquejan al segmento de plantaciones con fines energéticos dentro a la cadena productiva y se priorizo a los más críticos como el riesgo a incendios forestales, la falta de investigación, la disponibilidad de tierras productivas, factores climáticos extremos, el ataque de plagas y la falta de polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos.

Se estimo el crecimiento en plantaciones donde se observa que las variables de medición DAP y altura, difieren entre sí respecto al material genético, código, región, suelo, zona entre otros. Siendo el VM01, el material de mayor incremento medio anual de DAP con 5,31 cm/año. También el VM01, y en la empresa 1, es el de mayor incremento medio anual de altura con 7,39 m/año.

En el incremento medio anual, se observan las diferencias de crecimiento según material genético, estos siempre dependen de las variables antes mencionadas, en donde el VM01 presento el mayor incremento con 36,36 m³/ha/año.

Se estimo la viabilidad económica donde la empresa 1 resulto con todos los indicadores más viables. Una variación del ± 20 % en el precio de venta afecta en mayor medida la viabilidad económica del proyecto comparando con las demás variables estudiadas.

Se recomienda realizar un estudio para fincas menores a 100 hectáreas, para diagnosticar estas producciones de menor escala, teniendo en cuenta la caracterización, los factores críticos, la estimación de crecimiento y la viabilidad económica.

Se sugiere seguir con las mediciones en las parcelas permanentes instaladas en las empresas, y calcular otras estimaciones de crecimiento.

Se recomienda a las empresas “abrir sus puertas” para futuros trabajos de investigación, que generaran datos e información confiable y así fortalecer el crecimiento del sector energético.

Se recomienda a las empresas realizar inventarios periódicamente.

6 REFERENCIAS

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo, US). 2008. Informe diagnóstico Paraguay: herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural (en línea). MMC, Viena, AT. Consultado 28 nov. 2017 Disponible en http://www.ssme.gov.py/arch_temp/MMC_Infor_Diag.pdf
- Borsy, P; Ortiz, Balsevich, J. 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en Paraguay. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. 50 p.
- Campos, J; Leite, H. 2013. Mensuracao florestal: perguntas e repostas. 4 ed. Vicosa, MG, Brasil, ED UFV, 605 p.
- Castro, A. 1996. Análise prospectiva de cadeias agropecuárias, Brasilia, Brasil. 18p.
- Castro, A. 1998. Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospeção tecnologica. EMBRAPA. Brasilia, Brasil. 564 p
- Castro, A. 2002. Cadena productiva: marco conceptual para apoyar la prospección tecnológica (en línea). 23 (2). Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://www.revistaespacios.com/a02v23n02/02230213.html>
- Castro, J. 2011. Eucalipto: manual práctico do fazendeiro florestal produzindo madeira com qualidade. 3 ed. Minas Gerais, Brasil, Arka Editora. 110 p.
- Coelho, R; Leite, A; Leonel, M; Matuda, J; Freitas, L. 2016. Avaliação econômica do uso da madeira de Eucalipto para diferentes finalidades, na região do Alto Jequitinhonha, MG (en línea). Floresta 46 (2): 155 - 164. Consultado 02 nov. 2018. Disponible en <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/38600/28529>

- Cunha, S; Grupioni, P; Da Silva, A; Araujo, M; Coneglian, A. 2018. Viabilidade econômica do plantio de Eucalipto VM01 para produção de lenha (en línea). Enciclopedia Biosfera 15 (27): 145-154. Consultado 02 nov.2018. Disponible en <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/agrar/viabilidade%20economica%20do%20plantio.pdf>
- Da Silva, M; Valverde, S; Jacovine, L. Economia forestal. 2 ed. Vicosa, MG, Brasil, Editora UFV, 2008.178 p.
- De León, JS. 2010. Estudio de factibilidad para producción de energía eléctrica, a partir de biomasa de Eucalipto. Tesis de grado. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Tesis. 95 p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2006. Plantio de Eucalipto na pequena propriedade rural. 2 ed. Colombo, Brasil 32 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2010. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina (en línea). Consultado 30 mar. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/j3292s/j3292s00.htm#TopOfPage>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2015. Evaluación de recursos forestales mundiales 2010. Informe principal (en línea). Consultado 09 abr. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>.
- Da Silva, HD; Ferreira, CA. 2008. Formação de povoamento florestal, Colombo, Brasil. Embrapa Floresta. 109 p.
- Folkel, C. 2016. Utilização da biomassa do Eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade parte 1: biomassa florestal & florestas energéticas (en línea). Brasil Consultado 30 may. 2017. Disponible en <http://www.eucalyptus.com.br>

- Flor, H. 2014. Silvicultura extensiva nos empreendimentos rurais. São Paulo; Brasil, Icone Editora. 184p.
- Lundy, M; Gottret, W Cifuentes; Ostertag, C; Best R. 2003. Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de cadenas productivas con productores de pequeña escala. Cali, Colombia. CIAT. Consultado 12 abr. 2017 Disponible en https://books.google.com.co/books/p/pub-2347935248438357?id=PN3ufBC-3zYC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&hl=es#v=onepage&q&f=false
- INFONA (Instituto Forestal Nacional). 2013. Manual de plantaciones forestales técnicas de implantación y manejo. San Lorenzo, PY. 14 p
- Guidi, FA; Mamani, RP. (2005). Características de la cadena agroalimentaria Costa Rica, Fundación PROINPA. 73 p.
- Graham T; Bernet, T. 2005. Conceptos, pautas y herramientas: enfoque participativo en cadenas productivas y plataformas de concertación. Perú. 171 p.
- Isaza, J. 2008. Cadenas productivas: enfoques y precisiones conceptuales (en línea). Consultado 02 abr. 2017. Disponible en <http://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/1602>
- Lundy, M. 2003. Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de cadenas productivas con productores de pequeña escala. Manual de Campo. CIAT (en línea). Cali, Colombia. Consultado 14 abr. 17. Disponible en <http://www.propemce.org.ni/downloads/71.pdf>
- Machado, C. 2011. Colheita florestal, Brasil, UFV. 444 p
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1995. Estudio de econocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Region Oriental del Paraguay (en línea). Asuncion, Paraguay. Consultado 02 nov. 2018. Disponible en

<http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>

Paiva, H; Jacovine, L; Trindade, C; Ribeiro, G. 2011. Cultivo de eucalipto: implantação e manejo. 2 ed. Minas Gerais, Brasil. Aprenda fácil Editora. 353 p.

Reyes, V. 2010. Análisis del enfoque de cadenas productivas en México (en línea). Consultado 08 ago. 2015. Disponible en <http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file...id>

Rezende, J, Donizzete de Oliveira. 2011. Analise economica e social de projetos florestais. Brasil. 2 ed. Editora UFV. 386 p.

Schumacher, MV; Viera, M. 2015. Silvicultura do eucalipto no Brasil. Santa Maria, BR, UFSM. 308p

Silva, M; Fontes, A. 2005. DiscUS\$ão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido, valor anual equivalente e valor esperado da terra (en línea). Revista Arvore 6 (3). Viçosa, BR. Consultado 19 may. 2017. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a12v29n6.pdf>

Simioni, F; Hoeflich, V. 2008. Cadeia produtiva de biomassa de origem florestal no planalto sul de Santa Catarina (en línea). Revista *Árvore*. Universidade Federal de Viçosa Brasil. Consultado 03 jul. 2017. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/271144530_CADEIA_PRODUTIVA_DE_BIOMASSA_DE_ORIGEM_FLORESTAL_NO_PLANALTO_SUL_DE_SANTA_CATARINA

Simioni, J; Buschinelli, C; Deboni T; Passos B. 2018. Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP. (PDF). *Ciência Florestal* 28 (1): 310 - 323.

Sirén, G. 1982. Estudio de la elección de lugares, de las necesidades de nutrientes y clones; técnicas y tratamientos para las plantaciones energéticas intensivas (en

- línea). Universidad Sueca de Ciencias Agronomicas, Uppsala. Consultado 03 abr. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/p8870S/p8877s03.htm#silviculturaenergetica>.
- Souza, F; Pupo, C; Sereghetti, G; Sansigolo C; Ferreira J; Silva, R; Garcia D. 2017. Características de crecimiento, densidade básica e composição química da madeira de *Eucalyptus spp* na região de Ribas do Rio Pardo-MS (en línea). Brazilian journal of byosistems engineering 11 (4). 350 – 359. Consultado 02 nov. 2018. Disponible en <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/577/347>
- Vale, AB; Machado, CC; Pires, JM; Vilar, MB; Costa, CB; Nacif, A. 2014. Eucalipto no Brasil: silvicultura, manejo e ambiencia. Vicosa, BR, UFV. 55 p.
- Van der Heyden, D; Camacho, P. 2006. Guia metodológica para el análisis de cadenas productivas. quito: plataforma ruralter (en línea). Consultado 01 may. 2017. Disponible en http://biblioteca.hegoa.ehu.es/system/ebooks/16824/original/guia_metodologica_analisis_cadenas_productivas_2006.pdf

7 APENDICE

Apellido 1 Cuestionario de caracterización, costos e ingresos.

Proyecto Asociativo de Investigación 14-INV-005

“Análisis diagnóstico de la cadena productiva de madera con fines industriales y energéticos oriundas de plantaciones forestales del Paraguay”



INSTITUTO
FORESTAL
NACIONAL

SEGMENTO DE PLANTACIONES FORESTALES CON FINES ENERGETICOS

Fecha: / /

Departamento: _____

Coordenadas: X _____
Y _____

Identificación de la empresa

Nombre de la empresa: _____

Año de inicio: _____

Página web: _____

Correo electrónico: _____

Redes sociales: _____

Numero telefónico: _____

Identificación de los entrevistados

Nombre del entrevistado principal: _____

Cargo: _____

Numero telefónico: _____

Correo electrónico: _____

Formación: _____

Años de experiencia: _____

Tiempo en la empresa: _____

Nombre de otros entrevistados: _____

1. Gremio al cual se encuentra relacionada:

FEPAMA FECOPROD Otro(s): _____

2. La empresa se define en el sector:

Pequeño Medio Grande **3. Superficie total:** _____ ha

4. Superficie plantada: _____ ha

5. Superficie con fin energeticos: _____ ha

Cantidad de establecimientos: _____

Nombre de estab.	Superficie total	Superficie plantada	Costo estimado de tierra	Coordenadas	
				X	Y
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Cinco principales materiales genéticos con los que trabajó los últimos años y piensa seguir trabajando

Nombre del híbrido/especie	Código o nombre comercial	Vivero de adquisición	Superficie plantada
_____	_____	_____	_____ ha
_____	_____	_____	_____ ha
_____	_____	_____	_____ ha
_____	_____	_____	_____ ha
_____	_____	_____	_____ ha

Principales densidades: _____

Principales espaciamentos: _____

Ciclo de rotacion: _____

Numero de rotaciones planificadas _____

6. Normativa legal bajo la cual se instalaron las plantaciones:

Ley 422/73 _____ ha
 Ley 536/95 _____ ha
 Ley 4890/13 _____ ha
 Otros: _____ ha
 Términos del acuerdo: _____

Financiamiento: No Si
 Fuente: Extranjera Nacional
 Especificar: _____

7. Limpieza previa preparación del suelo:

Costo total de la actividad: _____

Mecánica
 Fuego
 Química
 Otro:
 No realiza

Cantidad/Dosis: _____
 Costo: _____
 Cantidad de mano de obra: _____
 Insumos utilizados: _____
 Forma adquisición: _____
 Forma de pago: _____
 Proveedor: _____
 Forma de entrega: _____
 Monto: _____
 Productividad: _____

8. Preparación de suelo:

Línea de plantación
 Área total

	<input type="checkbox"/> R pesada	<input type="checkbox"/> R liviana	<input type="checkbox"/> Subsulado	<input type="checkbox"/> Taipeado	<input type="checkbox"/> Sub con Taip	<input type="checkbox"/> Otros: _____
Nº pasadas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Profundidad	_____	_____	_____	_____	_____	_____
M. Obra	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Proveedor: _____ Forma de entrega: _____ Monto: _____

 Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Costo: _____
 Año: 11 12 13 14 15
 Costo: _____
 Productividad: _____

11. Plantación: Costo total _____

12. Superficie anual plantada: _____ ha

Manual Plantadora Mecanizada

Costo: _____ Cantidad de mano de obra: _____

Insumos utilizados: _____ Forma adquisicion: _____ Forma de pago: _____

_____ Monto: _____

Proveedor: _____ Forma de entrega: _____ Productividad: _____

13. Meses de plantación: 1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12

14. Riego: No Si Método: _____

15. Reposición: No Si: _____ %
 Momento: _____ días de la plantación

16. Uso de hidrogel: Si No

Costo: _____ Forma de aplicación: _____

Cantidad: _____
 Proveedor: _____

17. Análisis de suelo: No Si

Forma de entrega: _____

Momento: _____ Costo: _____

18. Tamaño de rodales: Min: _____ ha
 Max: _____ ha

Promedio: _____ ha

19. Fertilización

No Si

Costo total: _____

Manual

Semi-mecanizado

Mecanizada

Momentos: _____

gramos/planta: _____

Formulaciones: _____

Insumos utilizados: _____

Forma adquisicion: _____

Cantidad de mano de obra: _____

Forma de pago: _____

Proveedor: _____

Forma de entrega: _____

Monto: _____

Productividad: _____

Costo: 1°

2°

3°

20. Encalado:

Costo total:

No Si Incorporado:

No Si

Aplicación: Toda el area Linea de plantación

Manual

Semi-mecanizado

Mecanizado

Momentos: _____

kg/ha _____

Tipo de cal _____

Costo: _____

Cantidad de mano de obra: _____

Insumos utilizados: _____

Forma adquisicion: _____

Forma de pago: _____

Proveedor: _____

Forma de entrega: _____

Monto: _____
 Productividad: _____

21. Control de malezas

Linea de la Plantacion - Quimico

Costo total: _____

Productos	_____	_____	_____	_____
Costos	_____	_____	_____	_____
Concentración	_____	_____	_____	_____
Dosis/ha	_____	_____	_____	_____
Forma de aplic	_____	_____	_____	_____
Meses de la plant	_____	_____	_____	_____
Cantidad/año	_____	_____	_____	_____
M. Obra	_____	_____	_____	_____
M. Obra/costo	_____	_____	_____	_____
M. Obra/Producti	_____	_____	_____	_____
Productos	_____	_____	_____	_____
Costos	_____	_____	_____	_____
Concentración	_____	_____	_____	_____
Dosis/ha	_____	_____	_____	_____
Forma de aplic	_____	_____	_____	_____
Meses de la plant	_____	_____	_____	_____
Cantidad/año	_____	_____	_____	_____
M. Obra	_____	_____	_____	_____
M. Obra/costo	_____	_____	_____	_____
M. Obra/Producti	_____	_____	_____	_____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Costo:
 Año: 11 12 13 14 15
 Costo:

Mecánico Costo promedio _____

Implemento: _____ Mes de la plantación: _____ Nro. pasadas: _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Costo:
 Año: 11 12 13 14 15
 Costo:

Herramienta manual Costo promedio:

Herramienta: _____ Momentos: _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Costo:
 Año: 11 12 13 14 15
 Costo:

Entrelínea de la plantación

Químico Costo promedio _____

Productos _____
 Concentración _____
 Dosis _____
 Forma de aplic _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 Costo:
 Año: 11 12 13 14 15
 Costo:

Mecánico

Costo promedio: _____

Implemento: _____ Momentos: _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Costo:

Año: 11 12 13 14 15

Costo:

Herramienta manual

Costo total: _____

Herramienta: _____ Momentos: _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Costo:

Año: 11 12 13 14 15

Costo:

Insumos utilizados: _____ Forma adquisición: _____ Cantidad de mano de obra: _____

_____ Forma de pago: _____

Proveedor: _____ Forma de entrega: _____ Monto: _____

_____ Productividad: _____

22. Pre Poda Si No Costo promedio: _____

23. Métodos de prevención de incendios forestales Costo promedio: _____

	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si	Época/mes	Ancho	Método
Limpeza entre línea:	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si	_____	_____	_____
Limpeza entre rodales:	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si	_____	_____	_____

Limpieza en linderos: No Si _____

Otros metodos de prevención contra incendios: _____

Año: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Costo:

Año: 11 12 13 14 15

Costo:

24. Cosecha

Costo promedio: _____

Método de cosecha: Mecanizada Semi-mecanizada Época de cosecha: _____

Volumen anual cosechado regular: Si No Volumen anual cosechado promedio: _____

Costo: _____ Cantidad de mano de obra: _____

Insumos utilizados: _____ Forma adquisición: _____ Forma de pago: _____

Proveedor: _____ Forma de entrega: _____ Monto: _____

Puesto en camión Puesto en fabrica Productividad: _____

Costo: _____ Costo: _____

25. Manejo de rebrotes Si No Costo promedio: _____

Método de eliminación de frotaciones: _____

Criterios para el manejo de brotaciones: Altura de brotes: _____ m Cantidad de brotes ___ u

Otro criterio _____

26. Venta _____ % de venta interna _____ % de venta externa

Venta en pie Unid de medida: _____ Precio: _____ Comprador: _____

Producto	Cant extr/ha	Dimensión	U. medida	Mercado		Destino	Precio de venta
				Interno	Externo		
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

27. La empresa presta servicios: No Si

Especificar servicios: _____

28. La empresa terceriza servicios: No Si

	SI	NO	Contratista
Limpieza de terreno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Preparación de suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Control de hormigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Plantación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Reposición	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

	SI	NO	Contratista
Encalado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Control de malezas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Poda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Raleo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Prevención de incendios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Fertilización

Cosecha

Otros: _____

Apendice 2 Cuestionario de identificación y priorización de Factores Críticos

29. Factores críticos

	Identificación	Priorización
Disponibilidad de tierras productivas	_____	_____
Falta de infraestructura vial/ Disponibilidad de área accesible	_____	_____
Disponibilidad de fuentes de financiamiento	_____	_____
Existencia de planes de financiamiento flexibles	_____	_____
Disponibilidad de maquinarias para preparación de terreno	_____	_____
Disponibilidad insuficiente de insumos	_____	_____
Disponibilidad de mano de obra calificada	_____	_____
Largo periodo de retorno de la inversión	_____	_____
Tiempo de retorno del capital bajo en los primeros años	_____	_____
Inversión inicial alta (alambradas, portones, etc)	_____	_____
Altos costos en las operaciones de combate de hormiga	_____	_____
Altos costos en las operaciones de preparación de terreno	_____	_____
Altos costos en las operaciones de plantación y mantenimiento del 1er año	_____	_____
Altos costos en las operaciones de manejo de rebrotes	_____	_____
Altos costos en las operaciones de cosecha	_____	_____
Altos costos en la adquisición de maquinarias	_____	_____
Distancia al mercado	_____	_____
Factores climáticos extremos	_____	_____
Riesgos por inundaciones	_____	_____
Riesgos de incendios forestales	_____	_____
Ataque de plagas	_____	_____
Ataque de enfermedades	_____	_____
Disponibilidad de material genético	_____	_____

	Distancia de viveros	_____	_____
Falta de normativas que incentiven el uso de productos	de plantaciones	_____	_____
	Falta de investigaciones	_____	_____
	Baja cotización de productos oriundo de plantaciones forestales	_____	_____
Falta de referencia de precios de mercado de productos	de plantaciones	_____	_____
	Falta de polos de desarrollo forestal con sus respectivos incentivos	_____	_____
	Alta tasa impositiva	_____	_____
	Tasa de interés elevada en los prestamos	_____	_____
	Poca productividad del suelo	_____	_____
Otros:	_____	_____	_____
Otros:	_____	_____	_____
Otros:	_____	_____	_____
Otros:	_____	_____	_____

Sugerencia: _____

Contactos a quien entrevistar: _____

Apendice 3 Planilla de inventario.

Planilla de inventario	Fecha: / / N°: _____
-------------------------------	-------------------------------

Anotador: _____ Coordenadas: X: _____

y: _____

Rodal: _____ Parcela: _____ Espaciamiento: Hora de inicio: _____

Material genético: _____ Hora de finalización: _____

N°	DAP (cm)	Altura	Observación	N°	DAP (cm)	Altura	Observación
1				36			
2				37			
3				38			
4				39			
5				40			
6				41			
7				42			
8				43			
9				44			
10				45			
11				46			
12				47			
13				48			
14				49			
15				50			
16				51			
17				52			
18				53			
19				54			
20				55			
21				56			
22				57			
23				58			
24				59			
25				60			
26				61			

27				62			
28				63			
29				64			
30				65			
31				66			
32				67			
33				68			
34				69			
35				70			

Completar en observación	<u>Estado fitosanitario:</u>	<u>Bifurcado:</u>	<u>Fuste:</u>
	Sano: 1	Bajo 1,30: B	Recto: R
	Enfermo: 2	Arriba 1,30: A1, A2, A3, etc	Tortuoso : T

Apendice 4 Datos de rodales y parcelas de la empresa 1.

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m ³ /ha/año)
1	1	2,17	I144	-57,15700901	-25,56122904	14/10/2017	4,3389	4,2754	5,4474	5,3643	18,4736
	2	2,17	I144	-57,13513803	-25,56472999	14/10/2017	4,6117		5,3769		
	3	2,17	I144	-57,15621801	-25,56123801	14/10/2017	4,0173		5,1659		
	4	2,17	I144	-57,15693098	-25,56040702	14/10/2017	4,1337		5,4671		
2	1	2,33	VM01	-57,13438433	-25,56540993	14/10/2017	4,2915	4,5366	4,0224	3,9522	19,3875
	2	2,33	VM01	-57,13438198	-25,56541303	14/10/2017	4,7338		3,9241		
	3	2,33	VM01	-57,15177669	-25,56691374	14/10/2017	4,1135		3,6128		
	4	2,33	VM01	-57,1351382	-25,56472169	14/10/2017	5,0075		4,2496		
3	1	2,50	VM01	-57,15549801	-25,56479696	14/10/2017	3,8493	3,7317	4,1967	4,0955	17,3161
	2	2,50	VM01	-57,1399339	-25,56612548	14/10/2017	3,3750		3,7717		
	3	2,50	VM01	-57,155785	-25,56459102	14/10/2017	3,9709		4,3183		
4	1	2,50	VM01	-57,14792889	-25,56529743	14/10/2017	4,4003	4,1758	4,2994	4,1239	19,2917
	2	2,50	VM01	-57,14604436	-25,56569718	14/10/2017	4,1254		4,0993		
	3	2,50	VM01	-57,14706221	-25,5650967	14/10/2017	4,3125		4,1492		
	4	2,50	VM01	-57,14721505	-25,56589705	14/10/2017	4,1762		4,0346		
	5	2,50	VM01	-57,14882853	-25,56622976	14/10/2017	4,1752		4,1040		
	6	2,50	VM01	-57,15439897	-25,56245204	14/10/2017	3,8655		4,0567		
5	1	2,50	VM01	-57,14736798	-25,56364504	14/10/2017	4,2186	3,9883	4,3090	4,2795	18,5952
	2	2,50	VM01	-57,14931602	-25,56372902	14/10/2017	3,7579		4,2500		
6	1	2,25	VM01	-57,15304504	-25,56074297	14/10/2017	4,6263	4,7829	5,2873	5,4215	35,5510

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m ³ /ha/año)
	2	2,25	VM01	-57,15319198	-25,56195801	14/10/2017	4,6082		5,3333		
	3	2,25	VM01	-57,15457398	-25,56152802	14/10/2017	5,1142		5,6437		
7	1	2,17	I144	-57,15298997	-25,55965098	14/10/2017	4,2337	4,2792	5,0992	4,8640	18,6868
	2	2,17	I144	-57,15399899	-25,56012103	14/10/2017	4,2313		4,7249		
	3	2,17	I144	-57,15513499	-25,56471398	14/10/2017	4,2664		4,8105		
	4	2,17	I144	-57,154231	-25,56045899	14/10/2017	4,3854		4,8212		
8	1	2,17	I144	-57,15337797	-25,55905301	14/10/2017	4,3789	4,2283	4,7611	4,6703	17,2438
	2	2,17	I144	-57,15492602	-25,55996404	14/10/2017	4,3488		4,8183		
	3	2,17	I144	-57,15575701	-25,559381	14/10/2017	3,9368		4,5128		
	4	2,17	I144	-57,15445697	-25,559857	14/10/2017	4,2485		4,5888		
9	1	2,17	I144	-57,15937698	-25,56203102	14/10/2017	4,0474	4,3394	4,8217	3,9973	14,4029
	2	2,17	I144	-57,15862303	-25,56105	14/10/2017	4,4419		3,6874		
	3	2,17	I144	-57,15813604	-25,560432	14/10/2017	4,8392		3,7515		
	4	2,17	I144	-57,15967001	-25,56142802	14/10/2017	4,0291		3,7287		
10	1	2,25	VM01	-57,16207897	-25,56290098	14/10/2017	4,4743	4,3238	4,6764	4,4549	18,2176
	2	2,25	VM01	-57,16385996	-25,56472496	14/10/2017	3,9830		4,1899		
	3	2,25	VM01	-57,166413	-25,56466302	14/10/2017	4,0633		4,2132		
	4	2,25	VM01	-57,16556601	-25,56587798	14/10/2017	4,7747		4,7402		
11	1	2,33	A08	-57,15952199	-25,56368904	14/10/2017	4,4922	4,0988	4,9340	5,0223	20,3565
	2	2,33	A08	-57,156805	-25,56239203	14/10/2017	4,0816		5,2368		
	3	2,33	A08	-57,15518301	-25,56177503	14/10/2017	3,6471		4,6721		
	4	2,33	A08	-57,15541704	-25,56211702	14/10/2017	4,1742		5,2464		
12	1	2,33	A08	-57,15651699	-25,56475103	14/10/2017	4,3064	4,0516	3,8289	3,7199	14,4915
	2	2,33	A08	-57,15658204	-25,56515898	14/10/2017	3,8523		3,7038		

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m ³ /ha/año)
	3	2,33	A08	-57,15595599	-25,56507398	14/10/2017	4,0737		3,7162		
	4	2,33	A08	-57,15682997	-25,56489	14/10/2017	3,9741		3,6309		
13	1	2,50	I407	-57,15128602	-25,56477198	14/10/2017	3,9671	3,9941	3,7186	3,9874	16,8403
	2	2,50	I407	-57,15131301	-25,564171	14/10/2017	4,0211		4,2561		
14	1	2,42	A08	-57,15913902	-25,56758202	14/10/2017	4,4456	4,3360	3,8836	3,8561	17,6996
	2	2,42	A08	-57,15854298	-25,56725202	14/10/2017	4,3992		3,9907		
	3	2,42	A08	-57,15801199	-25,56705203	14/10/2017	4,1752		3,7371		
	4	2,42	A08	-57,157812	-25,56791796	14/10/2017	4,3238		3,8131		
15	1	2,42	VM01	-57,16121304	-25,56951203	14/10/2017	5,1838	5,0478	5,6447	5,3626	35,5098
	2	2,42	VM01	-57,16132301	-25,568989	14/10/2017	5,1028		5,7262		
	3	2,42	VM01	-57,161249	-25,56919897	14/10/2017	5,2738		5,5007		
	4	2,42	VM01	-57,16157497	-25,56965503	14/10/2017	4,6307		4,5788		
16	1	2,33	A217	-57,16025096	-25,57152998	14/10/2017	4,2309	4,1734	4,5211	4,4069	19,3851
	2	2,33	A217	-57,159941	-25,57092497	14/10/2017	4,2176		4,2583		
	3	2,33	A217	-57,15955602	-25,57070101	14/10/2017	3,8717		4,2596		
	4	2,33	A217	-57,16091598	-25,57146996	14/10/2017	4,3736		4,5886		
17	1	2,08	A08	-57,16213203	-25,57211302	14/10/2017	4,9800	4,3389	5,3100	4,8910	16,0232
	2	2,08	A08	-57,16184998	-25,57184304	14/10/2017	4,7606		5,6611		
	3	2,08	A08	-57,16164798	-25,57267101	14/10/2017	3,5260		4,4168		
	4	2,08	A08	-57,16262598	-25,57253304	14/10/2017	4,0891		4,1760		
18	1	2,08	A08	-57,16328597	-25,57463598	14/10/2017	3,3429	3,5914	3,0034	3,1207	7,9950
	2	2,08	A08	-57,16326602	-25,575302	14/10/2017	3,0535		2,9339		
	3	2,08	A08	-57,16308204	-25,57368698	14/10/2017	4,2028		3,3403		
	4	2,08	A08	-57,16487702	-25,57413197	14/10/2017	3,7663		3,2052		

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m ³ /ha/año)
19	1	1,92	I144	-57,16332503	-25,57740603	14/10/2017	-		-		-
	2	1,92	I144	-57,16251601	-25,57670496	14/10/2017	-		-		
	3	1,92	I144	-57,16125201	-25,57563996	14/10/2017	-		-		
	4	1,92	I144	-57,16350599	-25,57662902	14/10/2017	-		-		
20	1	0,92	AEC2034	-57,15942099	-25,57399903	14/10/2017	-		-		-
	2	0,92	AEC2034	-57,15960103	-25,57368203	14/10/2017	-		-		
	3	0,92	AEC2034	-57,15892201	-25,57469197	14/10/2017	-		-		
	4	0,92	AEC2034	-57,159035	-25,57453204	14/10/2017	-		-		
21	1	2,25	AEC2111	-57,15625699	-25,57489799	14/10/2017	4,4814	4,3354	6,7661	6,8168	28,3975
	2	2,25	AEC2111	-57,15565902	-25,57441897	14/10/2017	4,0249		6,6441		
	3	2,25	AEC2111	-57,15504404	-25,57427798	14/10/2017	4,0272		6,7226		
	4	2,25	AEC2111	-57,15709903	-25,57492398	14/10/2017	4,8081		7,1345		
22	1	2,00	VM01	-57,155354	-25,57498097	14/10/2017	5,2236	5,1118	7,3082	7,2912	31,9941
	2	2,00	VM01	-57,15482301	-25,57492398	14/10/2017	5,1973		7,3355		
	3	2,00	VM01	-57,15462704	-25,574612	14/10/2017	5,2807		7,4833		
	4	2,00	VM01	-57,15574804	-25,57514903	14/10/2017	4,7457		7,0379		
23	1	2,00	VM01	-57,15317798	-25,57333401	14/10/2017	5,2098	5,5231	7,3426	7,4877	40,7195
	2	2,00	VM01	-57,15305803	-25,57284602	14/10/2017	5,5129		7,5237		
	3	2,00	VM01	-57,152362	-25,57255601	14/10/2017	5,8293		7,5845		
	4	2,00	VM01	-57,15401902	-25,57345798	14/10/2017	5,5403		7,5000		
24	1	2,25	KL103	-57,15655698	-25,57414404	14/10/2017	3,6824	3,9009	4,9931	5,3763	23,9905
	2	2,25	KL103	-57,15586999	-25,57398001	14/10/2017	3,7458		5,0222		
	3	2,25	KL103	-57,155397	-25,57386199	14/10/2017	4,1632		6,0619		
	4	2,25	KL103	-57,15733297	-25,574425	14/10/2017	4,0121		5,4279		

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m ³ /ha/año)
25	1	2,25	KL103	-57,15816001	-25,57346896	14/10/2017	4,4839	4,2273	4,7369	4,6779	17,8743
	2	2,25	KL103	-57,15793798	-25,57374498	14/10/2017	4,2885		4,4109		
	3	2,25	KL103	-57,15760798	-25,57427497	14/10/2017	3,9097		4,8860		
26	1	2,25	AR01	-57,15892796	-25,57321097	14/10/2017	3,9834	4,2191	5,3974	5,2522	19,4825
	2	2,25	AR01	-57,15849303	-25,57442601	14/10/2017	4,4914		5,4239		
	3	2,25	AR01	-57,15842203	-25,57389602	14/10/2017	4,3190		5,1564		
	4	2,25	AR01	-57,159021	-25,57365798	14/10/2017	4,0825		5,0310		
27	1	2,33	KL108	-57,14591598	-25,56945504	14/10/2017	3,2793	3,2427	4,3707	4,3726	11,0043
	2	2,33	KL108	-57,15826797	-25,57070796	14/10/2017	3,3782		4,7098		
	3	2,33	KL108	-57,158675	-25,57028996	14/10/2017	3,0706		4,0373		
28	1	2,42	VM01	-57,15670574	-25,5681452	14/10/2017	4,6714	4,6936	5,2722	5,1385	28,4024
	2	2,42	VM01	-57,15860099	-25,56892999	14/10/2017	4,7158		5,0048		
29	1	2,42	VM01	-57,15455331	-25,56566862	14/10/2017	4,4269	4,3939	4,8434	4,7553	24,0008
	2	2,42	VM01	-57,15329197	-25,56458004	14/10/2017	4,5246		4,9354		
	3	2,42	VM01	-57,15613101	-25,56713501	14/10/2017	4,2302		4,4869		
30	1	2,42	I407	-57,15318274	-25,56738183	14/10/2017	4,2949	4,6190	4,1688	4,2198	24,5495
	2	2,42	I407	-57,15438171	-25,56738648	15/10/2017	4,9431		4,2708		
31	1	2,42	I407	-57,14303101	-25,564472	15/10/2017	4,6717	4,8079	4,7244	4,8295	31,4212
	2	2,42	I407	-57,15065544	-25,56698495	15/10/2017	4,9441		4,9345		
32	1	2,25	VM01	-57,13866798	-25,56436203	15/10/2017	3,8737	3,9277	3,5659	3,8495	13,9989
	2	2,25	VM01	-57,14732927	-25,56886662	15/10/2017	3,9817		4,1330		
33	1	2,42	VM01	-57,1474218	-25,56711472	15/10/2017	3,7945	3,5814	4,0497	3,9710	15,7650
	2	2,42	VM01	-57,15214973	-25,56810916	15/10/2017	3,8575		4,1183		
	3	2,42	VM01	-57,14506698	-25,56748596	15/10/2017	3,0921		3,7448		

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (rodal) (cm)	IMAA (m)	IMAA (rodal) (m)	IMA (rodal) (m³/ha/año)
34	1	2,25	VM01	-57,13728335	-25,57016236	15/10/2017	3,1817	3,9610	3,3377	4,1380	15,3979
	2	2,25	VM01	-57,1406268	-25,56958998	15/10/2017	4,7403		4,9383		
35	1	2,25	VM01	-57,13893897	-25,57003104	15/10/2017	4,3826	4,3658	4,7298	4,7021	18,7022
	2	2,25	VM01	-57,13958597	-25,569908	15/10/2017	4,3490		4,6743		
36	1	2,25	VM01	-57,13770297	-25,56910601	15/10/2017	3,4304	3,4225	3,6415	3,6094	10,0007
	2	2,25	VM01	-57,13794898	-25,57020698	15/10/2017	3,4147		3,5774		
37	1	2,25	VM01	-57,13585996	-25,56963097	15/10/2017	4,0269	4,0973	4,5231	4,5336	15,6361
	2	2,25	VM01	-57,13821402	-25,56847402	15/10/2017	4,1678		4,5441		
38	1	2,50	I144	-57,14054897	-25,56737096	15/10/2017	3,4103	3,2909	3,9118	3,7872	12,1570
	2	2,50	I144	-57,13976601	-25,56765896	15/10/2017	3,1715		3,6626		
39	1	2,50	I144	-57,13459203	-25,56742603	15/10/2017	4,4813	4,4072	5,1600	5,1869	27,8294
	2	2,50	I144	-57,13273896	-25,56762904	15/10/2017	4,3331		5,2138		
40	1	2,42	I144	-57,15550203	-25,564544	15/10/2017	3,3617	4,0785	3,4783	4,1655	20,5122
	2	2,42	I144	-57,1357798	-25,56568434	15/10/2017	4,7953		4,8527		
41	1	2,50	I407	-57,15659101	-25,56077398	15/10/2017	3,0476	3,0972	3,8052	3,7154	11,0468
	2	2,50	I408	-57,15205204	-25,56527196	15/10/2017	3,1469		3,6257		

Apendice 5 Datos de rodales y parcelas de la empresa 2.

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (cm) (rodal)	IMAA (m)	IMAA (m) (rodal)	IMA (rodal) m ³ /ha/año
PN01	1	3	VM01	534090	7088771	3/7/2018	3,5575	3,8648	2,9790	2,9039	17,9703
	2	3	VM01	533851	7088689	3/7/2018	3,8683		2,9733		
	3	3	VM01	533933	7088551	3/7/2018	3,8964		2,9164		
	4	3	VM01	533850	7088439	3/7/2018	4,1444		2,7433		
PN02	1	3	VM01	533526	7088454	3/7/2018	2,6623	2,7025	3,2464	2,6852	7,7562
	2	3	VM01	533917	7088747	3/7/2018	2,9030		2,2899		
	3	3	VM01	533779	7089056	3/7/2018	2,5401		2,4611		
PN03	1	3	VM01	534313	7089240	3/7/2018	3,1055	3,0060	2,9033	2,9068	11,6162
	2	3	VM01	534272	7089048	3/7/2018	2,9081		2,9102		
PN08	1	3	VM01	534541	7089497	3/7/2018	3,0533	3,1225	3,1485	3,1008	12,5025
	2	3	VM01	534459	7089465	3/7/2018	3,1820		3,0599		
PN13	1	3	VM01	534771	7089863	3/7/2018	3,4794	3,2594	3,2250	3,1102	13,6634
	2	3	VM01	534836	7090018	3/7/2018	3,0148		2,9827		
PN18	1	3	VM01	534902	7090172	3/7/2018	3,7667	3,6481	3,5840	3,7190	19,4063
	2	3	VM01	534863	7090249	3/7/2018	3,7357		4,2708		
	3	3	VM01	535042	7090385	3/7/2018	3,6740		3,7192		
	4	3	VM01	534741	7090266	3/7/2018	3,4133		3,2794		
PN19	1	3	VM01	534468	7090482	3/7/2018	2,9791	2,8222	2,9390	2,8356	9,2854
	2	3	VM01	534597	7090735	3/7/2018	2,7273		2,8842		
	3	3	VM01	534632	7090602	3/7/2018	2,7633		2,6819		

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (cm) (rodal)	IMAA (m)	IMAA (m) (rodal)	IMA (rodal) m³/ha/año
PN20	1	3	VM01	535223	7090628	3/7/2018	3,2935	3,5017	3,3118	3,4410	14,5688
	2	3	VM01	535114	7090570	3/7/2018	3,7184		3,5755		
PN21	1	3	A08	534936	7090685	3/7/2018	2,2621	2,3495	2,1172	2,1514	5,1101
	2	3	A08	535057	7090718	3/7/2018	2,4286		2,1823		
PN25	1	3	VM01	535299	7090710	4/7/2018	3,9756	4,1271	3,5494	3,7783	26,3424
	2	3	VM01	535373	7090882	4/7/2018	4,2661		3,9885		
PN26	1	3	A08	535069	7090892	4/7/2018	2,9448	2,8328	1,6000	1,7087	5,5641
	2	3	A08	535120	7091012	4/7/2018	2,7301		1,8083		
PN34	1	3	A08	532171	7085970	4/7/2018	2,3305	2,1574	2,6859	2,2354	4,9877
	2	3	A08	533516	7088846	4/7/2018	1,9768		1,9179		
	3	3	A08	533281	7088762	4/7/2018	2,1557		2,0913		
PN35	1	3	VM01	533662	7089069	4/7/2018	3,2121	3,2947	3,0787	3,1507	15,1560
	2	3	VM01	533497	7089017	4/7/2018	3,3732		3,2191		
PN41	1	3	A08	533938	7090151	4/7/2018	2,4776	2,2331	2,1195	2,1864	5,1044
	2	3	A08	533887	7089913	4/7/2018	1,9967		2,2511		
PN45	1	3	VM01	533687	7090424	4/7/2018	2,8233	2,6713	2,5583	2,4502	7,5254
	2	3	VM01	533667	7090337	4/7/2018	2,4850		2,3177		
PN47	1	3	A08	534153	7090543	4/7/2018	1,8787	1,8810	1,8787	1,8637	2,6374
	2	3	A08	534012	7090337	4/7/2018	1,8833		1,8482		
PN51	1	3	VM01	534023	7090498	5/7/2018	2,6648	2,7199	2,6558	2,6353	8,1445
	2	3	VM01	533721	7090539	5/7/2018	2,7688		2,6172		
PN57	1	3	VM01	534044	7090854	5/7/2018	3,1158	2,9402	3,0126	2,8628	10,3217
	2	3	VM01	534102	7090954	5/7/2018	2,7617		2,7106		
PN58	1	3	A08	533898	7090977	5/7/2018	2,0958	2,3562	1,8411	2,0643	4,6746

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (cm) (rodal)	IMAA (m)	IMAA (m) (rodal)	IMA (rodal) m ³ /ha/año
	2	3	A08	533978	7091171	5/7/2018	2,6034		2,2763		
PS11	1	3	VM01	533387	7087644	5/7/2018	3,3764	3,2681	3,4414	3,3709	14,3092
	2	3	VM01	533313	7087776	5/7/2018	3,1616		3,3017		
PS13	1	3	VM01	533226	7087362	5/7/2018	3,4528	3,4622	3,3911	3,4058	16,7225
	2	3	VM01	533326	7087566	5/7/2018	3,4717		3,4206		
PS15	1	3	VM01	532986	7086997	5/7/2018	2,9503	3,0003	2,9525	2,9967	11,3546
	2	3	VM01	532984	7087162	5/7/2018	3,0511		3,0417		
PS16	1	3	A08	532795	7087149	5/7/2018	1,9076	2,0325	2,2813	2,3725	4,1678
	2	3	A08	532633	7086906	5/7/2018	2,1573		2,4637		
PS24	1	3	VM01	532632	7086507	5/7/2018	3,3033	3,2850	3,3169	3,3333	11,9870
	2	3	VM01	532561	7086355	5/7/2018	3,2550		3,3604		
PS25	1	3	A08	532462	7086618	5/7/2018	1,7948	1,7897	1,9161	1,9089	2,6668
	2	3	A08	532362	7086454	5/7/2018	1,7842		1,9011		
PS31	1	3	VM01	532322	7086099	5/7/2018	3,3569	3,2612	3,2690	3,2416	14,0687
	2	3	VM01	532171	7085970	5/7/2018	3,1730		3,2164		
PS32	1	3	A08	532060	7086051	5/7/2018	1,8143	1,9268	2,0476	2,1702	3,8700
	2	3	A08	532209	7086212	5/7/2018	2,0393		2,2929		
PS38	1	3	VM01	532157	7085737	5/7/2018	3,7356	3,7475	3,7967	3,7927	21,0541
	2	3	VM01	532074	7085679	5/7/2018	3,7598		3,7885		
PS39	1	3	A08	531865	7085921	5/7/2018	2,8369	3,0300	3,9086	4,0749	16,4093
	2	3	A08	531682	7085616	5/7/2018	3,2323		4,2492		

Apendice 6 Datos de rodales y parcelas de la empresa 4.

Rodal	Parcela	Edad	Material	Punto X	Punto Y	Fecha de medición	IMAD (cm)	IMAD (cm) (rodal)	IMAA (m)	IMAA (m) (rodal)	IMA (rodal) (m³/ha/año)
S	1	2	Nn	643022	7264098	18/7/2018	-	-	-	-	-
P2	1	3	Nn	642973	7259769	18/7/2018	3,8354	3,4129	4,0125	3,4894	15,2400
	2	3	Nn	642884	7259615	18/7/2018	3,2000		3,0667		
	3	3	Nn	642960	7259536	18/7/2018	3,1943		3,3780		
P3	1	3	Nn	646455	7256423	18/7/2018	3,7745	4,0052	2,9915	3,8514	21,4542
	2	3	Nn	646429	7256317	18/7/2018	4,0863		4,4095		
	3	3	Nn	646540	7256186	18/7/2018	4,1442		4,0936		
CG1	1	2	Nn	641735	7256709	18/7/2018	3,4009	3,5580	3,5787	3,6150	7,2521
	2	2	Nn	641661	7256647	18/7/2018	3,7424		3,6576		
CG7	1	2	Nn	641520	7255622	18/7/2018	3,8562	4,0585	3,2671	3,4888	10,1821
	2	2	Nn	641711	7255732	18/7/2018	4,4372		3,9038		

