

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE OFERTA Y DEMANDA DE BIOMASA
FORESTAL CON POTENCIAL PARA SU UTILIZACIÓN EN
PROYECTOS ENERGÉTICOS EN LA REGIÓN HUETAR
CARIBE, COSTA RICA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA

ELVIRA ISABEL RETANA FERNÁNDEZ

CARTAGO, COSTA RICA, 2018



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE OFERTA Y DEMANDA DE BIOMASA
FORESTAL CON POTENCIAL PARA SU UTILIZACIÓN EN
PROYECTOS ENERGÉTICOS EN LA REGIÓN HUETAR
CARIBE, COSTA RICA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA

ELVIRA ISABEL RETANA FERNÁNDEZ

CARTAGO, COSTA RICA, 2018

RESUMEN

Se realizó un estudio para la determinación de oferta y demanda de biomasa forestal con potencial bioenergético en la Región Huetar Caribe, este estudio se enfocó en las industrias de procesamiento primario y secundario de madera, en algunas de las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA y en aquellas industria que utilizan calderas para la producción de energía; se realizó la recopilación de información básica de cada uno de los sectores mencionados, se lograron describir los diferentes tipos de submercados involucrados y su importancia, finalmente se realizaron distintas propuestas de productos con características bioenergéticas, posible ubicación de una planta procesadora de residuos y un punto de venta en la región. Se identificó una población de 46 industrias de procesamiento de madera, 69 plantaciones bajo las modalidades de PSA SAF y PSA Reforestación y 23 industrias que utilizan calderas para sus procesos. Según los resultados obtenidos se tiene que la región genera 75 122,9 t/año de residuos provenientes de industrias de procesamiento, sin embargo solo el 14% está libre para su comercialización; en cuanto a las plantaciones forestales, actualmente existen 16 418,35 t de biomasa disponible; significa que en conjunto la región alcanza 26 929,55 t disponibles. En relación a la demanda, la mayoría de las industrias utilizan el bunker como fuente de energía, sin embargo un 21,7% de las industrias utilizan leña o pellets en sus calderas, equivalente a una demanda actual de biomasa de 40 744,03 t/año y demanda potencial de 18 632, 66 t/año de biomasa forestal.

Palabras clave: Residuos forestales, Plantaciones forestales, Pellets, Calderas, Producción de energía, ASIREA

ABSTRACT

A study was carried out to determine the supply and demand of forest biomass with bioenergy potential in the Huetar Caribbean region. This study focused on the primary and secondary wood processing industries, on some of the plantations of the beneficiaries of ASIREA, and in those industries that use boilers for the production of energy. The collection of basic information of each one of the aforementioned sectors was carried out to describe the different types of submarkets involved and their importance. Finally, different product proposals were made with bioenergetic characteristics, possible locations of a waste processing plant and a point of sale in the region, and a population of 46 wood processing industries, 69 plantations under the modalities of PSA SAF and PSA Reforestation, and 23 industries that use boilers for their processes were defined. According to the results obtained, the region generates 75 122.9 ton/year of waste from processing industries, but only 14% is free for commercialization. In terms of forest plantations, currently 16 418,35 ton of biomass is available, this means that in the region as a whole 26 929,55 ton offered. Based on demand, the most industries use the bunker as an energy source, while only 21.7% of the industries indicate the use of firewood or pellets in their boilers, equivalent to a current biomass demand of 40 744,03 ton / year and potential demand of 18 632,66 ton / year of forest biomass.

Keywords: Forest residues, Forestry plantations, Pellets, Boilers, Energy production, ASIREA



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

*Retana, E., I. (2018). Determinación de oferta y demanda de biomasa forestal con potencial para su utilización en proyectos energéticos en la Región Huetar Caribe, Costa Rica. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

ACREDITACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por M.Sc. Cynthia Salas Garita, MBA. Diego Camacho Cornejo y M.Sc. Patricia Barrantes Arias, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

“Determinación de oferta y demanda de biomasa forestal con potencial para su utilización en proyectos energéticos en la Región Huetar Caribe, Costa Rica”

Miembros de Tribunal Evaluador



Cynthia Salas Garita, M.Sc.
Directora de Tesis



Dorian Carvajal Vanegas, M.Sc.
Coordinador Trabajos
finales graduación



Diego Camacho Cornejo, MBA.
Lector



Patricia Barrantes Arias, M.Sc.
Lector



Elvira Isabel Retana Fernández
Estudiante

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios y a mi familia; a mi madre Sonia Fernández V., mi padre Olman Retana Q. y a mis hermanos Pedro Retana F. y Sofía Retana F. que nos cuida desde el cielo, gracias a todos ustedes que nunca me han abandonado en este largo camino.

Además de dedicármelo a mí, como un éxito personal.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad de haber estudiado en el TEC y poder culminar mi carrera con éxito.

A mi familia por todo el apoyo brindado en toda la carrera y especialmente en mí último año, sin ellos no hubiera logrado llegar tan lejos, por su amor incondicional sin importar nada, son el pilar de mi vida.

A mi hermano Pedro Retana F. por todo el apoyo en esta y en todas las etapas, porque el amor de hermanos es lo más importante.

A mi novio Andrey Granados M. por estar conmigo en las buenas y en las malas, por escucharme siempre y motivarme a seguir adelante a pesar de los obstáculos.

Agradezco el apoyo de mis padrinos porque sin ellos esto hubiera sido distinto.

A mi profesora tutora Cynthia Salas G., por el apoyo y confianza otorgada en el proceso, por la comprensión y paciencia durante este tiempo.

Al Programa de Regionalización del TEC, a doña Isabel Watson y al profesor Diego Camacho, su apoyo fue muy importante para mí, y sin ello no hubiera sido posible mi trabajo.

Al proyecto de extensión del TEC “Fortalecimiento del uso de técnicas apropiadas para el aprovechamiento forestal de plantaciones en la Región Huetar Atlántica”, dirigido por el MBA. Alejandro Meza Montoya, por la oportunidad de desarrollar el tema.

A ASIREA, por darme el apoyo y brindarme la oportunidad de realizar este trabajo, les guardo aprecio.

Y finalmente pero no menos importante, a mis amigas de la universidad Nadya Berrocal, Rudy Bello e Irene Corrales, por la lucha y el esfuerzo de estos años, y por el apoyo dado, nos costó un poco, pero al fin lo logramos, que nuestra amistad perdure en el tiempo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ACREDITACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS.....	xvi
SIGLAS.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Desarrollo del sector forestal en Costa Rica.....	5

3.1.1. Silvicultura de plantaciones.....	6
3.1.2. Aprovechamiento forestal.....	7
3.1.3. Residuos forestales.....	7
3.1.4. Industria forestal en Costa Rica	9
3.2. Biomasa	10
3.2.1. Definición de biomasa.....	10
3.2.2. Cambio climático.....	12
3.2.3. Emisiones de CO ₂	12
3.3. Energía renovable	13
3.3.1. Dendroenergía o bioenergía	13
3.3.2. Beneficios de la Dendroenergía o bioenergía	14
3.3.2.1. Proyectos bioenergéticos en Costa Rica.....	14
3.3.2.2. Cultivos energéticos.....	14
3.3.3. Productos energéticos.....	16
3.3.3.1. Productos energéticos en Costa Rica	16
3.4. Análisis de mercado	17
3.4.1. Oferta	18
3.4.2. Demanda.....	19
3.4.3. Submercados	20
3.4.3.1. Mercado proveedor	21
3.4.3.2. Mercado consumidor.....	22
3.4.3.3. Mercado distribuidor.....	22
3.4.3.4. Mercado competidor.....	23

3.4.3.5. Mercado externo	24
3.4.4. Producto.....	24
3.4.5. Precio.....	26
3.4.6. Plaza	27
3.5. Historia de ASIREA	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	28
4.1. Descripción del área en estudio	28
4.2. Tipo de investigación.....	29
4.3. Determinación de la oferta	30
4.3.1. Aserraderos.....	30
4.3.1.1. Selección de la muestra de aserraderos	30
4.3.1.2. Elaboración y aplicación de encuestas	30
4.3.1.3. Cuantificación de biomasa con fines energéticos en industrias	31
4.3.2. Plantaciones.....	34
4.3.2.1. Selección de la muestra de plantaciones	34
4.3.2.2. Recolección de Información	34
4.3.2.2.1. <i>Cuantificación de biomasa con fines energéticos en plantaciones</i>	35
4.3.2.3. Tipo de muestreo y tamaño de muestra	36
4.3.3. Análisis de la información.....	38
4.3.4. Proyección de la oferta.....	39
4.4. Determinación de la Demanda	40
4.4.1. Selección de la muestra	40
4.4.2. Elaboración y aplicación de encuestas y entrevistas	41

4.4.3. Análisis de la información.....	41
4.4.4. Proyección de la demanda.....	42
4.5. Análisis y caracterización de Submercados.....	42
4.5.1. Análisis FODA.....	42
4.5.2. Caracterización de submercados.....	43
4.6. Producto, precio y plaza.....	44
4.6.1. Productos bioenergéticos.....	44
4.6.2. Precio de los productos bioenergéticos.....	44
4.6.3. Plaza de los productos bioenergéticos (punto de venta y planta procesadora).....	45
4.6.3.2. Método de carga-distancia.....	46
4.6.3.3. Método del ponderado.....	46
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
5.1. Determinación de la oferta de biomasa forestal.....	48
5.1.1. Oferta de biomasa forestal proveniente de industrias de procesamiento de madera primario y secundario.....	48
5.1.1.1. Biomasa forestal disponible según la ubicación de la industria.....	50
5.1.2. Oferta de biomasa forestal proveniente de las plantaciones pertenecientes a los beneficiarios de ASIREA.....	52
5.1.2.1. Biomasa forestal disponible proveniente de las plantaciones según su clasificación por Índice de sitio cualitativo.....	54
5.2. Determinación de la demanda de biomasa forestal y otros combustibles.....	56
5.3. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), del submercado de productos bioenergéticos.....	58

5.3.1. Caracterización de los submercados de productos bioenergéticos	63
a. Mercado proveedor:	63
b. Mercado competidor:	68
c. Mercado consumidor:	70
d. Mercado distribuidor:	73
e. Mercado externo:	75
5.4. Definición del producto, precio y plaza	78
5.4.1. <i>Producto</i>	78
5.4.2. Análisis del precio	84
5.4.2.1. Método del precio ponderado del mercado	84
5.4.3.1. Ubicación de los posibles compradores	85
5.4.3.2. Método de gravedad	86
5.4.3.3. Método carga-distancia	87
5.4.3.4. Método ponderado	92
6. CONCLUSIONES	94
7. RECOMENDACIONES	97
8. REFERENCIAS	98
9. ANEXOS	108

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Modelos alométricos utilizados para el cálculo de biomasa arriba del suelo en kilogramos, en función del diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros.	36
Cuadro 2. Biomasa total disponible (t/año) en el área de estudio según el tipo de industria y su tamaño. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	49
Cuadro 3. Biomasa promedio y total producida en el área de estudio, para las industrias ubicadas en el cantón de Guácimo y Pococí. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	50
Cuadro 4. Biomasa total disponible según la parte del árbol por modalidad de PSA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	54
Cuadro 5. Biomasa total disponible según Índice de sitio. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	55
Cuadro 6. Consumo promedio de combustible en el área de estudio por tipo de industria. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	57
Cuadro 7. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado proveedor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	60
Cuadro 8. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado competidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos más próximo al área de estudio. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	61
Cuadro 9. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado consumidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	62
Cuadro 10. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado distribuidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	62
Cuadro 11. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado externo de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	63
Cuadro 12. Especificaciones de los pellets producidos por la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.c).	70

Cuadro 13. Coordenadas definidas por el método de gravedad para las posibles plantas procesadora y punto de venta, en la provincia de Limón, Sistema de proyección CRTM05. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	87
Cuadro 14. Método ponderado para el punto de venta propuesto en comparación con la oficina de ASIREA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del producto (Kotler y Armstrong, 2017a).	25
Figura 2. Ubicación de la Región Huetar Caribe, Costa Rica.....	28
Figura 3. Ubicación de las industrias muestreadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	38
Figura 4. Forma de análisis de una matriz FODA (Kotler y Armstrong (2017a).	43
Figura 5. Distribución de la biomasa generada, en venta y disponible para comercialización, por cantón. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	52
Figura 6. Representación porcentual de las industrias de procesamiento de madera según el cantón en el que se ubican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	65
Figura 7. Representación porcentual de las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA según el cantón en el que se ubican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	65
Figura 8. Venta de aserrín y burucha según tipo de presentación, ofrecido por las 28 industrias de procesamiento de madera visitadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	66
Figura 9. Venta de leña y cabería según tipo de presentación, ofrecido por las 28 industrias de procesamiento de madera visitadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	67
Figura 10. Logo de la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.b).	68
Figura 11. Principales clientes consumidores de pellets de la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.b)	69
Figura 12. Distribución porcentual de las industrias según tipo de combustible utilizado por cantón. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	72
Figura 13. Distribución porcentual de las industrias en la región, según la actividad económica a la que se dedican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	73
Figura 14. Representación porcentual de las industrias productoras de productos bioenergéticos en el mundo por país. (Energy XPRT, s.f.).	76

Figura 15. Presentación de venta de pellets, bolsas de 15 kg, para la empresa German Pellets (German pellets Energie,die nachwächst, s.f.)	77
Figura 16. Pellet generado por la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.c).	77
Figura 17. Esquema de producción del pellets de la empresa Agrep Forestal S.A (Pelletics), (Aragón, 2013).....	80
Figura 18. Esquema de una extrusora de tornillo convencional (Morton-Jones, 1993).	81
Figura 19. Posibles compradores de biomasa en presentación de pellets, briquetas, aserrín, burucha, leña y chips. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	86
Figura 20. Ubicación de la planta procesadora 1. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	88
Figura 21. Ubicación de la planta procesadora 2. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	89
Figura 22. Ubicación del punto de venta. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.	90
Figura 23. Ubicación y distancia de la planta procesadora 1-2 y el punto de venta a la oficina de ASIREA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a las industrias de procesamiento primario y secundario de madera.	108
Anexo 2. Encuesta realizada a industrias que cuentan con calderas de distintos tipos, como fuente de energía.	110
Anexo 3. Formulario de campo para plantación.	112
Anexo 4. Identificación de las industrias visitadas (Figura 3). Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica. 2018.	114
Anexo 5. Industrias de procesamiento de madera en la región. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica. 2018.	115
Anexo 6. Cuadro de densidades básicas utilizadas en el cálculo de la oferta de biomasa proveniente de industrias de procesamiento de madera.	116
Anexo 7. Datos básicos recolectados por dueño de plantación.	117
Anexo 8. Entrevista realizada a Andrea Solano Lazo, Asistente Profesional de Producción de Energía Eléctrica, COOPELESCA, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2018.	118
Anexo 9. Obtención de irregularidades según el DM y diferentes Tr/m^2	119
Anexo 10. Obtención de factores estéreos para diferentes DM e irregularidades...	120
Anexo 11. Poder calórico de la biomasa forestal y de combustibles fósiles.	121

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS

mm: milímetro

m: metro

ha: hectárea

t: tonelada

km²: kilómetro cuadrado

m³: metro cúbico

t/año: tonelada por año

l/año: litro por año

d: diámetro a altura de pecho

DAP: diámetro a altura de pecho

DM: diámetro medio

Mst: Metro cubico estéreo

Fst: Factor estéreo

Tr/m²: Trozas por metro cuadrado

r²: Erre cuadrado

SIGLAS

ASIREA: Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica

CIF: Centro de Investigación en Innovación Forestal

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

PSA: Pago de Servicios Ambientales

RECOPE: Refinería Costarricense de Petróleo

SAF: Sistemas Agroforestales

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

TEC: Tecnológico de Costa Rica

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica desde el año 2007 ha aumentado el cierre de industrias forestales y a su vez ha disminuido el área plantada, generando la reducción en la utilización de madera en el país, por lo que la industria debe de competir con madera importada; para revertir dicha situación se propone el aumento del cultivo de madera por medio de plantaciones forestales y sistemas agroforestales, con una proyección de establecimiento aproximado de 7 000 ha anuales (Barrantes-Rodríguez, 2015).

La FAO (2016) menciona que los bosques y el recurso forestal brindan distintos bienes y servicios, entre ellos se encuentran el abastecimiento del agua, protección de tierras contra la erosión y degradación del suelo, provisión para fauna acuática y terrestre además de ser fuente importante de madera y productos no maderables, y contribuir a la generación de empleo.

Datos reportados para el año 2013, dicen que Costa Rica cuenta con un 75,5% (3 866 895,8 ha) de superficie forestal total (SINAC, 2015), esta superficie se compone de seis tipos distintos de cobertura, donde el bosque maduro y el bosque secundario abarcan gran parte de dicho porcentaje (64,38%), seguido de áreas de pastos con árboles (31,54%). Los bosques de palmas naturales, rodales de mangle y las plantaciones forestales, en conjunto representan un 4,2% de la superficie.

Sin embargo, se reporta que la principal fuente de madera cosechada son las plantaciones forestales con un 77,2% del volumen, seguido de terrenos de uso agropecuario sin bosque (17,7%) y bosque (5,1%); para un total de 965 602 m³-r de madera cosechada (Barrantes y Ugalde, 2017).

Barrantes y Ugalde (2017) mencionan que entre los principales usos de la madera reportados para el año 2016, está la producción de tarimas para embalaje con un volumen de producción de 450 702 m³-r, seguido de la construcción (242 174 m³-r), la mueblería (86 523 m³-r), la exportación (182 945 m³-r) y otros usos con 3 258 m³-r. Sin desconocer que la biomasa es la fuente renovable más utilizada en sus diferentes formas, donde se incluyen, entre otros, la cocción de alimentos, calefacción, en la generación de electricidad, así como para usos industriales en la utilización de estos como combustible para calderas (Chacón, 2012).

El volumen utilizado en el año 2016 ascendió a 965 602 m³-r (Barrantes y Ugalde, 2017), mientras que en el año 2017 esta cifra aumentó a 981 445 m³-r (Barrantes y Ugalde, 2018).

La Región Huetar Norte es una de las zonas de Costa Rica con mayor actividad y potencial forestal, FONAFIFO realizó un diagnóstico de las existencias de los residuos en la región, donde se determinó que la biomasa en forma de residuos, generados por los aserraderos en la zona, alcanza cerca de 80 000 toneladas por año, de las cuales 40 000 toneladas son categorizadas como leña, 20 000 toneladas de aserrín y aproximadamente 20 000 toneladas están compuestas por restos de chips y burucha (Chacón, 2012). No obstante, este tipo de información no ha sido generada para la Región Huetar Caribe del país.

La segunda región del país con importancia forestal es la Región Huetar Caribe, donde desde el año 1987 se creó la Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica (ASIREA), la cual desarrolla trabajo forestal comunitario, destacándose en investigación relacionada con genética forestal, así como clonación de árboles de melina. Esta organización coloca aproximadamente 85 000 árboles en sistemas agroforestales (SAF) y reforestación en la provincia de Limón, incentivando la

implementación del Pago de Servicios Ambientales tramitado por FONAFIFO (ASIREA, s. f.).

Aparte de la de venta de clones de melina, ASIREA (s. f) ofrece el servicio de comercialización de madera, esto como parte de la asesoría técnica que brinda. En concreto, ASIREA es una organización que ofrece a sus beneficiarios la opción de comercializar los productos forestales con el mayor rendimiento y valor agregado posible.

Conociendo este objetivo y reconociendo que generalmente en la práctica de raleos y cosecha final de plantaciones forestales, se genera una gran cantidad de residuos, es que ASIREA en asocio con el proyecto de extensión del TEC “Fortalecimiento del uso de técnicas apropiadas para el aprovechamiento forestal de plantaciones en la Región Huetar Atlántica”, dirigido por el MBA. Alejandro Meza Montoya, busca conocer cuál es el potencial de generación de biomasa con fines energéticos, a partir de las plantaciones de sus beneficiarios y de las industrias forestales que se ubican en su área de influencia.

El conocimiento de esta información, y otros elementos del mercado, contribuirá a sugerir el producto más adecuado a ofrecer a partir de esta biomasa, según la oferta y demanda de la región, así como el punto potencial para el procesamiento, elaboración y venta de dicho producto, especialmente dirigido a la dendroenergía.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar diferentes elementos de mercado para biomasa forestal con potencial bioenergético, en la Región Huetar Caribe.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la oferta de biomasa forestal derivada de aserraderos y aprovechamientos forestales en la Región Huetar Caribe.
2. Determinar la demanda de biomasa forestal con potencial bioenergético en la Región Huetar Caribe.
3. Describir los submercados que intervienen en el mercado de biomasa forestal con fines bioenergéticos.
4. Definir el producto, el precio sugerido y la plaza de los productos propuestos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Desarrollo del sector forestal en Costa Rica

Durante la década de 1990 se dio un cambio en el país, específicamente en el sector ambiental, donde se impulsó la legislación que favorecía la conservación y la protección de los recursos ambientales, además de la creación de instituciones afín (FONAFIFO, 2014).

Es en este sentido que en Costa Rica se realizaron algunas previsiones a nivel legal, esto para el disfrute de los costarricenses de un ambiente sano y equilibrado; además se promulgaron algunas leyes como la Ley Forestal N°7575, la Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, la Ley de Conservación de suelos, la Ley Orgánica del Ambiente y la Ley de Biodiversidad, las cuales son la base para el Programa de Pago de Servicios Ambientales (PPSA), este consiste en un reconocimiento financiero del Estado, hacia propietarios y poseedores de bosques y plantaciones forestales (FONAFIFO,2014) por los servicios ambientales que se producen.

Según la FAO (2010), se define la plantación como “Terreno de 1 o más hectáreas, cultivado de una o más especies forestales cuyo objetivo principal, pero no único, será de producción de madera.”

Además, se considera extracción de madera industrial como “La madera extraída (volumen de madera en rollo sobre la corteza) para la producción de bienes y servicios que no sean la producción de energía (leña)” (FAO, 2010) y extracción de combustibles de madera como “La madera extraída para la producción de energía ya sea para uso industrial, comercial o doméstico.”(FAO, 2010).

Moya (2004), indica que la introducción de la especie *Gmelina arborea* (melina) a Costa Rica produjo diversos cambios en la industria forestal primaria, ya que el equipamiento utilizado no era el adecuado para el procesamiento de trozas de pequeño diámetro, las cuales son provienen de plantaciones forestales; esto no fue un impedimento para la industria, por lo que se realizó una reconversión de la maquinaria, generando que en la actualidad se utilice gran parte del tronco.

La especie *Gmelina arborea* se introdujo en el país desde el año 1975 y en la actualidad se reporta como una de las especies más utilizadas en la reforestación comercial (Moya, 2004), se estima que en Costa Rica hay 18 235,1 ha sembradas con melina, de las cuales 3 360,3 ha se encuentran en la provincia de Limón, representadas por 354 fincas (INEC, 2015). Para el año 2017 se reportan 266 186 ha contratadas bajo la modalidad de PSA Sistema agroforestal y 2 002,50 ha bajo la modalidad de PSA Reforestación en el territorio nacional (FONAFIFO, 2018).

No obstante, melina no es la única especie que se planta. Entre las especies de plantación más comunes en Costa Rica, se encuentran *Tectona grandis* (Teca) y *Gmelina arborea* (Melina), esta última se distribuye en la provincia de Alajuela, Heredia, Puntarenas y Limón, también en el país se encuentran plantaciones de Chanco (*Vochyssia* sp.), Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Jaúl (*Alnus acuminata*), Pílón (*Hieronyma alchorneoides*) entre otras especies (SIREFOR, s.f).

3.1.1. Silvicultura de plantaciones

Las plantaciones forestales son consideradas un cultivo intensivo, ya que buscan maximizar la producción de madera; además, por lo general se planta una sola especie, con una alta densidad por hectárea, logrando que el sitio cumpla con el objetivo de producción (Ruiz, 2015).

3.1.2. Aprovechamiento forestal

Meza (2004) menciona que “el objetivo principal del aprovechamiento de plantaciones forestales es obtener la mayor cantidad de productos de la mejor calidad, al menor costo posible y causando el mínimo impacto”, indica además que, un adecuado proceso de aprovechamiento se logra bajo una estructura de servicio, de esta forma en cada etapa se obtiene el mejor provecho del producto anterior.

Ruiz (2015) menciona que la actividad forestal es una de las que generan residuos, estos provienen de dos fuentes principales, una de ellas son los aserraderos, en donde se realiza una transformación física de la madera, lo que provoca gran cantidad de residuos y la segunda fuente son la plantaciones forestales, ya que en el momento de cosecha se producen diversos residuos, como lo son las ramas, fustes descartados por algún defecto, incluso el mismo proceso de corta.

Ruiz (2015) indican que los residuos generados de la cosecha, presentan una desventaja en la plantación, ya que aumentan el riesgo de incendios forestales, además de dificultar las labores de tratamiento del terreno, otra de las desventajas es que puede contribuir al sustento de plagas y enfermedades.

3.1.3. Residuos forestales

Moya (2004) señala que el procesamiento industrial de madera tiene rendimientos que oscilan entre 40% y 55% del volumen total por troza utilizada para la obtención del producto principal, mientras que el aserrín generado de dicho proceso representa un 10% y los productos secundarios de 29% a 39%, los cuales generalmente son utilizados como combustible para las calderas de secado.

Según Bertrán y Morales (2008), gran parte de los residuos se han venido utilizando en la generación de energía eléctrica, representando un ingreso adicional para los dueños y productores de plantaciones forestales.

Se dice que los productores que se encuentran cerca de centros de producción de energía, cuentan con la posibilidad de aumentar sus ingresos, mediante la venta de los residuos generados de la cosecha forestal (Ruiz, 2015).

Se proyecta una producción anual promedio de aserrín de 28 000 toneladas métricas en las regiones definidas por el MIDEPLAN (Central, Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Atlántica y Huetar Norte) del 2001 al 2006, para el año 2006 se proyectó una producción de 35 600 toneladas métricas aproximadas para la Región Huetar Caribe (Ramírez, Carazo, Roldán y Villegas, 2007). Se proyectó para el año 2012 la producción de aserrín en la Región Huetar Caribe en 54 000 de toneladas métricas, con las cuales se lograría una producción anual de energía de 798,5 terajulios (Ramírez et al., 2007).

Se proyecta una producción de leña promedio anual de 47 000 toneladas métricas para la Región Huetar Caribe del 2001 al 2006, con 59 000 toneladas métricas para el año 2006 y 89 000 toneladas métricas para el año 2012 en la región, con las que se lograría una producción de energía de 1275 terajulios (Ramírez et al., 2007).

La proyección de oferta de burucha promedio del año 2001 al 2006 para la Región Huetar Caribe fue de 30 000 toneladas métricas, donde al año 2006 se producirían 6,2 toneladas métricas y para el 2012 de 9 000 toneladas métricas con las que la producción de energía sería de 138,6 terajulios (Ramírez et al., 2007).

3.1.4. Industria forestal en Costa Rica

Barrantes-Rodríguez (2015) indica que para lograr una cosecha sostenible en el tiempo, se debe de aumentar el consumo *per cápita* de madera, además de promover la sustitución de productos con alta huella de carbono, de esta forma va a aumentar el uso de madera, como un producto de larga duración.

En Costa Rica un 68% de la madera utilizada en la industria del aserrío proviene de plantaciones forestales, un 15% de potreros, el 9% de sistemas agroforestales y un 1% proviene de bosque. (MINAET & SINAC, 2011).

Entre las especies más importantes en la industria del aserrío en Costa Rica, se encuentra la melina, como una de las principales, representando un 22% del volumen total de madera utilizado, seguido del laurel, teca, cedro, ciprés, pino, eucalipto y pilón, representando uno de los porcentajes más bajos con un 3%. (MINAET & SINAC, 2011).

Se estima que los aserraderos invierten aproximadamente 450 754 colones al mes en fuentes de energía y en promedio las empresas exportadoras de embalaje y bloques, invierten 1 206 536 y 811 104 colones al mes respectivamente, representando el doble de lo que invierten las empresas de construcción (MINAET & SINAC, 2011).

De los residuos generados en aserraderos y bloqueadoras un porcentaje es destinado a la venta, la compra principal se realiza por parte de restaurantes que cocinan con leña, mientras que un 13% de estos residuos se utilizan principalmente en calderas u hornos de secado de madera de industrias de embalaje (MINAET & SINAC, 2011).

Los dueños de aserraderos y bloqueadoras identificaron que uno de los factores negativos de tener una industria forestal de este tipo, es el costo elevado de las fuentes de energía, llámese gasolina, diesel y electricidad (MINAET & SINAC, 2011).

Uno de los problemas conocidos del sector industria, es que las áreas de conservación del país realmente tienen desconocimiento de las industrias activas y aquellas que cancelaron sus labores o están en condición de inactivos, este problema se genera principalmente en el Área de Conservación Guanacaste y el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (MINAET & SINAC, 2011).

3.2. Biomasa

En la encuesta realizada por el Ministerio de Ambiente y Energía y la Dirección Sectorial de Energía (Ramírez et al., 2007) se menciona que es de gran importancia realizar una investigación particular al factor biomasa, ya que el consumo de este tipo de producto no aparece reflejado en las encuestas realizadas de consumo energético por sector en el país.

Ramírez et al.,(2007) indican que la determinación y la cuantificación de la biomasa ofrecida, va a permitirle al país analizar las diversas opciones de sustitución del petróleo y sus derivados utilizados como fuentes de energía, por un producto considerado una fuente de energía renovable, que se puede utilizar como una alternativa más económica en comparación a los hidrocarburos.

3.2.1. Definición de biomasa

Se define biomasa por encima del suelo como “Toda la biomasa viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y las hojas.”, estos valores se presentan en toneladas de peso seco (FAO, 2010).

Por su parte, biomasa por debajo del suelo se define como “Toda la biomasa de las raíces vivas. Las raíces pequeñas de menos de 2 mm de diámetro están excluidas porque éstas a menudo, no pueden distinguirse, de manera empírica, de la materia orgánica del suelo u hojarasca.” en toneladas de peso seco (FAO, 2010).

Además, se considera madera muerta como “Toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie, sobre el suelo y dentro del suelo. La madera muerta incluye la madera que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones de un diámetro igual o superior a 10 cm. o cualquier otro diámetro utilizado por el país.” en toneladas de peso seco (FAO, 2010).

Con referencia al término de biomasa en relación a la producción de energía, es importante hacer una distinción según su procedencia, ya que según Ramírez et al. (2007) esta se clasifica en:

- a. Biomasa natural como la obtenida de forma natural, como la leña.
- b. Biomasa residual como la proveniente de actividades agrícolas, agroindustriales o forestales, con un contenido de humedad inferior al 80%.
- c. Biomasa residual húmeda, la que proviene de aguas residuales, además de residuos ganaderos o cultivos energéticos.

Se dice que “Los residuos biomásicos generados en Costa Rica para el año 2006 poseen un contenido de energía de 60 354 TJ con lo que sería posible generar casi 635 MW de electricidad durante todo el año” (Ramírez et al., 2007).

Ramírez et al., (2007) mencionan que una de las principales desventajas de la utilización de la biomasa como fuente de energía, es su bajo poder calórico en

comparación con combustibles fósiles, ya que para obtener la misma energía generada por estos combustibles, se necesita hasta una cantidad tres veces mayor de biomasa.

3.2.2. Cambio climático

La utilización de la biomasa forestal como fuente de energía contribuye a reducir la lluvia ácida, debido a que la cantidad de azufre que contiene es casi nula, significando que las emisiones de dióxido de carbono y óxido nítrico liberado en el momento de la transformación de la biomasa en energía son mínimas (Ramírez et al., 2007).

Una de las grandes preocupaciones de la sociedad son las fuentes de energía y el aumento de la contaminación, el efecto invernadero y el cambio climático, los cuales se ven afectados por el uso de combustibles fósiles, el cual es un recurso agotable y no renovable, esto sugiere que cada vez es más urgente desarrollar fuentes energéticas alternativas, que sean menos agresivas con el medio ambiente, es aquí donde la biomasa ocupa un lugar destacado, como energía limpia y renovable (Delgado, 2008).

3.2.3. Emisiones de CO₂

Ramírez et al., (2007) mencionan que el calentamiento global se ve acelerado por el aumento de los gases de efecto invernadero; la utilización de biomasa como fuente de energía produce la misma cantidad de CO₂ que la absorbida por esta materia, por lo que el sistema se mantiene en equilibrio, es por ello que esta es una alternativa al uso de otros combustibles que sí generan un incremento de CO₂ en la atmósfera.

3.3. Energía renovable

Delgado (2008), menciona que la biomasa fue el primer combustible se la humanidad utilizó, la definición energética de biomasa es, “toda masa de material vivo renovable presente en un organismo u organismos, incluyendo parte de material inerte”.

Además Delgado (2008), indica que sin importar el apoyo de las instituciones hacia las energías renovables y su implementación, todas las previsiones del desarrollo de la biomasa se incumplen, ya que su consumo sigue siendo muy bajo en comparación con las expectativas, y una de las razones puede ser la baja rentabilidad en el desarrollo de este tipo de proyectos, la dificultad de abastecimiento para ofrecer la cantidad de producto suficiente, la calidad y el precio adecuado del producto.

3.3.1. Dendroenergía o bioenergía

La transformación de la biomasa para la utilización de energía, se da por dos formas, por métodos termoquímicos y biológicos, el método termoquímico se divide en tres procesos, combustión, pirólisis y gasificación (Ramírez et al., 2007).

La biomasa se puede convertir en calor de forma directa, como lo es en el caso de los equipos de combustión (hornos o calderas) que se utilizan para producir energía (Ramírez et al., 2007).

En la producción de biogás, la biomasa utilizada se convierte en metano, dióxido de carbono y otros gases, por medio de una reacción metabólica de bacterias anaeróbicas que ocurren dentro de un biodigestor (Ramírez et al., 2007).

Para transformar en energía el gas obtenido del proceso de conversión de la biomasa, es necesario utilizar alguna de las siguientes tecnologías, plantas de vapor, turbinas de gas o motores alternativos (Ramírez et al., 2007).

3.3.2. Beneficios de la Dendroenergía o bioenergía

Entre las ventajas que presenta la Dendroenergía, se encuentra su versatilidad en el desarrollo de distintos tipos de biocombustible, como lo son las presentaciones sólidas, gaseosas o líquidas, además se permite generar calor, carburantes para motores de generación eléctrica, entre otros (Umaña, 2017).

3.3.2.1. *Proyectos bioenergéticos en Costa Rica*

Umaña (2017), menciona que en Costa Rica el tema de la bioenergía producida por medio de la biomasa forestal ha sido estudiado en el Tecnológico de Costa Rica (TEC), y se menciona que el TEC cuenta con numerosas investigaciones, compuestas principalmente por tesis de grado, entre los ejes analizados se encuentran, análisis de la densidad de siembra para cultivos energéticos, sustentabilidad ambiental e impacto de la plantación, productividad, factibilidad financiera, transferencia tecnológica entre otros.

El TEC cuenta con plantaciones dendroenergéticas experimentales en sus dos sedes, de Cartago y San Carlos, donde se realiza el aprovechamiento de la plantación al menos una vez al año (Umaña, 2017).

3.3.2.2. *Cultivos energéticos*

Los cultivos energéticos son plantas de rápido crecimiento plantadas con el único objetivo de la obtención de energía o para obtener otras sustancias utilizadas como combustible (Delgado, 2008).

Según Delgado (2008), hay tipos de cultivos energéticos, entre los que se encuentran:

Cultivos productores de biomasa lignocelulósica: se utilizan principalmente para la producción de calor mediante su combustión directa en calderas, lo que permite su uso en desecación y en generación de vapor. Como ejemplo de este tipo de biomasa destaca el cardo.

Cultivos cuyo procesamiento genera combustibles líquidos: tal es el caso de los aceites vegetales con diferentes grados de transformación y los alcoholes obtenidos por destilación, llamados biocarburantes comúnmente.

Los biocarburantes son combustibles líquidos, producto de materiales agrícolas, se distinguen dos clases, el biodiesel y el bioetanol (Delgado, 2008).

Delgado (2008), opina que:

El futuro de la biomasa en el suministro mundial de energía es incierto; mientras unos prevén que su porcentaje sea entre el 14 y el 22% en el 2060, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) prevé del 25 al 46% para el 2100. Aunque es probable que su uso global aumente, la energía de la biomasa se enfrenta a dos problemas ecológicos: el gran consumo de agua y la baja eficiencia de la fotosíntesis.

Según alguna información recopilada para Costa Rica entre el año 1998-2003, se dice que se cuenta con variedad de actividades agropecuarias en el país que generan biomasa como un subproducto, entre los productos que mayor cantidad de residuos generan, se encuentra a la caña de azúcar y el banano junto con otros 33 productos (Ramírez et al., 2007).

Un factor negativo de la utilización de residuos biomásicos de procesos agroindustriales como energía, es la cantidad de ceniza residual, ya que el manejo de este tipo de desecho traería un costo adicional, generando el desinterés por parte de muchas empresas en el tema de optimización del uso de residuos (Ramírez et al., 2007).

3.3.3. Productos energéticos

Los pellets son una alternativa de compactación de biomasa lignocelulósica, ayuda a reducir el volumen del residuo, ya que una trituración del residuo no es suficiente, con esto se reduce el costo de transporte, además de contribuir a la automatización de la alimentación del combustible (Delgado, 2008).

Delgado (2008), indica que uno de los continentes en los que la tecnología de pelletización está ampliamente desarrollada es Europa, especialmente en el Norte de Europa.

Delgado (2008), menciona que los pellets se producen en una forma cilíndrica, tiene un diámetro de 6 a 20 mm aproximadamente, y una longitud de 25 a 60 mm, sus medidas van a depender del uso que se le vaya a dar y el tipo de sistema de aprovechamiento, durante el proceso de elaboración se puede adicionar agua o vapor, sin embargo, no es necesario en ocasiones, ya que los componentes lignocelulósicos de la biomasa actúan como ligantes naturales.

3.3.3.1. *Productos energéticos en Costa Rica*

Entre las principales empresas que se desarrollan en Costa Rica con productos bioenergéticos se encuentra la Empresa Pelletics, esta genera pellets de alta calidad, elaborados con desechos de maderas tropicales y desechos del agro, estos son

comercializados a nivel local como sustituto de combustibles fósiles (Pelletics Energía Renovable, s.f.a).

La empresa (Pelletics, s.f.c), elabora pellets de madera con certificado de calidad basado en la Norma CEN/TS 14961, estos poseen un contenido de humedad menor al 10%, además no contienen aditivos, entre sus especificaciones indican que contienen un poder calórico neto de 18.5 MJ/kg.

Por otro lado se encuentra la empresa Biomass Costa Rica International S.A. (s.f.), la cual produce chips o astillas orgánicas de forma irregular de madera, estos utilizan para su fabricación residuos de biomasa agroforestal; entre las especificaciones del producto se menciona que contiene un poder calórico de 4 876 cal/g en base seca y de 3 541 cal/g en base húmeda, además se producen en dos tipos de granulometrías G30 y G20.

Entre otros productos energéticos se encuentra la cascarilla de arroz, utilizada por la empresa Grupo Pelón (s.f.), esta contiene un alto poder calórico, de 3 281,6 Kcal/kg y bajos contenidos de humedad, menores al 7%, entre otros materiales utilizados para la generación de energía, se encuentra el King grass y el bagazo de caña.

3.4. Análisis de mercado

Se dice que la investigación de mercados está compuesto por una planeación, recolección y análisis de datos, que ayudan a determinar las decisiones a tomar en el tema de marketing y la comunicación de los resultados (McDaniel y Gates, 2011).

Uno de los factores de importancia que desempeña la investigación de mercados, es, que puede ser de carácter descriptivo, explorativo o de diagnóstico, además tiene funciones de predicción o causal (McDaniel y Gates, 2011).

Bennett (1988), define la investigación de mercados como:

La investigación de mercados es la función que enlaza al consumidor, al cliente y al público con el comercializador a través de la información. Esta información se utiliza para identificar y definir las oportunidades y los problemas de marketing; como también para generar, perfeccionar y evaluar las acciones de marketing; monitorear el desempeño del marketing; y mejorar la comprensión del marketing como un proceso.

La investigación de mercados especifica la información requerida para abordar estos problemas; diseña el método para recolectar la información dirige e implementa el proceso de recolección de datos; analiza los resultados y comunica los hallazgos y sus implicaciones.

3.4.1. Oferta

Parkin y Loría (2015), definen el término de oferta como: la “relación íntegra entre el precio de un bien y la cantidad ofrecida del mismo”.

Esta se puede determinar de la misma manera que la demanda del mercado, por medio de la suma de todo lo ofrecido por los productores de un solo artículo en cada periodo (Case y Fair, 2008).

Parkin y Loría (2015), indican que cuando cambia alguno de los factores que influye en las ventas, que no sea el precio, la oferta sufre un cambio; por lo que se tiene que los seis factores principales que provocan estos cambios son: los precios de los factores de producción, los precios de bienes relacionados producidos, los precios esperados en el futuro, la cantidad de proveedores, la tecnología y las condiciones naturales.

Sin embargo, la oferta puede cambiar de otras formas, como cuando se presenta una oferta excedente o superávit; esto significa que la cantidad ofrecida supera a la demanda al precio actual (Case y Fair, 2008).

Otro cambio se presenta cuando la cantidad demandada supera a la cantidad ofrecida, lo que significa que el precio tiende a incrementar, al subir el precio de mercado la cantidad demandada tiende a disminuir, cosa contraria sucede con la ofrecida, ya que esta va a aumentar hasta alcanzar el equilibrio entre la demanda y la oferta (Case y Fair, 2008).

Por otro lado Parkin y Loría (2015), mencionan la Ley de la oferta, definiéndola como: “si todos los demás factores permanecen sin cambio (*ceteris paribus*), cuanto más alto es el precio de un bien, mayor es la cantidad ofrecida del mismo; y a menor precio de un bien, menor es la cantidad ofrecida del bien”.

3.4.2. Demanda

Schnarch (2014), señala que algunas de las técnicas que las empresas utilizan para el cálculo o estimación de la demanda de un producto nuevo son:

- a. **Analogía histórica:** esta técnica consiste en la búsqueda de productos similares al estudiado, para realizar un análisis de las ventas anteriores y registrar las experiencias, en esta técnica se podría hacer el supuesto que el entorno económico y el del mercado son similares.
- b. **Métodos sustitutivos:** este método analiza las ventas de los productos que serán desplazados por el nuevo producto, con esto se puede averiguar el límite superior de ventas, y así realizar estimaciones.

- c. **Análisis de la necesidad:** en esta técnica se determinan quiénes podrían ser los interesados en la compra del producto, de esta forma se calculan los mercados potenciales para cada uno de los posibles segmentos por medio del método de la razón en cadena, además de fijar un porcentaje de penetración deseado.

- d. **Métodos subjetivos:** este método es basado en la experimentación, informaciones y juicio, en ocasiones estas pueden ser provenientes de una fuente informal de la empresa en los aspectos de características de distribución y comportamiento del mercado, etc, la información se puede obtener por medio de encuestas de opinión de expertos y ejecutivos.

- e. **Técnicas experimentales:** estas técnicas solo se pueden aplicar luego del desarrollo del producto, ya que en estos se aplican experimentos de campo, como lo es el test del mercado, utilizado para observar el comportamiento de compra y las condiciones reales y competitivas de las ventas potenciales

Parkin y Loría (2015), además de la Ley de la oferta, definen la Ley de la demanda, como: “si los factores no cambian, cuanto más alto es el precio de un bien, menor es la cantidad demandada del mismo; y a menor precio de un bien, mayor es la cantidad demandada”.

3.4.3. Submercados

Kotler y Armstrong (1991) hablan que “un mercado es un conjunto de compradores reales o potenciales del producto”, además que “la segmentación del mercado es la división de un mercado en grupos más pequeños de compradores con necesidades,

características o comportamientos diferentes que podrían requerir estrategias o mezclas de marketing particulares” (2017a).

Teniendo claro la definición de mercado y su segmentación, se ha identificado que gran parte de los productores distribuyen su producto a intermediarios en lugar de realizar una venta directa al consumidor final, donde los intermediarios se van a dedicar a la compra y venta de productos, sin modificarlos (Céspedes, 2008).

De forma general se menciona que se pueden distinguir tres tipos de distribución del producto, la distribución exclusiva, selectiva y masiva o intensiva (Céspedes, 2008).

Entre las prácticas que deben de realizar los investigadores de mercados se tienen:

Medir el potencial del mercado, analizar la porción del mercado, determinar las características del mismo, analizar las ventas, estudiar las tendencias de negocios, hacer pronósticos a corto plazo, analizar los productos de la competencia, hacer pronósticos a largo plazo, analizar estudios de los sistemas de información de mercadotecnia e investigar sobre los precios (Kotler y Armstrong, 1991).

3.4.3.1. Mercado proveedor

Kotler y Armstrong (1991), definen a los proveedores como aquellos que pueden ser parte de una compañía o pueden funcionar individualmente aportando recursos, para que la compañía que produce o elabora un producto pueda desarrollar sus bienes y servicios de la mejor forma; en esta compañía el gerente de la sección debe de cumplir varias funciones, como la supervisión de la disponibilidad de los suministros recibidos, al igual que la escasez de los materiales, también debe de detectar la alza o disminución en el precio de las materias primas, ya que si el precio aumenta, el precio

del producto final de igual forma va a aumentar, lo que podría afectar las ventas de la compañía.

3.4.3.2. Mercado consumidor

Kotler y Armstrong (2017a), mencionan que los consumidores pueden agruparse de distintas maneras, como por ejemplo según factores geográficos, donde se clasifican a las personas por la región o ciudad donde viven, también se pueden agrupar según el sexo, la edad o incluso el nivel de ingreso o la escolaridad (factor demográfico), otra de las clasificaciones es por el estilo de vida que llevan y a la clase social a la que pertenecen (factor psicográficos) y el último de los factores es según el comportamiento, por qué es que la persona compra, en qué circunstancias lo hace, cuales son los beneficios buscados, entre otros.

Es de importancia estudiar cual es el mercado meta al que se quiere llegar, para esta selección Kotler y Armstrong (2017a) sugieren que hay que realizar una evaluación del atractivo de cada uno de los segmentos del mercado y definir a cuáles de ellos y cuantos desea dirigirse.

Algunos de los niveles a analizar en el mercado meta son, de forma amplia con el Marketing no diferenciado, dirigido de forma masiva, o de forma estrecha con el Micromarketing, dirigido de forma más local o individual, también se puede analizar desde el punto medio con el Marketing diferenciado (segmentado) y con el Marketing concentrado (de nicho) (Kotler y Armstrong, 2017a).

3.4.3.3. Mercado distribuidor

Se menciona que existen varios canales de distribución o canales del marketing, entre ellos están los minoristas y mayoristas, representando el enlace entre la compañía y

los clientes, siendo parte del canal de marketing indirecto, sin embargo el producto se podría vender de forma directa sin intermediarios (canal de marketing directo) (Kotler y Armstrong, 2017a).

Se define a los minoristas como personas que venden el producto de forma directa al cliente, mientras que el mayorista vende el producto a revendedores, que por lo general es para darle un uso comercial (Kotler y Armstrong, 2017a).

Kotler y Armstrong, sugieren que el canal de marketing indirecto podría ser un problema, ya que la empresa desarrolladora del producto y los distribuidores compiten por los clientes, lo que en el futuro pueden crear problemas (2017a).

3.4.3.4. Mercado competidor

Kotler y Armstrong (2017b), mencionan que es importante hacer una evaluación de los competidores con el fin de saber cuáles son sus principales objetivos, que buscan en el mercado, su estrategia, además de sus fortalezas y debilidades; en algunas ocasiones el competidor investiga sobre la forma de producción del líder en el mercado, descubriendo tecnologías de producción a costos menores, esto le va a permitir competir en el mercado con precios más bajos a los establecidos.

Además mencionan que al conocer sobre los objetivos del competidor, se va a descifrar cuan satisfecho este está y cuál podría ser su reacción ante otras acciones competitivas por parte del líder u otros competidores.

Villanueva y de Toro (2017), indican que la competencia puede aumentar la familiaridad del producto o servicio con el cliente, esto se puede ver como un factor positivo, ocasionando el aumento de las ventas para cada competidor.

Cada competidor aporta importancia a sus clientes, por lo que es importante conocer sobre las características y calidad del producto, como es el servicio al cliente, los precios de mercado y como y donde distribuyen sus productos, de esta forma si se descubre un nuevo segmento, podría verse como una oportunidad para todos, sabiendo como atacar el mercado (Kotler y Armstrong, 2017b).

3.4.3.5. Mercado externo

Según Kotler y Armstrong (1991) definen un sinónimo del mercado externo, como mercado internacional, que es todo aquel que involucra a compradores y consumidores extranjeros, además es importante incluir a productores que pueden funcionar como distribuidores, y a los revendedores.

3.4.4. Producto

Según Kotler y Armstrong (2017a), el producto es “cualquier cosa que puede ofrecerse a la atención de un mercado para su adquisición, utilización o consumo y que puede satisfacer una necesidad o un deseo.”.

Por otro lado Schnarch, (2014), menciona que un nuevo producto, implica poder definir un producto que muestra sus características, funcionamiento y beneficios; y que como parte de su proceso de confección, elaboración y lanzamiento se deben de generar las preguntas: ¿Hacia qué público va dirigido?, ¿Cómo y cuándo será utilizado?, entre otras.

Schnarch (2014), indica que el producto puede ser de dos tipos, tangible e intangible:

Tangible: en este se realiza una descripción escrita o gráfica de las características físicas y perceptuales del producto ampliado final que considera y la promesa que constituye para los clientes del mismo.

Intangible: se realiza una descripción escrita o gráfica, del esquema del servicio (básico y periféricos) y sus principales elementos (clientes, soporte físico, personal de contacto y procesos) y beneficios esperados para los clientes del mismo.

Kotler y Armstrong, (2017a), definen el ciclo de vida del producto (figura 1) como aquel que está conformado por cinco fases, el desarrollo del producto, la introducción, el crecimiento, la madurez y la decadencia, pero que no todos los productos tienen que pasar por estas cinco etapas, ya que cada producto se comporta diferente, así como unos se lanzan al mercado y mueren rápidamente, otros se pueden estancar en alguna etapa, o tienen un pico de crecimiento luego de promociones y publicidad.

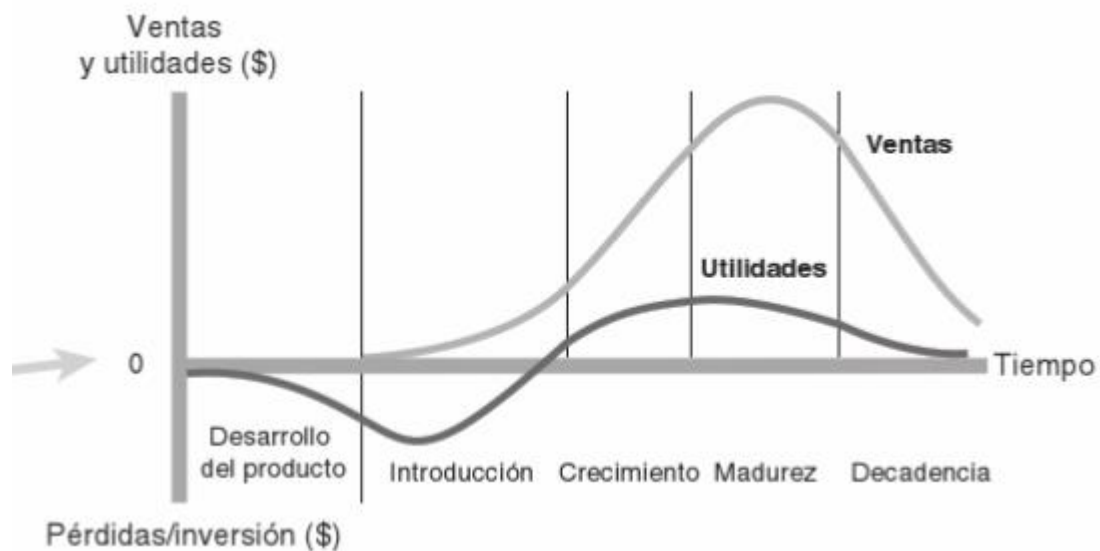


Figura 1. Ciclo de vida del producto (Kotler y Armstrong, 2017a).

En la etapa de desarrollo del producto la empresa no genera ganancias pero si costos de inversión, ya que se encuentra en el desarrollo de la idea, una vez que el producto es desarrollado se lanza al mercado, su crecimiento puede ser lento, en esta etapa se invierte en publicidad; luego de que el producto es aceptado en el mercado, crecerá poco a poco, obteniendo utilidades, al llegar a la etapa de la madurez, las ventas decrecerán un poco al lograr la aceptación de los compradores potenciales, y por último muchos productos llegan a la decadencia, en donde las ventas disminuyen drásticamente (Kotler y Armstrong, 2017a).

3.4.5. Precio

El precio es el pago por parte del consumidor en la compra de un producto (Céspedes, 2008).

Kotler y Armstrong (2017a) definen el precio como: “la suma de los valores que los consumidores dan a cambio de los beneficios de tener o usar el producto o servicio”, siendo este el único elemento que genera utilidades dentro del marketing.

Algunos factores que se consideran al determinar el precio de un producto son: Demanda normal, Demanda inversa, Capacidad de producción, Medios de apoyo, Calidad y precio, Características del consumidor potencial, Productos sustitutivos, Productos de monopolio, Precios dirigidos, Cotizaciones del mercado, Niveles de precio (Céspedes, 2008).

Existen diferentes tipos de precios, los cuales sirven para establecer el precio del producto en venta, se mencionan los siguientes, Precio de mercado y Precio de empresa (Céspedes, 2008).

El precio puede ser fijado según los precios de mercado y su comportamiento, no se buscan precios demasiados bajos por qué significan la ruina, pero tampoco se buscan

precios demasiado altos, ya que eso afectara negativamente las ventas, si no que se buscan los precios que maximicen las ganancias en combinación con la maximización de las ventas, y este se debe de adaptar a la oferta y a la demanda (Céspedes, 2008). El precio final del producto listo para la venta debe de incluir, el costo de la fabricación del producto, el costo de distribuirlo, calculado con distintas distancias, y el margen de utilidad, que es equivalente a la ganancia por unidad vendida (Céspedes, 2008).

3.4.6. Plaza

La plaza es aquella donde la compañía pone a disposición del cliente final el producto, pensando en la factibilidad de adquisición; en este sitio intervienen factores como los canales de distribución, la ubicación, cobertura, inventario, transporte y logística (Kotler y Armstrong, 2017a).

3.5. Historia de ASIREA

La Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica (ASIREA), es una fundación sin fines de lucro, fundada en el año 1987, esta se dedica a la promoción y establecimiento de plantaciones forestales en la Región Huetar Caribe; fue declarada de utilidad pública para el Estado en el decreto ejecutivo No. 251175.

Cuenta con una oficina ubicada en las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria (INTA) en Guápiles, además cuenta con un vivero para la reproducción de clones de *Gmelina arborea* (melina).

La asociación tiene experiencia en el área de consultorías, inventario forestal, regencias, mejoramiento genético, programa de biocomercio, pago de servicios ambientales, entre otros (Rivera, 2012).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área en estudio

El estudio se desarrolló en la Región Huetar Caribe, esta posee una extensión territorial de 9 188,52 km², equivalente al 17,98% del territorio nacional (MIDEPLAN, 2017). (Figura 2)

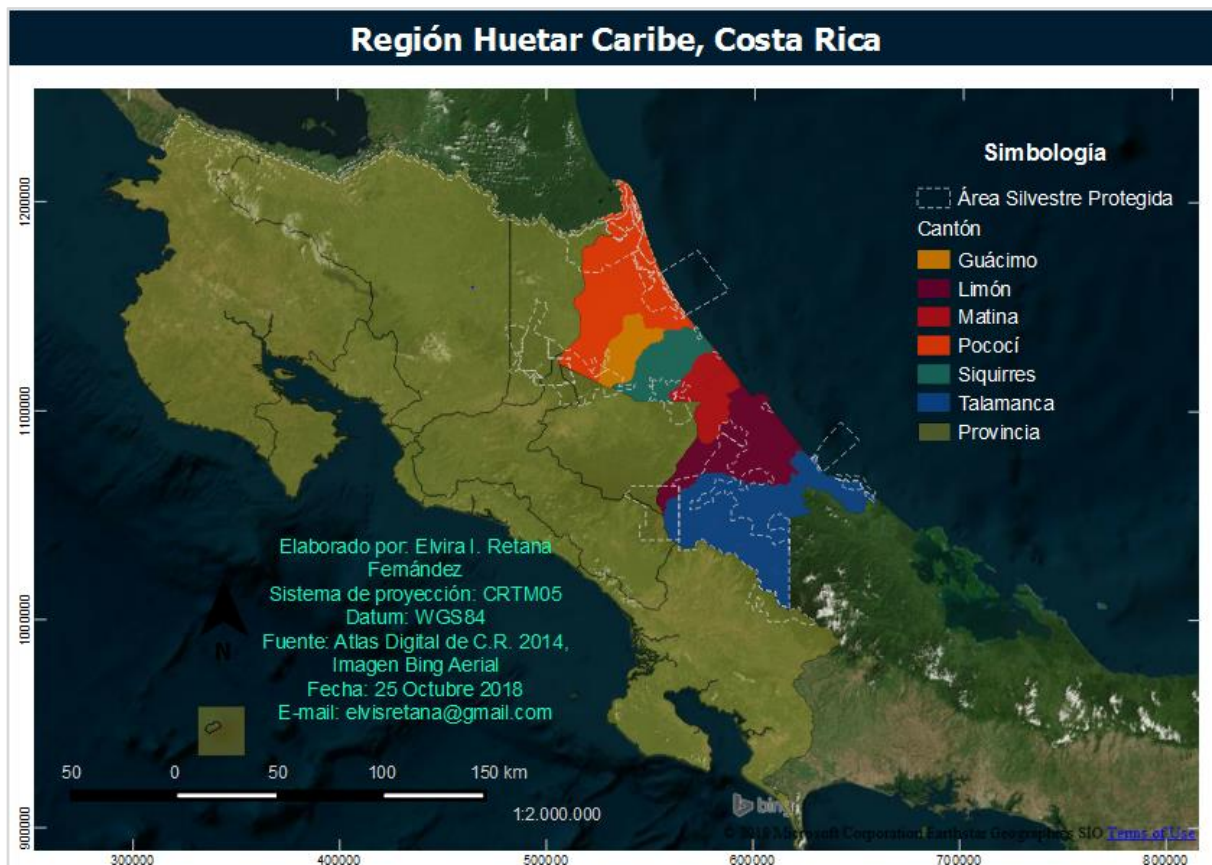


Figura 2. Ubicación de la Región Huetar Caribe, Costa Rica.

La región comprende los cantones de Limón, Pococí, Siquirres, Talamanca, Matina y Guácimo distribuidos en la provincia de Limón (Decreto ejecutivo N°7944, 1978). Se encuentra localizado en la zona oriental del país, limitando al Norte con Nicaragua, al Este con el Mar Caribe, al Oeste con los cantones de Cartago y Turrialba de la

Región Central, al Sur con el cantón de Buenos Aires y al Noreste con el cantón de Sarapiquí perteneciente a la Región Huetar Norte (MIDEPLAN, 2017).

La región cuenta con 22 Áreas Silvestres Protegidas con diferentes categorías de manejo, representa un 38,8% del área total de la región, la categoría que predomina es la de Parque Nacional junto con el Refugio de Vida Silvestre (MIDEPLAN, 2017).

4.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de graduación se desarrolló por medio de un enfoque mixto, con la aplicación de una investigación exploratoria y descriptiva. Dentro de la investigación se determinó la oferta de biomasa forestal por parte de aserraderos en la región, así como biomasa procedente de plantaciones forestales en la etapa de cosecha y raleos, de los asociados de ASIREA.

Se determinó la demanda de empresas interesadas en la región por un producto con características bioenergéticas, además se realizó un estudio de los submercados, por medio de un análisis FODA y la caracterización de cada uno de los submercados.

Las fuentes de información para el adecuado desarrollo de la investigación fueron, ASIREA, productores, dueños de aserraderos, la municipalidad, SINAC, MINAE entre otros.

Se utilizaron dos fuentes principales de información: las fuentes primarias, fueron las entrevistas y encuestas generadas por medio de un estudio cualitativo y cuantitativo, las fuentes secundarias fueron, la Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Huetar Atlántica (ASIREA), en el aspecto de los posibles oferentes y las empresas interesadas en el producto, llámese demanda; la segunda fuente fue la observación y la revisión de literatura, principalmente en la búsqueda de productos

similares, además se buscaron bases de datos que contengan información sobre aserraderos y otras industrias en la región.

4.3. Determinación de la oferta

El cálculo de la oferta actual se hizo utilizando dos fuentes de información:

- a. Aserraderos de la región.
- b. Residuos de raleos y cosechas de las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA.

4.3.1. Aserraderos

4.3.1.1. Selección de la muestra de aserraderos

La población total (N) del estudio identificada fue de 46 aserraderos, incluidas bloqueadoras, tarimeras, mueblerías y depósitos, correspondientes a industrias ubicadas en la Región Huetar Caribe, los cuales fueron localizados por medio de consultas realizadas a: la oficina de ASIREA principalmente, a la oficina regional del SINAC, productores, personas aledañas a la zona, dueños de aserraderos, y las municipalidades del cantón de Limón, Guácimo, Matina, Pococí, Siquirres, y cantón de Talamanca, además de la revisión del Censo Nacional de la Industria Forestal Primaria de Costa Rica (MINAET & SINAC, 2011) y el Trabajo Final de Graduación de Mena (2012). La información colectada fue tabulada en una hoja Excel y representada en un mapa de ubicación elaborado con el software de uso libre QGIS 2.8.9, entre los datos recolectados se incluyó el nombre de la industria, su ubicación en la región, nombre del dueño o encargado, identificación, número de teléfono, estado de funcionamiento al que corresponde el sitio (Anexo 7).

4.3.1.2. Elaboración y aplicación de encuestas

La elaboración de las encuestas se realizó con base en una investigación de tipo cualitativo, donde se consultaron aspectos como el tamaño del aserradero, el tipo de especies con las que trabajan, si venden o no residuos de la industria, si estarían

interesados en la venta de residuos a un solo comprador, el tipo de residuos que tienen a la venta, la producción aproximada de residuos por año, las características de los residuos en venta (en pacas o por toneladas), el precio de venta del producto, entre otros aspectos; la encuesta se redactó utilizando preguntas de tipo abiertas y cerradas. (Anexo 1).

La aplicación de la encuesta fue dirigida a la muestra (28 establecimientos), obtenida de la población total (N) utilizando la fórmula (5).

La información fue recolectada en formularios impresos a fin de estimar la cantidad de residuos ofertados por establecimiento y por cantón, además de identificar las especies más utilizadas, toda información recolectada se insertó en una hoja Excel, permitiendo el análisis de la información.

4.3.1.3. Cuantificación de biomasa con fines energéticos en industrias

Para la cuantificación de biomasa proveniente de aserraderos e industrias similares, se estableció el tipo de residuo a cuantificar, ya que en estos sitios por lo general se producen residuos diversos, como aserrín, cabería, corteza, leña entre otros; por lo que se definió que el residuo a cuantificar fueron todos aquellos que se encontraban apilados, en forma de paca de madera o leña, que permitieran obtener un diámetro promedio y contabilizar las unidades de madera por metro cuadrado, de esta forma se logró calcular el volumen de cada paca de madera utilizando el Método estéreo (Meza & Simón, 2005). Este método se utilizó en el caso pilas o pacas de madera compuestas por trozas de tamaño mediano a grande y con diámetros desuniformes.

En cuanto a la madera apilada rajada, madera apilada en rollo, compuesta por trozas pequeñas categorizadas como leña y para madera apilada en desorden se utilizaron las fórmulas sugeridas en el Manual de inspecciones de los volúmenes de madera en

la industria forestal y depósitos de venta de madera, las cuales son derivadas del método estéreo antes mencionado.

Los residuos categorizados como aserrín y burucha se cuantificaron por medio del pesaje de los mismos, para la determinación del peso de los sacos se utilizó una balanza mecánica de gancho, con una capacidad máxima de 50 kilogramos.

El peso en gramos de cada paca o pila se obtuvo mediante la multiplicación del volumen en metros cúbicos por la densidad de la madera de la especie predominante en cada paca y pila de madera en desorden (la referencia de las densidades según especies se puede consultar en el anexo 6).

En el caso de los residuos finos se obtuvo el dato en kilogramos, por lo se realizó una conversión sencilla a toneladas; para obtener el total en toneladas por año generadas en aserradero se realizó la sumatoria de los resultados de leña, aserrín y burucha.

En los casos en que la industria desconocía la cantidad de residuos producidos se realizó una ponderación entre las industrias similares a la analizada, por tamaño y por el sector al que pertenecen, el dato se ajustó con la información brindada por los encuestados para extrapolar la información a toneladas por año.

Para el cálculo de residuos de leña se utilizó el método estéreo utilizando la fórmula (1):

$$Vs = Vst * Fst (1)$$

Donde,

Vs= Volumen sólido en metros cúbicos (m³)

Vst= Volumen estéreo en metros cúbicos estéreos (largo*ancho*alto) (m)

Fst= Factor estéreo, para el cálculo del factor estéreo se utilizaron los valores de diámetro medio de la pila (DM) y el número de trozas por metro cuadrado (Tr/m²) (Anexo 10)

Tr/m² se obtuvo a partir de la tabla de irregularidad y tabla de factores estéreo, (Anexo 9)

Otras fórmulas derivadas, utilizadas según el caso son:

Leña apilada rajada

$$V = A * H * L * 0,784 \quad (2)$$

Leña apilada en rollo

$$V = A * H * L * 0,5 \quad (3)$$

Leña apilada en desorden

$$V = \frac{\pi}{3} * r^2 * H * 0,624 \quad (4)$$

Donde,

V= Volumen (m³)

A= Ancho (m)

H= Alto (m)

L= Largo (m)

R²= Radio de la pila (m)

π = 3,1416

Después de obtener los datos de cada muestra los mismos fueron extrapolados a la población de aserraderos para obtener la estimación de la oferta de biomasa toneladas totales por año.

4.3.2. Plantaciones

4.3.2.1. Selección de la muestra de plantaciones

El diseño de la muestra de las plantaciones en bloque o SAF en cosecha y en etapa de raleo, se realizó por medio de la recolección de datos relacionados a los beneficiarios, en la oficina de ASIREA, por medio de una entrevista con los ingenieros forestales a cargo de cada plantación, además de la revisión manual de expedientes, encontrados en físico solamente; se logró determinar la población total (N), con 69 beneficiarios involucrados en el Pago de Servicios Forestales, 8 en la modalidad de reforestación y 61 en sistemas agroforestales, ubicados en los seis cantones de la provincia, la información colectada fue tabulada en una hoja Excel y representada en un mapa de ubicación elaborado con el software de uso libre QGIS 2.8.9, entre los datos recolectados se incluyó el nombre del beneficiario, la ubicación de la plantación, la especie plantada, el área del terreno, su estado de manejo, y el contacto del asociado, entre otros (Anexo 7).

4.3.2.2. Recolección de Información

Se elaboraron formularios para la recolección de datos de los asociados, y así determinar la muestra, en este se recolectaron datos como contacto de cada asociado, ubicación de la plantación y estado en el que se encuentra la plantación, entre otros; los datos recolectados se tabularon utilizando el programa Excel.

Además, se elaboraron formularios para la recolección de datos de biomasa, estos se aplicaron a la muestra seleccionada (n), entre la información recolectada se incluyó el

diámetro a la altura de pecho, especie plantada, la ubicación de la plantación, día de recolección, entre otros aspectos. (Anexo 3)

4.3.2.2.1. Cuantificación de biomasa con fines energéticos en plantaciones

Para la cuantificación de biomasa de las plantaciones, se categorizó cada una de las modalidades de reforestación y sistema agroforestal según la etapa de corta en la que se encontró, (raleo y cosecha final); estas se categorizaron según el diámetro promedio de corta obtenido de información suministrada por ASIREA. La condición R1 corresponde con el raleo 1 y contiene árboles con un diámetro promedio 5 cm a 10 cm, R2 corresponde con raleo 2 y con diámetro entre 15,1 cm a 25 cm, C corresponde con las plantaciones que se están para cosecha final con diámetro de 25,1 cm en adelante. En el caso de R1 se consideró por completo el árbol para el cálculo de la biomasa, para R2 y C se realizó el cálculo para fuste, ramas y follaje por separado.

El cálculo de biomasa se realizó solamente para biomasa arriba del suelo, para ello fue necesario la medición del diámetro a 1,3 m del suelo (DAP) de una muestra de individuos seleccionados para cada finca muestreada, se midieron 24 individuos por finca, para el cálculo de biomasa se utilizaron cuatro ecuaciones (cuadro 1) diseñadas para *Gmelina arborea* y otras seis especies reportadas por Arias, Calvo-Alvarado, Richter y Dohrenbusch (2011).

Cuadro 1. Modelos alométricos utilizados para el cálculo de biomasa arriba del suelo en kilogramos, en función del diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros.

Factor de medición	Modelo	R ²	Número de árboles por medir (n)
Biomasa total del árbol *	0,1602 (DAP) ^{2,1937}	0,97	24
Biomasa fuste ***	0,075 (DAP) ^{2,4167}	0,99	12
Biomasa de ramas **	0,1001 (DAP) ^{1,662}	0,92	12
Biomasa del follaje *	0,044 (DAP) ^{1,7963}	0,91	24

*Modelo generado para las especies *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea*, *Gmelina arborea*, *Hieronyma alchorneoides* y *Pinus caribea*.

**Modelo generado para *Gmelina arborea*.

***Modelo generado para *Gmelina arborea*, *Terminalia amazonia*, *Hieronyma alchorneoides*.

n: número de árboles utilizados por el autor para la determinación del modelo.

Una vez obtenidos los kilogramos de biomasa totales por beneficiario, se realizó una transformación del resultado a toneladas totales, además de la extrapolación de los datos por hectárea.

4.3.2.3. Tipo de muestreo y tamaño de muestra

El tipo de muestreo utilizado fue un muestreo aleatorio simple, se eligió la muestra de tal forma que cada una de las fincas y de los aserraderos tuvo igual probabilidad de ser seleccionada de la población (Benassini, 2009). El tamaño de la muestra (n) se determinó con la utilización de la fórmula de Mateu y Casal, (2003), considerando un error de muestreo de 10%.

La muestra en el caso de las fincas con plantación o SAF (n) se obtuvo con la fórmula (5) y resultó para proyectos de reforestación de 6 fincas, y de 31 para proyectos en sistema agroforestales.

$$n = \frac{P*(1-P)}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{P*(1-P)}{N}} \quad (5)$$

Donde,

N= Tamaño de la población potencial

E=Error de muestreo 10% (0,1)

P= Proporción esperada, cuando no se conoce se utiliza 50% (0.5) para proyectos de reforestación y de 75% (0,75) para proyectos de sistemas agroforestales

Z= Número de unidades de desviación estándar en la distribución normal para un nivel de confianza del 95% (1,96)

n= Tamaño de la muestra

En el caso de los establecimientos industriales, la muestra quedó fijada en 28 y correspondiente a una población (N) de 46 en total.

La ubicación de las industrias muestreadas se presenta en la figura 3 y la lista y ubicación de las industrias muestreadas se presentan en el Anexo 4.

Muestra de Industrias, Limón, Costa Rica

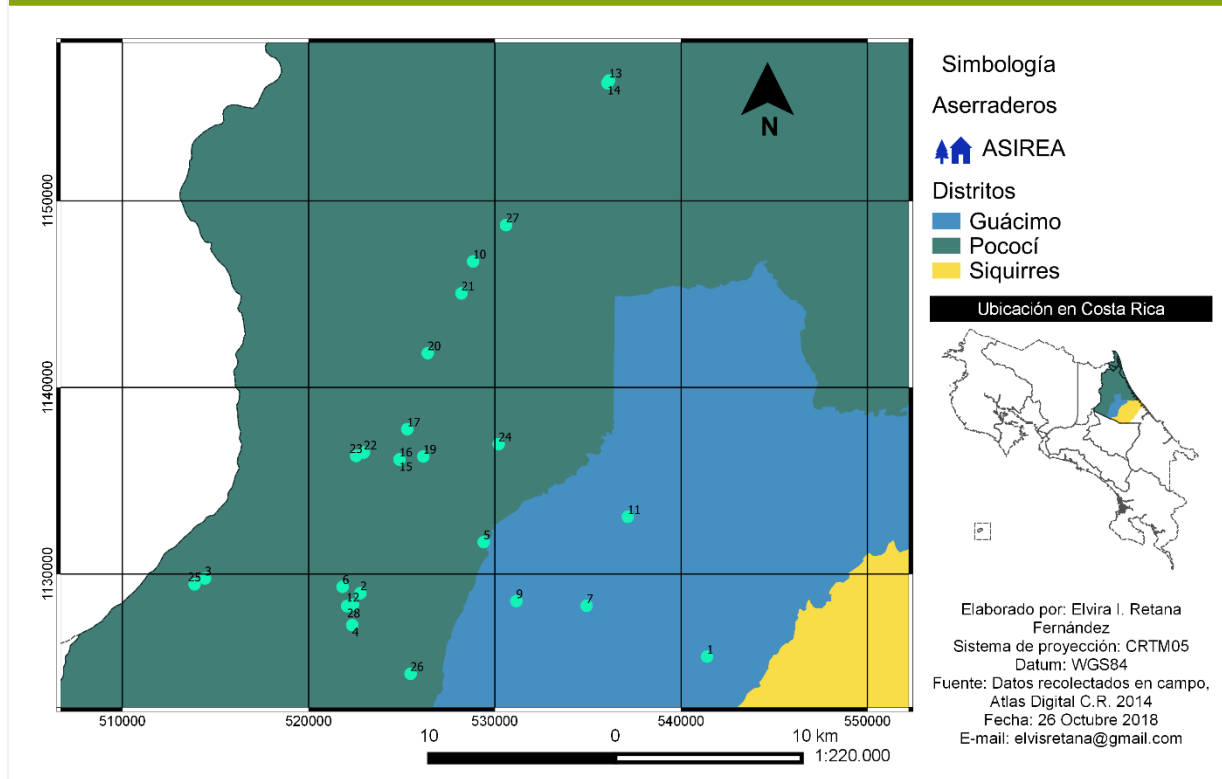


Figura 3. Ubicación de las industrias muestreadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

En cada sitio de muestra se procuró realizar la medición de 24 árboles seleccionados; sin embargo, en campo se presentaron situaciones especiales, donde en algunas de las plantaciones se midió un número inferior de árboles.

4.3.3. Análisis de la información

El análisis de la información de los aserraderos se realizó por medio de gráficos, tablas, y estadísticas generadas por Excel, este también permitió realizar cálculos en relación a los datos, como, por ejemplo, el cálculo de promedios.

El análisis de la información de las plantaciones se realizó por medio de gráficos, tablas, y estadísticas descriptivas básicas, esto con el fin de determinar la oferta de residuos generada por los beneficiarios de ASIREA.

4.3.4. Proyección de la oferta

La proyección de la oferta de biomasa se determinó por medio del programa Excel, con la extrapolación de datos, según el área muestreada, con los datos recolectados en las plantaciones de los beneficiarios y de los aserraderos y bloqueadoras del área de influencia de ASIREA. Esta proyección se clasificó según los cantones de la región, de esta forma se observó mejor su distribución y la zona en la cual hay mayor oferta de materia prima. En el caso de la biomasa ofertada por las industrias, esta corresponde a la cantidad de toneladas producidas de biomasa por año. Mientras que la biomasa ofertada por las plantaciones es una proyección de la biomasa total actual, la cual tiene un ritmo de crecimiento anual.

La categorización de las industrias se realizó individualmente de acuerdo a la cantidad de biomasa generada, por lo que todos aquellos aserraderos que generen menos de 1 000 t/año entran en la categoría de “Aserradero pequeño”, aquellos que generen entre 1 000 t/año y 10 000 t/año, entran en la categoría de “Aserradero mediano” y los que generen mayor cantidad de residuo (>10 000 t/año), en la categoría de “Aserradero grande”.

Además se aplicó un factor de aprovechamiento para obtener un dato real sobre la biomasa disponible para la comercialización, debido a que el fin principal de las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA es el aprovechamiento de la madera; se sugiere un porcentaje de residuo de 40% para el volumen calculado sobre los árboles en R1 y R2 en el cálculo de biomasa total de árboles completos y biomasa total de fuste, mientras que para árboles en C se les aplicó un 10% de residuo sobre el volumen obtenido (Meza, A., comunicación personal, 21 noviembre,2018).

4.4. Determinación de la Demanda

4.4.1. Selección de la muestra

El diseño de la muestra de las empresas interesadas en la compra de un producto con características bioenergéticas (N) es de 23, estas corresponden a industrias que utilizan las fuentes de energía renovable como una alternativa de producción de energía, por ejemplo, en calderas, secadores de madera y la utilización de maquinaria de grandes dimensiones, para reducir la factura de electricidad, además se incluyeron industrias con calderas que utilizan otro tipo de combustible, las cuales podrían estar interesadas en el cambio de tecnología.

La recolección de la información se generó por la consulta realizada a entes como ASIREA, consultas a dueños de aserraderos y otros, así como la utilización de la base de datos de calderas registradas en Costa Rica del Ministerio de Salud. Toda la información fue tabulada en una hoja Excel y representada en un mapa de posibles interesados en la compra del producto, además se identificaron las empresas que mostraron interés en el cambio de tecnología para la utilización de productos bioenergéticos; entre los datos recolectados se incluyó el nombre de la empresa entrevistada y encuestada, datos personales del dueño o encargado, ubicación de la empresa, tipo de tecnología utilizada para la producción de energía, en el caso de que utilicen solo energía eléctrica si están o no interesados en un cambio de tecnología, si consumen productos similares al propuesto, contacto, cantidad de demanda del producto, entre otras.

El tipo de muestreo utilizado fue un muestreo aleatorio simple, en este, se eligió la muestra de tal forma que cada una de ellas tenga igual probabilidad de ser seleccionada de la población, dentro de lo posible la muestra debe de ser del mismo tamaño (Benassini, 2009). El tamaño de la muestra ($n=11$) se determinó con la

utilización de la fórmula (5) de Mateu y Casal (2003) considerando un error de muestreo de 10%.

4.4.2. Elaboración y aplicación de encuestas y entrevistas

La elaboración de las encuestas y entrevistas se realizó con base en una investigación de tipo cualitativo y cuantitativo, donde se consultó aspectos como el tipo de tecnología utilizada en relación al uso energético, si utilizan algún otro tipo de fuente energética o si tienen un uso mixto, si están interesados o no en la compra de un producto con características bioenergéticas, cuál sería la forma ideal de compra, cuál es el consumo energético anual de la empresa, si ya compran un producto similar, cuál es la cantidad obtenida por año y cuanta energía se produce, entre otros aspectos; la encuesta (Anexo 2) y la entrevista se elaboraron con preguntas de tipo abiertas y cerradas.

Las entrevistas realizadas fueron dirigidas al Dr. Roger A. Moya Roque, profesor investigador del CIF, TEC , Andrea Solano Lazo, asistente profesional de Producción de Energía Eléctrica COOPELESCA (Anexo 8), y a Steven Fernández A. Gerente de planta de Agrep Forestal; en estas se buscaba conocer más afondo sobre el tema de la generación de energía con calderas, características de los pellets, factibilidad de la apertura de una nueva empresa, conocer sobre el mercado de la electricidad entre otros factores.

Toda la información de encuestas fue recolectada por medio de hojas impresas, se tabuló la información en una hoja Excel, facilitando el análisis de la información.

4.4.3. Análisis de la información

El análisis de la información se realizó por medio de gráficos, tablas (en especial la información cualitativa), y estadísticas descriptivas para la información cuantitativa,

esto con el fin de determinar la demanda de los productos propuestos; con la información generada se permitió realizar el análisis de la segmentación del mercado, así como la preferencia por uno de los productos y la posible plaza en relación al sitio de venta.

4.4.4. Proyección de la demanda

La proyección de la demanda del producto propuesto se determinó por medio del programa Excel, con la extrapolación de datos, según el número de empresas entrevistadas en la región para obtener la demanda en toneladas por año.

4.5. Análisis y caracterización de Submercados

El análisis de los submercados incluyó el submercado proveedor, el consumidor, distribuidor y competidor, para realizar este análisis se utilizó la herramienta de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), lo que permitió la caracterización de cada uno de los submercados (Figura 4).

4.5.1. Análisis FODA

En el análisis FODA se realizó la evaluación de las fortalezas y debilidades para diagnosticar la situación en la que se encuentra el submercado de productos energéticos, y de manera externa, se evaluaron las oportunidades y las amenazas de este con respecto a productos similares a los propuestos, esta herramienta permitió evaluar la situación de los submercados en Costa Rica y el extranjero; se logró siguiendo el procedimiento de análisis FODA de Talancón (2006), mediante recopilación de información recolectada aplicando las encuestas y complementando con entrevistas dirigidas a los actores relacionados con la proveeduría y consumo de residuos.



Figura 4. Forma de análisis de una matriz FODA (Kotler y Armstrong (2017a).

4.5.2. Caracterización de submercados

La caracterización de los posibles submercados, utilizó en gran parte el resultado del análisis FODA, así como los resultados obtenidos de oferta y demanda, por medio de estos se pudo determinar en qué tipo de mercados el producto sería aceptado y tendría una venta viable.

Los submercados fueron identificados según la segmentación demográfica, geográfica y conductual, catalogados como Mercado proveedor, Mercado competidor, Mercado distribuidor, Mercado consumidor y Mercado externo.

En cuanto al mercado proveedor se analizaron todas aquellas industrias que son suministradoras de materia prima para la elaboración del producto, llamadas aserraderos y otras afines, también se analizaron aquellas industrias suministradoras de combustible para calderas de gas, bunker, diésel entre otras, esto con el fin de obtener una cifra de cuál es el proveedor que tiene más demanda en la región, así como la relación del precio con respecto al producto oferente. En el mercado competidor se analizaron aquellas industrias que desarrollan y venden un producto similar al propuesto, en cuanto al mercado consumidor se analizaron las

características de este, así como sus preferencias y comportamiento hacia productos similares, y en el mercado externo se analizó el comportamiento del mercado internacional en relación a productos similares, se tomó en cuenta el tipo de producto ofrecido, la presentación, precio, especie dominante, forma de comercialización, entre otros aspectos, también se investigó sobre la influencia de este mercado con respecto a la región.

4.6. Producto, precio y plaza

4.6.1. Productos bioenergéticos

La propuesta de los productos se realizó considerando la oferta y la demanda generada en la región, además se analizaron las características de productos similares en el mercado y las características del mercado.

El proceso de análisis de la propuesta de los productos, más adecuados según las características bioenergéticas de los residuos disponibles en la oferta, fue guiado por la consulta a un especialista en el tema de productos y características bioenergéticas.

Se propusieron dos productos diferentes, pero ambos con características para su utilización en bioenergía.

4.6.2. Precio de los productos bioenergéticos

Se sugirió un precio diferenciado según el producto propuesto, este se calculó utilizando como referencia el precio promedio de mercado de productos similares, los datos recolectados se tabularon en una hoja Excel, indicando el tipo de producto, características, sitio de venta, forma de venta, cantidad mínima de venta y el precio de cada producto encontrado, esto con el objetivo de clasificar la información según las

similitudes con el producto, de esta forma se logró calcular el precio promedio de cada uno.

4.6.3. Plaza de los productos bioenergéticos (punto de venta y planta procesadora)

La determinación de la plaza se realizó diferenciando el sitio de establecimiento de la planta procesadora y el sitio de venta del producto final.

Para la determinación de la plaza de la planta procesadora se utilizaron los métodos de, Centro de gravedad y de Carga-distancia, y para la plaza del sitio de venta se determinó mediante el método de Centro de gravedad y el método de Ponderado.

4.6.3.1. Método del centro de gravedad

El método del centro de gravedad propuesto por Carro y González (2012) se utilizó para la determinación de la plaza de la planta procesadora y punto de venta; se recolectaron datos de ubicación en coordenadas X y Y, de cada de las industrias catalogadas como fuente de materia prima o proveedores, y el volumen de residuos disponibles en cada sitio, los datos se tabularon en una hoja de Excel.

Para establecer la posible ubicación de la planta procesadora y punto de venta se utilizaron los datos recolectados para la determinación de oferta y demanda, se aplicó la siguiente formula, la cual brindó coordenadas X y Y, utilizadas como ubicación geográfica del posible sitio.

$$X = \frac{\sum xi*Vx}{\sum Vx} \quad Y = \frac{\sum yi*Vy}{\sum Vy} \quad (6)$$

Donde:

X= Posible ubicación de la planta procesadora.

Y=Posible ubicación de la planta procesadora.

x_i = Ubicación geográfica de la industria proveedora de la coordenada X.

y_i = Ubicación geográfica de la industria proveedora de la coordenada Y.

V_x = Volumen de cada ubicación geográfica de la industria proveedora de la coordenada X.

V_y = Volumen de cada ubicación geográfica de la industria proveedora de la coordenada Y.

4.6.3.2. Método de carga-distancia

Para determinar la plaza de la planta procesadora se utilizó como segundo método la carga-distancia propuesto por Carro y González (2012), este consistió en realizar el cálculo del costo del kilometraje del transporte de la materia prima al sitio establecido en el método del centro de gravedad, se calcularon las rutas que implican menor kilometraje en el transporte con ayuda del software de uso libre QGIS 2.8.9 y el complemento grafo de rutas, para facilitar la visualización de la información, se realizó un mapa con el mismo programa.

4.6.3.3. Método del ponderado

El método del ponderado propuesto por Arenas (2004) fue utilizado para la determinación de la ubicación del punto de venta, consintió en asignar un porcentaje de importancia a algunos atributos establecidos, aplicados a los sitios identificados en el método del centro de gravedad:

Cercanía del punto de venta con respecto al cliente: 30%

Cercanía del punto de venta con la Oficina Central de ASIREA: 20%

Accesibilidad: 10%

Posibilidad de almacenamiento: 10%

Espacio para construcciones: 10%

Disponibilidad de mano de obra: 10%

Posibilidad de establecer un segundo punto de venta: 5%

Seguridad: 5%

Luego se realizó la calificación de cada sitio según los aspectos antes establecidos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Determinación de la oferta de biomasa forestal

5.1.1. Oferta de biomasa forestal proveniente de industrias de procesamiento de madera primario y secundario

La región en estudio actualmente no cuenta con información certera registrada sobre la cantidad de residuos forestales que se generan producto del procesamiento de madera en la industria primaria y secundaria; entre los factores que dificultan la recolección de este tipo de información se encuentra el tiempo de establecimiento de las industrias, llámese aserraderos, bloqueadoras, tarimeras, depósitos de madera y mueblerías, ya que el sector tiene dificultades para mantener una actividad económica estable en el tiempo, además de verse influida por la salud o fallecimiento de los propietarios, por lo que se da el cierre continuo de industrias (MINAET & SINAC, 2011).

A pesar de esto se logró identificar una muestra de industrias que se encuentran en funcionamiento en la Región Huetar Caribe, con la utilización de la base de datos del Censo Nacional de Industrias Forestal primaria (MINAET & SINAC, 2011), y una entrevista realizada al funcionario Olman Mena Valverde del SINAC (O. Mena, comunicación personal , 30 de julio, 2018), además de complementar la información con su proyecto de graduación (Mena, 2012), de la fusión de esta información se determinó que la mayoría de industrias son del tipo aserraderos y tarimeras (50%), mueblerías (32,61%) y depósitos de madera (17,39%).

Según la información recolectada, se estima que la región produce un total de biomasa de 75 122,9 t/año, donde el tipo de industria que más cantidad de biomasa genera por año es el aserradero grande con un promedio de 20 925,1 t/año (cuadro 2).Las industrias que menor cantidad de biomasa generan son los depósitos de madera

pequeños, con 38,6 t/año, la cantidad de biomasa total que genera este tipo de industria es bajo porque son industrias que utilizan y venden madera procesada y dimensionada, donde no se realizan grandes transformaciones al producto final que venden.

Cuadro 2. Biomasa total disponible (t/año) en el área de estudio según el tipo de industria y su tamaño. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Industria	Biomasa promedio (t/año)	Biomasa total (t/año)
Aserradero		
Grande	20 925,1	41 850,2
Mediano	5 590,1	27 950,4
Pequeño	318,2	5 091,6
Mueblería		
Mediano	49,5	148,4
Pequeño	3,6	43,7
Depósito		
Pequeño	4,8	38,6
Total		75 122,9

En todo caso, en la etapa de recolección de información proveniente de industrias procesadoras de madera, se descubrió que existen distintos tamaños de industria con capacidades de procesamiento diferentes, pero que se encuentran bajo una misma categoría de clasificación, por lo que se realizó una categorización de tamaño según la cantidad de biomasa generada por establecimiento en toneladas por año.

De forma similar se categorizaron las mueblerías y depósitos de madera; por lo que se puede decir que en la región en promedio, las mueblerías de tamaño pequeño y mediano, generan entre 3,6 y 49,5 t/año de biomasa, respectivamente; en el caso de los depósitos de madera, en la zona solo se encontró depósitos pequeños, esto no

significa que este tipo de industria tenga un establecimiento pequeño o con ventas menores, ya que la categorización se hizo con base en la cantidad de biomasa generada (Ver cuadro 2).

5.1.1.1. Biomasa forestal disponible según la ubicación de la industria

Las industrias muestreadas se concentraron principalmente en los cantones de Pococí y Guácimo, los datos recolectados a su vez se clasificaron por tipo de industria y según su ubicación cantonal y distrital.

Se determinó que el cantón de Pococí contiene el 80% de las industrias, lo que significa que la disponibilidad de biomasa en este cantón es mayor en comparación con el cantón de Guácimo, ya que este está compuesto por aserraderos y depósitos de madera solamente, que en conjunto generan 13 617,7 t/año de biomasa. (Ver Cuadro 3).

A pesar que el cantón de Pococí contiene mayor cantidad de industrias se puede observar en el cuadro 4, que, los aserraderos pequeños de ambos cantones generan en promedio la misma cantidad de residuos; sin embargo, la biomasa total es mayor en Pococí ya que en este se encuentran 13 industrias pequeñas, mientras que en Guácimo 3, lo que puede indicar que las industrias ubicadas en Pococí son más pero de menor tamaño en comparación con las ubicadas en Guácimo.

En resumen en la región Atlántica las industrias producen 75 122,9 t de biomasa por año; sin embargo solamente el 1,5% de la biomasa producida en Guácimo y el 16,8% producida en Pococí están libre para una futura comercialización, la biomasa restante ya tiene un mercado en este momento. (Ver Figura 5)

Cuadro 3. Biomasa promedio y total producida en el área de estudio, para las industrias ubicadas en el cantón de Guácimo y Pococí. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Industria	Biomasa promedio (t/año)	Biomasa total (t/año)
Guácimo		
Aserradero		
Mediano	4 216,0	12 648,0
Pequeño	318,2	954,7
Depósito		
Pequeño	5,0	15,0
Pococí		
Aserradero		
Grande	20 925,1	41 850,2
Mediano	7 651,2	15 302,4
Pequeño	318,2	4 136,9
Mueblería		
Mediano	49,5	148,4
Pequeño	3,6	43,7
Depósito		
Pequeño	4,7	23,5
Total		75 122,9

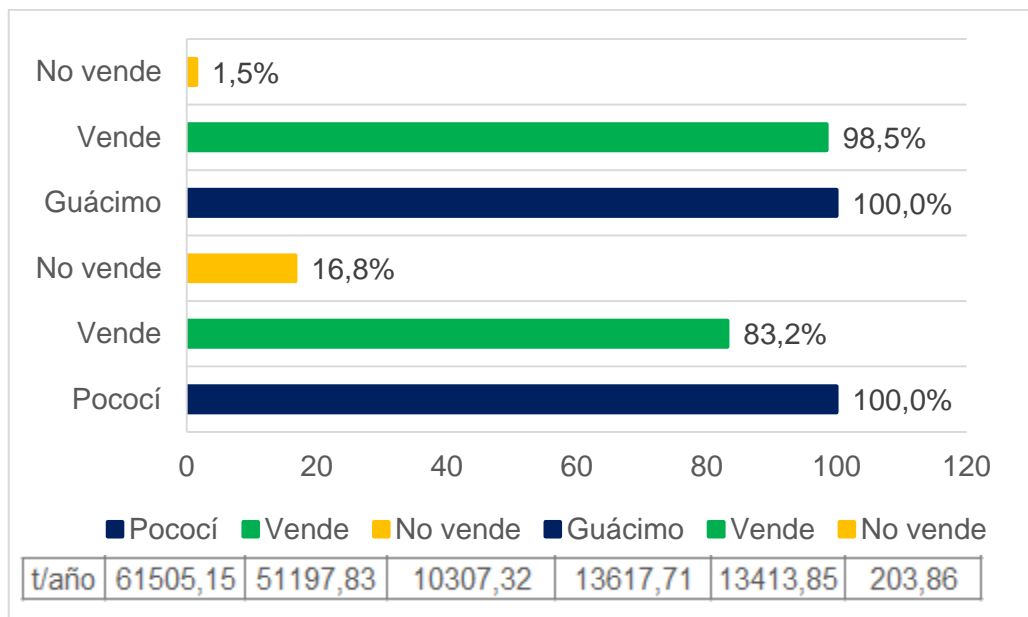


Figura 5. Distribución de la biomasa generada, en venta y disponible para comercialización, por cantón. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

5.1.2. Oferta de biomasa forestal proveniente de las plantaciones pertenecientes a los beneficiarios de ASIREA

Las plantaciones analizadas fueron aquellas que se encuentran con un contrato vigente de PSA, bajo la modalidad de Sistema Agroforestal (SAF) y de Reforestación, establecidas desde el año 2010 hasta el año 2017.

Las características de cada plantación varían de sitio en sitio, al igual que el objetivo de plantación y la especie plantada; por lo que se fijaron rangos de medición de diámetro a la altura de pecho, y según este rango así se aplicaron las fórmulas para obtener biomasa ya sea de alguna parte del árbol o de su totalidad.

Los datos de biomasa de las plantaciones que presentan diámetros entre 5-15 cm se encuentran en los valores obtenidos de la fórmula de biomasa total del árbol, esto

porque por lo general es cuando se aplica un primer raleo y al ser árboles con diámetros pequeños para la industria de las tarimas, no encuentran un mercado y quedan como desecho en su totalidad, por lo que se puede considerar que todo el individuo es útil para el mercado de biomasa bioenergética, generando un ingreso extra al beneficiario; además de ayudar a mantener la plantación limpia luego de cada raleo.

Según el cuadro 4, actualmente la parte del árbol que más biomasa genera es la del fuste, con un total de 5 817,52 t en la modalidad de PSA de Reforestación y 4 439,30 t en la modalidad de PSA SAF, mientras que la biomasa total obtenida de follaje es menor en ambas modalidades.

De acuerdo con los datos mostrados en el cuadro 4 es evidente que la modalidad de PSA SAF tiene disponible mayor cantidad de biomasa en las distintas partes del árbol, debido a que esta modalidad representa un 88% de los datos, mientras que la modalidad de PSA Reforestación contiene menos plantaciones (12%); una de las principales razones por las que la asociación cuenta con una menor cantidad de contratos de PSA Reforestación, es que en esta modalidad el contrato tiene una mayor duración (10 años) y en algunos casos los beneficiarios prefieren contratos con una duración menor (5 años), en donde puedan obtener ganancias sobre la corta de los árboles más rápidamente.

Se encontró algunos problemas en las plantaciones más longevas que cuentan con un contrato en la modalidad de PSA Reforestación, en muchos de los casos las plantaciones han llegado a su límite de crecimiento y al no cumplir con el ciclo de corta establecido por FONAFIFO no pueden aplicar una tala rasa, estas plantaciones han empezado a morir, su crecimiento se estancó, de ahí la importancia de calcular la biomasa disponible en estos sitios.

Cuadro 4. Biomasa total disponible según la parte del árbol por modalidad de PSA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Modalidad	Biomasa total de árboles completos (t)	Biomasa total de fuste (t)	Biomasa total de ramas (t)	Biomasa total de follaje (t)
PSA REFORESTACIÓN	558,95	5 817,52	926,98	636,30
PSA SAF	2 385,35	4 439,30	991,76	662,19
Total	2 944,29	10 256,82	1 918,74	1 298,49

5.1.2.1. Biomasa forestal disponible proveniente de las plantaciones según su clasificación por Índice de sitio cualitativo

Debido a que las plantaciones presentan algunas variaciones en su crecimiento, se establecieron algunos parámetros para determinar un Índice de sitio cualitativo para cada una de las plantaciones, donde se evaluaron parámetros como topografía, características de sitio, calidad del material genético, correcta aplicación de podas y raleos, afectaciones sufridas, manejo aplicado por cada beneficiario entre otros parámetros que ayudaron a clasificar cada plantación en “Excelente-Bueno-Regular-Malo”.

Es importante señalar que la recolección de esta información se realizó con la información suministrada por los profesionales forestales de ASIREA; los mismos mencionan que una plantación con un Índice de sitio “excelente” debe de cumplir con la mayor calificación de todos los parámetros antes mencionados, se puede observar en el cuadro 5, que ninguna de las plantaciones calificó como excelente.

Cuadro 5. Biomasa total disponible según Índice de sitio. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Índice de sitio cualitativo	Rango de medición del (d)	Biomasa total de árboles completos (t)	Biomasa total de fuste (t)	Biomasa total de ramas (t)	Biomasa total de follaje (t)	Biomasa promedio (t/ha/año)
Bueno	R1*	165,92	0,00	0,00	0,00	7,09
	R2**	0,00	815,41	131,51	87,25	13,95
Regular	R1	2 386,11	0,00	0,00	0,00	5,99
	R2	0,00	6 678,32	1 151,63	759,78	11,08
	C***	0,00	2 715,25	628,69	446,95	9,16
Malo	R1	392,26	0,00	0,00	0,00	4,66
	R2	0,00	47,85	6,91	4,51	10,12
Total		2 944,29	10 256,82	1 918,74	1 298,49	

*R1: Diámetro entre 5-15 cm, **R2: Diámetro entre 15-25 cm, ***C: Diámetro >25 cm

De acuerdo con la información del cuadro 5, las propiedades que tienen el Índice de sitio “Regular” generan la mayor cantidad de biomasa, y en específico aquellas que tienen diámetros entre 15 y 25 cm, en comparación a los demás.

Como era de esperarse, las plantaciones con índice de sitio “Malo” son las que generan menor cantidad de biomasa en todas las partes del árbol, esto se puede ligar al manejo inadecuado de la plantación, ya que entre los tratamientos que se busca realizar, están la deshija, podas y clareos, todos ellos aplicados a lo largo de la vida de la plantación, lo que permite acercarse al objetivo establecido (Arias y Arguedas, 2004); otro de los factores que influye es la variable de “Afectaciones ambientales”, ya que algunas de las plantaciones se han visto afectadas por fuertes vientos, inundaciones, ataque de zompopas (*Atta spp.*) hacia el follaje y *Nectria (Nectria sp.)*, afectando su crecimiento, como indica Arguedas (2004), el hongo de la *Nectria*, puede llegar a generar problemas en la mortalidad de los individuos, esto asociado a altas densidades y a un inadecuado drenaje de los suelos.

Resumiendo, el total de biomasa disponible proveniente de las plantaciones a la fecha, es de 16 418,35 t, y en promedio se registra una acumulación de biomasa en sitios regulares de 5,99 t/ha/año en plantaciones con edades entre 2 y 3 años, de 11,08 t/ha/año en edades de 4 y 5 años, y 9,16 t/ha/año en plantaciones con edades de 6 a 8 años.

5.2. Determinación de la demanda de biomasa forestal y otros combustibles

Algunos sectores de la provincia de Limón se caracterizan por tener gran cantidad de plantaciones; sin embargo, esto no se ve reflejado en las industrias establecidas en ella, debido a que muchas de estas utilizan combustibles fósiles para la producción de energía, en lugar de utilizar otro tipo de combustible que genere menos emisiones y contaminación, contribuyendo a la meta de carbono neutro del país.

La gran parte de las industrias establecidas en la región pertenecen al sector alimenticio (39,13%), mientras que el sector universidad representa un 4,34% de los datos; entre las universidades encontradas en la región, solamente la Universidad Earth cuenta con una caldera para la generación de energía.

El consumo de las industrias muestreadas se dividió en dos unidades de medición, en l/año, para aquellas calderas que utilizan combustibles fósiles y que su transacción se realiza en litros, mientras que para calderas que utilicen biomasa forestal, sean chips o leña, se utilizaron t/año.

Cuadro 6. Consumo promedio de combustible en el área de estudio por tipo de industria. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

(Industria/Sector) y Combustible	Consumo promedio (l/año)	Consumo promedio (t/año)
Alimenticio		
Bunker	2 165 040	
Aserradero		
Leña		50
Cajas de cartón		
Bunker	858 735	
Salud-Hospital		
Diesel	360 000	
Gas		
Tarimera		
Leña		20 223
Gas-Leña	120 000	3 556
Universidad		
Diesel	3 000	

Entre las industrias muestreadas se encontró que el mercado está compuesto mayormente por calderas que utilizan como combustible el bunker, seguida de industrias relacionadas al sector forestal que utilizan calderas de leña, entre los principales consumidores de leña se encuentran Finca Numancia consumiendo en promedio 504 t/año, Forestales Latinoamericanos consumiendo 26 460 t/año y Eco cajas con 3 556,2 t/año de leña.

El sector alimenticio (cuadro 6) es el que mayor combustible está consumiendo, con un consumo promedio de 2 165 040 l/año de bunker, seguido de la industria de elaboración de cajas de cartón para embalaje de alimentos, con 858 735 l/año de bunker; este sector es uno de los que muestra gran interés por realizar un cambio de

tecnología de calderas en el futuro; sin embargo, mencionan una serie de dificultades que impiden el cambio de tecnología, en el corto plazo, como por ejemplo, que la elaboración de cajas de cartón necesita mantener una presión constante para hacer el corrugado de las cajas, y el tener una caldera de biomasa implicaría mayor atención al factor presión y mayor dificultad al mantener la estabilidad en esta.

Resumiendo, se identifica una demanda actual de 40 744,03 t/año de leña y una demanda potencial adicional para aquellas industrias que utilizan actualmente combustibles fósiles y decidan realizar un cambio de tecnología a bioenergía, esa demanda potencial en kilogramos de biomasa es aproximadamente 3 veces más que los litros de combustible fósil consumido (Bojani, 2017 y RECOPE, 2017), esto equivale aproximadamente a 18 632,66 t/año de biomasa forestal o su equivalente en pellets de 14 749,00 t/año.

5.3. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), del submercado de productos bioenergéticos

En los cuadros 7, 8, 9, 10 y 11, se presenta el análisis FODA de los cinco submercados analizados, los cuales son, el mercado proveedor, mercado competidor, mercado consumidor, mercado distribuidor y el mercado externo, en estos se analizaron aspectos positivos y negativos, así como aspectos internos y externos típicos de una matriz FODA.

Por medio del análisis FODA se determinó que la región cuenta con el potencial para el establecimiento de una industria relacionada al manejo de los residuos de biomasa generados por las industrias de procesamiento de madera y plantaciones forestales. Por otro lado en relación con la demanda de biomasa para su utilización en calderas, se tiene que existen industrias interesadas en esta tecnología, pero que faltan estudios que demuestren la rentabilidad de la reconversión de las calderas y los rendimientos con la utilización de productos bioenergéticos. En el mercado competidor, se tiene

como fortaleza principal la existencia única de una empresa (Pelletics) en el país que fabrica pellets, ubicada a 100 km de distancia aproximadamente de la región, siendo este el mercado que consume la mayor parte de leña en la Región, junto con Tico Frut, dichas empresas no se encuentran en la Región Huetar Caribe, sin embargo están dentro del mercado competidor más próximo a la región.

Cuadro 7. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado proveedor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Proveedor	
Fortalezas	Oportunidades
Producen de forma continua residuos en la región por las industrias	Hay un mercado potencial para vender los residuos forestales provenientes de industrias
Generan distintos tipos de residuos	Podría reducir la cantidad de residuos en industria estancados en patio
Siembra continua de plantaciones forestales	Generar un producto a partir de los residuos podría aumentar el precio de venta de los residuos generados
	Es posible encontrar un mercado para la venta de residuos producto de raleos y podas en plantaciones forestales
	La venta de residuos permitiría un ingreso extra al pequeño productor
	Generar un producto de valor agregado a partir del residuo permitiría generar alguna fuente de empleo
Debilidades	Amenazas
Genera más residuos en las industrias de lo que compra el mercado	Disminución de la actividad forestal en la región
No realiza un procesamiento de los residuos generados en industrias	La época lluviosa disminuye el tiempo de actividades en las industrias
Acumulación de excedentes de residuos en el patio de industria, convirtiéndose en un desecho	La época lluviosa disminuye las labores de aprovechamiento en las plantaciones
No todos los residuos generados en industrias tienen un uso en el mercado	Competencia con otras industrias proveedoras
Las dimensiones de los residuos generados en las industrias son variables	
Los residuos generados en las plantaciones no tienen un mercado actual	
Los residuos en plantaciones generalmente quedan en la plantación y podrían representar focos de enfermedades	
No se invierte en la limpieza de plantaciones luego de raleos y podas	

Cuadro 8. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado competidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos más próximo al área de estudio. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Competidor	
Fortalezas	Oportunidades
Pelletic es la única empresa en el país que produce pellets	Oportunidad de abarcar el mercado potencial de la Región Huetar Caribe
Cuenta con la tecnología adecuada para la producción de pellets	
Produce pellets estandarizados bajo la norma internacional	
Consumen un alto volumen de los residuos con potencial bioenergéticos	
Cuentan con personal capacitado	
Debilidades	Amenazas
La planta de producción de pellets no trabaja al 100% de su capacidad	Disminución de la actividad forestal en el país
Los residuos disponibles en Costa Rica son insuficientes para tener una producción óptima de la planta competidora	Aparición de un nuevo sector que consuma la biomasa generada en la región
La materia prima necesita un pre procesamiento previo	Cierre continuo de industrias de procesamiento de madera
Inestabilidad en el suministro de la materia prima	Competencia con la utilización combustibles fósiles
Se utiliza la mezcla de distintas especies forestales, esto puede influir en las condiciones del producto	Baja en el precio de los combustibles fósiles
	Posible competencia con productos similares
	Aumento en los gastos de producción
	Pérdida de clientes
	Pérdida de proveedores
	Pérdida de clientes consumidores

Cuadro 9. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado consumidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Consumidor	
Fortalezas	Oportunidades
Tiene capacidad de realizar compras continuas y constantes en el tiempo	Podría disminuir la factura eléctrica con la utilización de productos bioenergéticos
Compra distintos tipos de biomasa	Podría disminuir la cantidad de gases contaminantes en industrias con calderas que utilizan combustible fósil, si realizan una reconversión orientada a la utilización de productos dendroenergéticos como los pellets
Debilidades	Amenazas
Se requiere de un abastecimiento continuo en el tiempo	Competencia continua con distintas industrias por la compra de producto
Dependiendo de la industria se requieren ciertos tipos y especificaciones de biomasa	El costo de transporte del producto adquirido es alto
En las industrias donde se utilizan productos bioenergéticos se requiere de mayor atención a la limpieza	Instalación de otras industrias similares en el país
Las industrias con calderas de biomasa necesitan espacios diferenciados de almacenamiento del producto adquirido	

Cuadro 10. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado distribuidor de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Distribuidor	
Fortalezas	Oportunidades
Abarca varios submercados	Oportunidad de instalación de una empresa de limpieza de desechos de biomasa en la región
Son una parte esencial para las industrias proveedoras y consumidoras	Mejora de los costos y tiempo en el transporte de materiales
Debilidades	Amenazas
Elevados costos del servicio de transporte	Utilización de transportes propios
En la región pocas industrias contratan este servicio	Competencia con otros distribuidores

Cuadro 11. Análisis de Fortalezas y Oportunidades del mercado externo de biomasa forestal y productos bioenergéticos. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Externo	
Fortalezas	Oportunidades
Existencia de empresas consolidadas	Exportación de los productos a distintas partes del mundo
Implementación de tecnología de punta para la elaboración de productos bioenergéticos	
En otros países el uso de combustibles amigables con el ambiente es impulsado por los gobiernos	
Tienen demandas constantes del producto en el tiempo	
Cuentan con mayor abastecimiento de materia prima	
Debilidades	Amenazas
Requieren de la compra de especies forestales específicas	Apertura de nuevas industrias
	Pérdida de proveedores
	Pérdida de clientes consumidores
	Mercado altamente competitivo

5.3.1. Caracterización de los submercados de productos bioenergéticos

a. Mercado proveedor:

La biomasa forestal disponible en la región es proveniente de dos grandes fuentes, la industria que incluye los aserraderos, tarimeras, depósitos y mueblerías y las plantaciones forestales, que corresponden con los sitios de producción de madera en bloque o combinados con cultivos forestales (SAF).

En el caso de las industrias de procesamiento de madera, se tiene que el 50% de estas son de tipo aserraderos, 33% mueblerías y un 17% depósitos, que en conjunto logran proveer 75 122,9 t/año.

Mientras que las plantaciones forestales poseen un total de 16 418,35 t de biomasa disponible, siendo las plantaciones bajo la modalidad de Sistema Agroforestal las que aportan mayor porcentaje, con un 52% de esta biomasa; el tamaño promedio de las plantaciones bajo la modalidad de PSA Reforestación es de 7 ha, y 3 ha para las de PSA SAF.

Adicionalmente, es importante mencionar que este estudio analizó las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA en las modalidades PSA SAF y PSA REFORESTACIÓN, pero en la zona, además de la cobertura de ASIREA, existen otros dueños de fincas y plantaciones, que se cuentan como fuentes potenciales de suministro de residuos provenientes de plantaciones de distintas especies y que no son contabilizados en el presente estudio.

La figura 6 muestra la representación de cada sector de procesamiento de madera según el cantón en el que se encuentre, se observa que las principales industrias de la región se ven concentradas en dos cantones, Pococí y Guácimo; estos son proveedores de distintos tipos de biomasa, llámese leña, aserrín y burucha; de las industrias disponibles en la zona se observa que en el cantón de Pococí se encuentran la mayor cantidad de industrias tipo aserradero con un 36,96%, al igual que en cantón de Guácimo, con un menor porcentaje de representación (13,04%), además en este último se determinó un 6,52% correspondiente a depósitos, los cuales generan menor cantidad de residuos, ya que su materia prima es la madera procesada y dimensionada.

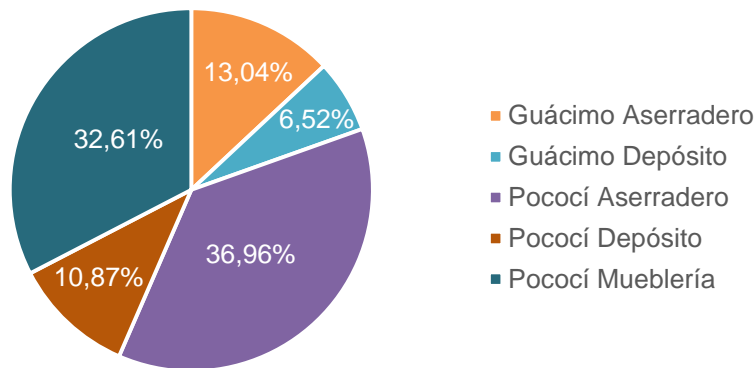


Figura 6. Representación porcentual de las industrias de procesamiento de madera según el cantón en el que se ubican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

En la figura 7 se desglosa la representación de las plantaciones según el distrito en el que se encuentren, de esta forma se observa que la mayor cantidad de plantaciones se ubican en el distrito de Pococí con un 31,88% y un 23,19% en Guácimo.

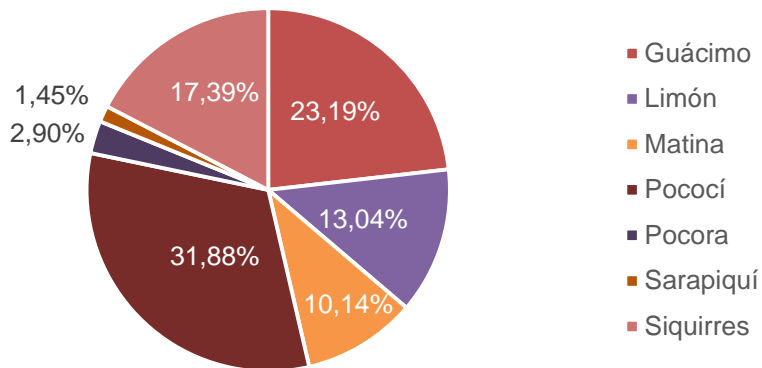


Figura 7. Representación porcentual de las plantaciones de los beneficiarios de ASIREA según el cantón en el que se ubican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Entre las industrias encuestadas se recopiló información sobre el sector al que pertenecen, el tipo y cantidad de residuo generado, precio de venta, principales compradores entre otros datos; en cuanto al tema de la generación de residuos todas las industrias coincidían en un factor; en la acumulación de material sobrante sin mercado, si bien la mayoría vende los residuos generados, muy pocos de ellos lo hacen en un 100%, ya que al tener una producción constante se generan muchos más residuos que los que el mercado adquiere, se tiene que un 86% de la biomasa generada se vende, mientras que un 14% no tiene mercado aún, y está disponible para su comercialización.

En cuanto a la presentación de venta de la biomasa, un 75% de las industrias venden el aserrín y la burucha en sacos que rondan los 15-20 kg, mientras que un 14% los venden a granel, facilitando la venta en grandes cantidades, como lo es la venta por camión cargado, y un 7% de las industrias no generan este tipo de residuo o lo regalan a familiares y conocidos, por lo que no reportan ventas sobre ellos (Ver figura 8)

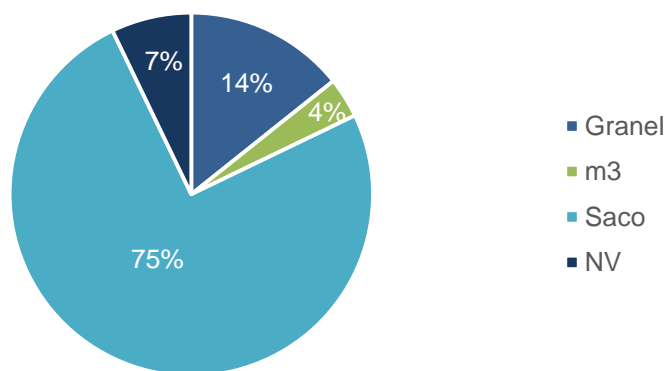


Figura 8. Venta de aserrín y burucha según tipo de presentación, ofrecido por las 28 industrias de procesamiento de madera visitadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

En cuanto a la leña generada, un 46% de las industrias visitadas mencionan que este residuo lo regalan a vecinos cercanos o bien lo utilizan en sus casas para la cocción de alimentos, un 25% de las industrias vende la leña en pacas de forma rectangular o cilíndrica, mientras que otros venden la leña por peso ya sea por toneladas o kilogramos (Ver figura 9).

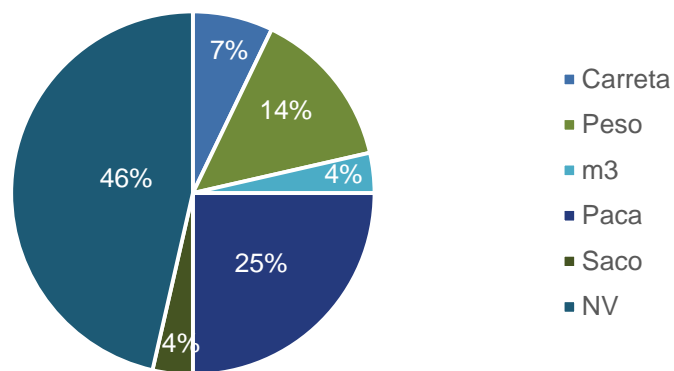


Figura 9. Venta de leña y cabería según tipo de presentación, ofrecido por las 28 industrias de procesamiento de madera visitadas. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Los precios de venta de los residuos dependen de la especie procesada, la calidad del residuo, si está húmedo o seco y el tipo de comprador; en promedio los sacos de aserrín rondan los 200-500 colones/saco, mientras que la burucha ronda los 300-700 colones/saco, teniendo este un costo mayor, ya que se genera en menor cantidad, la leña tiene un valor desde 7 colones el kilogramo hasta 20 000-65 000 colones por paca de primera calidad, mientras que las pacas de madera de calidades inferiores rondan los 2000 colones la paca.

b. Mercado competidor:

En cuanto al mercado competidor, en la región no se encuentra registro de una empresa productora de productos dendroenergéticos de alto valor como fabricantes de pellets o briquetas; sin embargo, en la provincia de Alajuela, Muelle de San Carlos se ubica la empresa Agrep Forestal (conocida también como Pelletics), dedicada a la fabricación de pellets con desechos de madera, ellos reportan públicamente que tienen una producción mensual de 2 000 t, utilizando desechos de maderas tropicales de diferentes partes del país (Pelletics Energía Renovable, s.f.a).

Aunque Agrep Forestal no está dentro de la región de análisis del presente estudio, la industria se encuentra aproximadamente a 100 km de distancia de la región de análisis; esta empresa consume un alto volumen de residuos para la producción de sus productos que lleva a todas partes del país e incluso exportaciones a República Dominicana (Fernández, S., comunicación personal, 07 noviembre, 2018).

Es importante indicar que muchos de los proveedores de materia prima expresan que sus residuos son vendidos a la empresa Agrep Forestal o comúnmente llamada Pelletics, además de la empresa Tico Frut.

Las empresas antes mencionadas compran principalmente la leña producida por las industrias, estas se venden por peso o por carreta de tráiler cargada.



Figura 10. Logo de la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.b).

Entre los principales compradores de los productos de la empresa Pelletic se encuentran CEMEX y Holcim, productores de cemento y otros agregados, P&F (Costa Rica Flower Farm), productores de flores y follaje, y GICO, dedicados a la ganadería industrial (Pelletics Energía Renovable, s.f.b), (Figura 11), además de Bridgestone, Abopac, Hotel Marriot, Hotel Intercontinental, Hotel Punta Leona y algunos mataderos de animales e invernaderos (Fernández, S., comunicación personal, 07 noviembre, 2018).

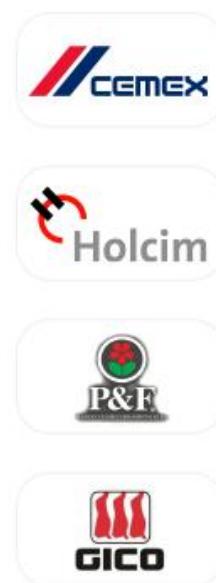


Figura 11. Principales clientes consumidores de pellets de la empresa Pelletics
(Pelletics Energía Renovable, s.f.b)

La empresa Pelletics elabora pellets con madera seca al 10% de contenido de humedad, en el cuadro 12 se muestran los parámetros básicos de los pellets fabricados, además el poder calórico de los mismos, sin embargo esta empresa no especifica cuáles son las especies que se utilizan y si su poder calórico cambia según la combinación de ellas (Pelletics Energía Renovable, s.f.c).

Por medio de una entrevista realizada al señor Steven Fernández, gerente de planta de la empresa Agrep Forestal se logró determinar que el precio de venta de los pellets varía según el volumen de compra, pero que en promedio el costo de la tonelada ronda los \$250, además que la presentación de venta más común es a granel, pero que además tienen presentaciones de 35 kg (Fernández, S., comunicación personal, 07 noviembre, 2018).

Cuadro 12. Especificaciones de los pellets producidos por la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.c).

Dimensiones	Diámetro 6 mm, largo <30 mm (D06)
Contenido de humedad	<10% (M10)
Ceniza	<1,5 w-% (A1,5)
Durabilidad Mecánica	>97,5% (DU97,5)
Partículas finas	<1-w% (F1)
Poder Calorífico Neto	18,5 MJ/kg
No se utilizan aditivos	

Además se menciona que el proceso para la elaboración de los pellets lo realizan bajo la Norma CEN/TS 14961, (Fernández, S., comunicación personal, 07 noviembre, 2018).

c. Mercado consumidor:

El mercado consumidor se clasificó según el distrito donde se ubican las empresas que utilizan calderas para la producción de energía, se encontró que en Guácimo y Siquirres el 50% de las calderas funcionan con bunker, en Limón solamente el 20% utiliza leña como combustible, en Matina se ubicó únicamente una empresa que utiliza leña, y Pococí es uno de los distritos donde se consume bunker, gas, y leña, pero solo

un 11,11% de las industrias utiliza una combinación de gas y leña, estas mismas indican el alto costo que el gas les representa(Ver figura 12).

Un 55% de las industrias muestreadas indican que tienen interés en realizar un cambio de tecnología de las calderas, erradicando el uso de combustibles fósiles, y solo un 18% indicó que no tiene interés en este tipo de combustible, ya que los procesos en los que utilizan la caldera deben de mantener una presión constante y se cree que la utilización de pellets presentaría muchas variaciones a ese factor, otras de las industrias indicaban que la transformación implicaría un alto costo, además de la construcción de espacios adicionales para el almacenamiento de los pellets, mientras que las empresas interesadas en hacer el cambio de tecnología se mostraron motivadas, porque esto representaría un disminución en las emisiones de gases contaminantes, además de un ahorro en la compra de combustible, otros mostraron interés al pertenecer al sector aserradero, donde prácticamente este combustible no tendría costo alguno.

Entre las razones por las que las empresas se han visto limitadas al realizar el cambio de tecnología se encuentran:

- Falta de investigación sobre los rendimientos de estas calderas, y su funcionamiento.
- Desconocimiento en las transformaciones necesarias para adecuar las calderas actuales al uso de pellets o biomasa.
- Incertidumbre en cuanto a los proveedores existentes en el país, ya que indican que les da temor no tener un proveedor confiable y constante en la entrega de combustible.
- Baja en el precio del combustible que ya utilizan.

Sobre este último aspecto, es importante señalar que está fue la razón más importante que plantean los entrevistados para no cambiar de industria, pues indican que en una época se intentó impulsar el uso de calderas de biomasa en la zona pero RECOPE se

dio cuenta de este acontecimiento y procedió a bajar el precio del combustible, ocasionando que muchas de las industrias perdieran el interés por las calderas de biomasa.

Los consumidores que se muestran interesados indican que en promedio, en unos cinco años podrían estar listos para implementar la tecnología de calderas de biomasa en sus industrias.

Un 64% de los encuestados indicó tener algún grado de conocimiento sobre el funcionamiento de las calderas de biomasa, el resto indicaron desconocer del todo como funciona este tipo de tecnología.

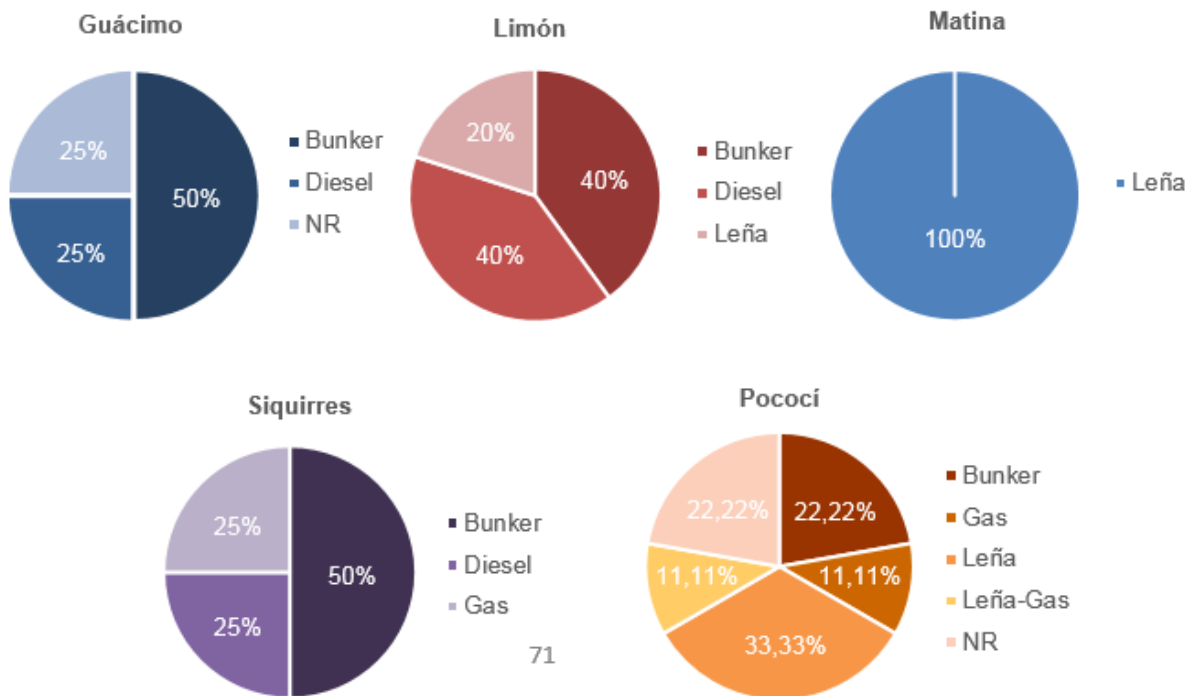


Figura 12. Distribución porcentual de las industrias según tipo de combustible utilizado por cantón. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Dentro del área de análisis los consumidores de Matina ya utilizan calderas de leña, pero en la mayoría de los cantones del área Caribe del Costa Rica lo que más utilizan es búnker (Figura 12).

Entre las industrias consumidoras se encontró que un 39,13% pertenece al sector alimenticio, seguido del sector de la producción de tarimas 17,39%, además en la figura 13 se incluyeron las empresas de RECOPE y el ICE, englobadas en un 13% del sector energía, en cuanto a la representación de las universidades en la región solo un 4,35% de ellas utiliza una caldera, como una fuente de energía adicional a la electricidad.

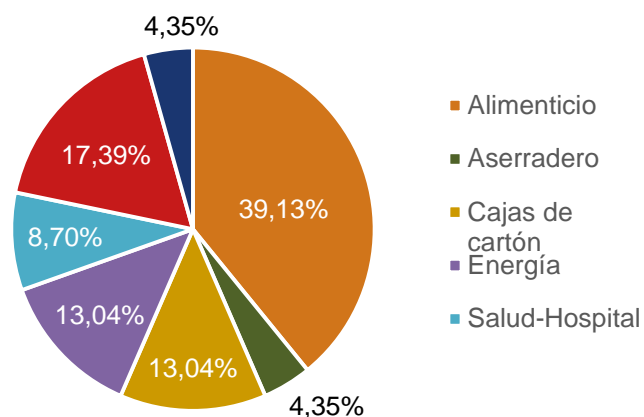


Figura 13. Distribución porcentual de las industrias en la región, según la actividad económica a la que se dedican. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

d. Mercado distribuidor:

El mercado distribuidor en estos momentos está constituido por tres actores; primero la línea de distribución que va de la empresa competidora (Pelletics) hacia el consumidor final del producto bioenergético; segundo aquel que se moviliza de las industrias de procesamiento primario hacia el consumidor final, y tercero la que se

moviliza de las industrias de procesamiento primario hacia Pelletics, estas dos últimas de gran importancia para el mercado proveedor de materia prima, debido a que es un punto de negociación para la venta de los residuos generados, actualmente este mercado no obtiene grandes ganancias sobre el residuo vendido, ya que el proveedor lo que le interesa es tener su patio limpio. Al producto no se le da un tratamiento o clasificación previa, por lo que se convierte en un residuo sin valor agregado.

En cuanto a la forma de distribución del producto de Pelletics, varía según las condiciones de compra, para las ventas a granel su transporte se da de dos formas, en carreta granelada para pedidos mayores a 15 t, o en cisternas para pedidos menores a 15 t, en cuanto a las presentaciones más pequeñas estos se distribuyen en camiones repartidores e incluso realizan envíos al país por medio de encomiendas (Fernández, S., comunicación personal, 09 noviembre, 2018).

El costo del transporte está ligado al lugar de entrega y al transporte utilizado, se menciona que en el país existe una empresa de outsourcing que se dedica al transporte de este tipo de producto (Fernández, S., comunicación personal, 09 noviembre, 2018).

Para las industrias encuestadas se encontró que el consumidor es el que cubre los gastos de movilización de los residuos de la industria proveedora a su destino final, para biomasa tipo aserrín, burucha y leña en bajas cantidades para la utilización en caballerizas, polleras y otras similares; mientras que en el caso de las empresas que venden leña a la empresa Pelletics, son ellos los que cubren con el gasto de transporte de esta materia prima.

De acá surge la oportunidad de crear una empresa con características adecuadas de eficiencia en transporte y costos de movilización, que podría procesar de alguna forma los residuos dando un valor agregado al producto final.

e. Mercado externo:

A nivel internacional se logró identificar 165 empresas dedicadas a la fabricación de pellets de madera (Energy XPRT, s.f.), ya sea para la producción masiva de energía en calderas de gran tamaño o para la utilización en hogares con calderas de tamaños inferiores, así como pellets para cocción de alimentos en parrillas; y venta de calderas.

De estas la mayor parte (22,42%) de las industrias se ubicó en Estados Unidos, seguido del Reino Unido, China y Suecia, mientras que en países como Austria las industrias presentes apenas alcanzan el 0,12% de representación; se desconoce la producción mensual de pellets de cada una de ellas, pero según el número de industrias ubicadas por país así se puede suponer la demanda del producto (Ver figura 14).

La forma de comercialización de los pellets de madera y los diferentes tipos de calderas en el extranjero se da principalmente por sus páginas web, en donde algunos de ellos venden el producto a granel, para grandes compañías. En presentaciones de 15 kg aproximadamente, se comercializan para los hogares; la mayoría de las industrias además de vender los pellets, promocionan la venta de calderas de distintas dimensiones y paquetes de mantenimiento.

El Ministerio de Hacienda reporta en su página web que la importación a Costa Rica de leña, pellet y briqueta en el año 2016 es de 28 t y provienen de China y Estados Unidos. Mientras que para octubre de este año las importaciones acumuladas son de 0,13 t provenientes únicamente de Estados Unidos. En el caso del carbón vegetal en el 2016 se reporta la importación de 673 t proveniente de 9 países donde destacan Uruguay, Nicaragua y Paraguay y el acumulado al 2018 es de 104 t provenientes de Estados Unidos, China y Paraguay, siendo este último el principal origen (Ministerio de Hacienda, 2018).

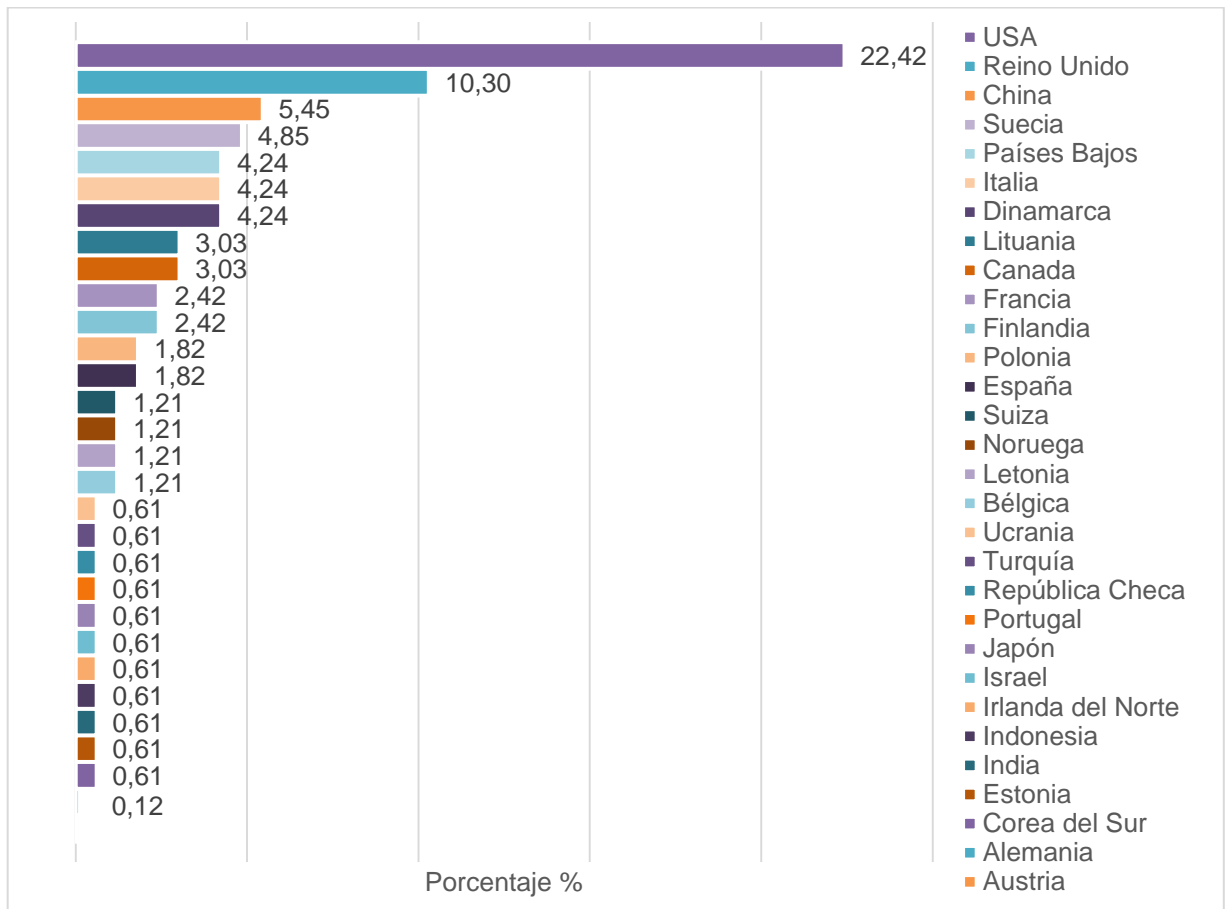


Figura 14. Representación porcentual de las industrias productoras de productos bioenergéticos en el mundo por país. (Energy XPRT, s.f.).



Figura 15. Presentación de venta de pellets, bolsas de 15 kg, para la empresa German Pellets (German pellets Energie,die nachwächst, s.f.)



Figura 16. Pellet generado por la empresa Pelletics (Pelletics Energía Renovable, s.f.c).

La empresa Agrep Forestal o Pelletics ubicada en Costa Rica, comercia este tipo de producto a nivel internacional, en su página web no se encontraron precios de venta, ni presentaciones del producto ofrecido; pero sí se halló una relación entre Pelletics y

la empresa Eco Solutions Saving Energy, encargada de buscar soluciones en cuanto a la eficiencia de diferentes sistemas, así como la instalación de calderas de biomasa (Eco Solutions Saving Energy, s.f.).

5.4. Definición del producto, precio y plaza

5.4.1. Producto

Se determinó que en la región se generan 75 122,9 t/año de biomasa en las industrias de procesamiento de madera, pero que solo 10 511,2 t/año están libres para una futura comercialización, la disponibilidad de estos se concentran mayormente en los que son de tipo leña y aserrín; por otro lado la disponibilidad de biomasa proveniente de las plantaciones es de 16 418,35 t. En cuanto a la demanda, las empresas con calderas de leña tienen un consumo 40 744,03 t/año, mientras que las calderas que funcionan con combustibles fósiles utilizan 6 047 550 l/año de bunker, 363 000 l/año de diésel y 120 000 l/año de gas LP, se estima que si estas realizan el cambio de tecnología a calderas de biomasa, para alcanzar el poder calórico al que llegan los combustibles fósiles, se tendría que usar tres veces la proporción utilizada en combustibles fósiles, ver Anexo 11 (Bojanic, 20017 y RECOPE, 2017)), esto equivale aproximadamente a 18 632,66 t/año de biomasa forestal o su equivalente en pellets de 14 749,00 t/año.

Los productos propuestos se analizaron con base en la biomasa libre de industrias las industrias de procesamiento de madera y de plantaciones; según el análisis de la oferta de biomasa, se tiene que el residuo que se genera en mayor cantidad es la leña, el aserrín y los chips.

A continuación se detallan los productos o servicios propuestos, sin un orden determinado de importancia:

- **Pellets:** Una opción de producto que se puede elaborar con la biomasa disponible en la región son los pellets de madera, en la figura 17, se muestra el esquema de producción de la empresa Agrep Forestal para la elaboración de pellets, siendo esta la única empresa en el país que desarrolla este tipo de producto; primeramente se hace la recolección de la materia prima a utilizar, luego se pasa a la fase de astillado, donde la madera disminuye su tamaño, seguidamente se pasa a la fase de molido, en donde se va a obtener el tamaño de partícula deseado y necesario para el producto final, seguidamente el secado del material, y por último se realiza el pelletizado y el enfriamiento, este es el esquema básico de una planta de producción de pellets, es importante notar que en este proceso se utilizan restos de leña que por medio de procesos aplicados se logra llegar al tamaño de partícula adecuado, y que este se asemeja en sus características al aserrín.

Tomando como referencia a Carrillo (2015), un pellet de 8 mm de diámetro contiene aproximadamente $1,2 \pm 0,1$ g de residuo y uno de 10 mm de diámetro $2,0 \pm 0,1$ g, ambos con un largo aproximado de $20 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, para su composición se utilizó un tamaño de partícula de 2mm.

Por lo que en este caso se propone que uno de los posibles productos puede llegar a ser el pellet, debido a que en la región existe disponibilidad de leña y aserrín, dos productos utilizados en la elaboración del pellet, se puede pensar en la opción de utilizar la leña procedente de industrias y plantaciones forestales y aplicar el esquema de producción utilizado por Agrep Forestal, basándose en las Normas CEN/TS 14961, o bien iniciar el proceso desde la fase del molido utilizando como materia prima el aserrín generado en las industrias, llegando al tamaño de partícula deseado más fácilmente.

Este producto podría llegar a distribuirse en las calderas que actualmente utilizan madera en la región, o bien se piensa en el mercado potencial, en aquellas industrias que mostraron interés en el cambio de tecnología de calderas en un plazo de 5 años.

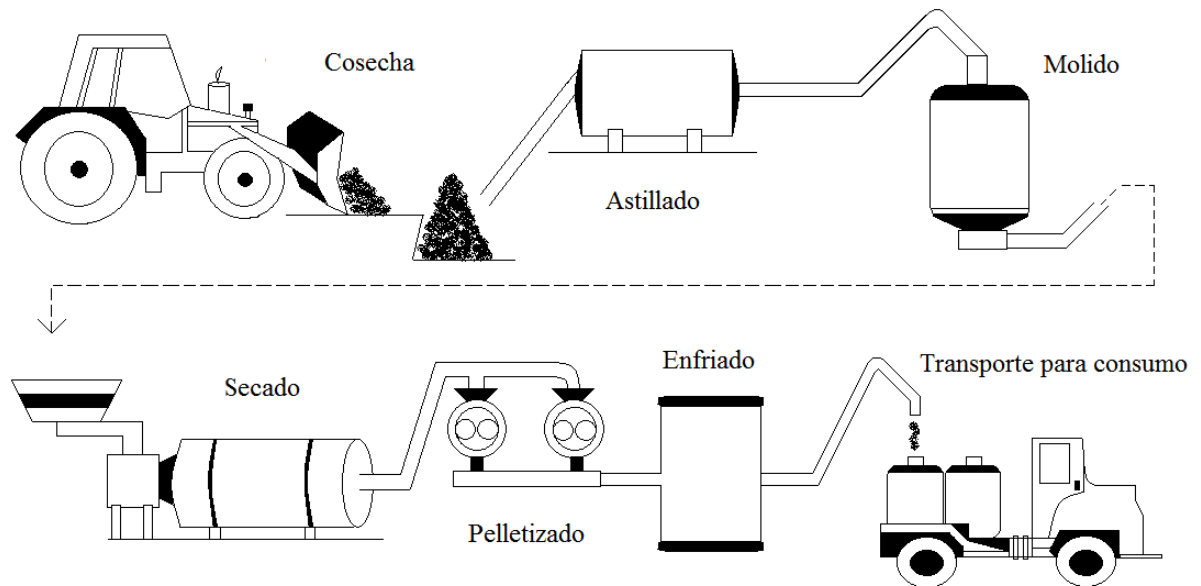


Figura 17. Esquema de producción del pellets de la empresa Agrep Forestal S.A (Pelletics), (Aragón, 2013).

- **Briqueta:** La briqueta se define como un biocombustible, formado por la compactación de biomasa lignocelulósica, como lo son las astillas de madera y toda clase de residuos forestales, sin embargo en algunos casos se hace de otros materiales; la forma más común de elaborar las briquetas a nivel industrial es por medio de una prensa de tornillo sin fin, el orificio de salida puede tener diferentes formas (hexagonal, rectangular, cuadrado, octagonal, cilíndrico, puede ser hueca o maciza), se dice que estas pueden tener un diámetro de 5 a 20 cm y un largo de 30 cm aproximadamente (Camps y Marcos, 2008).

Se considera que el tamaño de la partícula es importante, este define las características y propiedades de la compactación; se recomienda utilizar partículas corta y largas, para tener mejores resultados (Carrillo-Parra, Contreras-Ortiz, Pérez-Pérez, Bustamante-García, Corral-Rivas y Goche-Télles, 2015).

En la figura 18 se muestra el sistema de funcionamiento de una extrusora de tornillo convencional para la fabricación de briquetas, inicialmente en la fase de alimentación se provee a la maquinaria de materia prima, (esta debe de tener un pre procesamiento de astillado y no debe de estar totalmente seca), en esta etapa se aplica calor y se pasa a la fase de compresión, con forme se acumula el material comprimido este va dosificándose por el orificio de salida.

Una vez explicado el esquema de producción de las briquetas se propone como segundo producto posible la fabricación de briquetas, con la utilización de diferentes tipos de biomasa, incluyendo el follaje y ramas de las plantaciones forestales; esto debido a que en este producto se permite la utilización de diferentes tamaños de partícula menos uniformes en comparación al pellet.

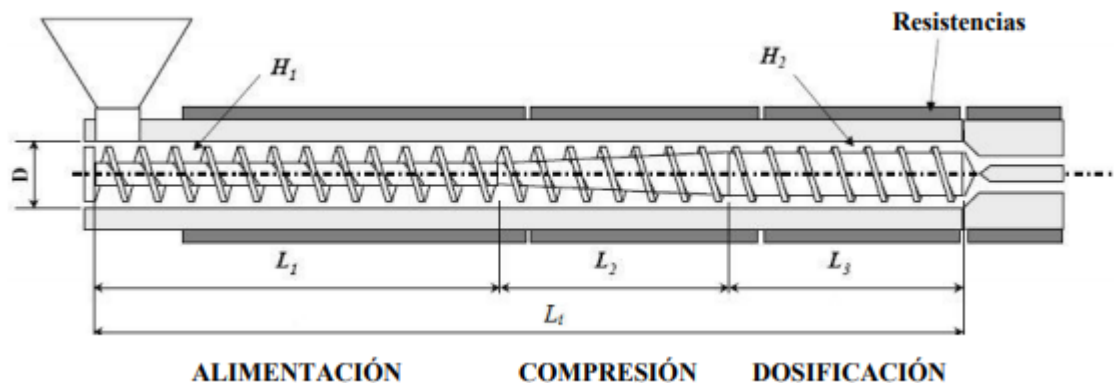


Figura 18. Esquema de una extrusora de tornillo convencional (Morton-Jones, 1993).

- **Chips:** Los chips de madera son pequeñas piezas de forma cuadrada o rectangular, producto del chipeado de costillas de madera o leña, este facilita el

almacenamiento y uso en algunos procesos (Chacón, 2012). Por lo que el tercer producto propuesto son los chips de madera, para su elaboración sería necesaria la utilización de una chipeadora de madera adecuada para el procesamiento de la leña producto de industrias de procesamiento o plantaciones forestales; el tamaño y forma del chip va a depender de las características técnicas de la chipeadora utilizada, este producto está pensado para la venta a la empresa Agrep Forestal, de este modo su esquema de producción se agilizaría.

Carbón: El carbón vegetal es otro de los productos propuestos que se puede realizar con la biomasa disponible proveniente de plantaciones forestales o de las industrias de procesamiento de madera, según Díaz, Gonzales, Sifuentes y Gonzales (2010), el carbón vegetal se obtiene producto de una reacción de carbonización denominada pirólisis, realizada durante un tiempo determinado, en este proceso se da la combustión de la madera sin oxígeno presente mientras está expuesta a altas temperaturas.

Se recomienda que el carbón vegetal para uso doméstico contenga aproximadamente 75% de carbono fijo, para lograr esto la carbonización debe de alcanzar una temperatura final de 500 °C; además se menciona que el carbón vegetal se puede fabricar por el método de fosa de tierra, mediante parvas, hornos de ladrillo y hornos metálicos, es importante tomar en cuenta que antes de realizar el proceso de carbonización la materia prima utilizada debe de estar seca (FAO, 1983).

Rojas y Murillo (2004), mencionan que la madera de melina es de buena calidad para la producción de carbón, debido a que este al quemarse no genera humo y el porcentaje de cenizas es mínimo. El producto final se puede generar en la presentación común de venta o bien, una vez obtenido el carbón realizar un proceso de molienda y posteriormente elaborar un comprimido de carbón, similar a las briquetas.

- **Servicio de limpieza:** La quinta propuesta consiste en la creación de una empresa dedicada al servicio de limpieza de residuos forestales, dirigido a industrias de procesamiento de madera; debido a que uno de los principales problemas que enfrentan estas industrias es la acumulación de residuos generados, convirtiéndose en un desecho inutilizable o bien que se vende a muy bajo precio; este servicio traería grandes beneficios a los dueños de estas industrias.

El servicio de limpieza consistiría en la compra de distintos tipos de residuos de biomasa a un bajo costo, o bien el ofrecer un contrato de limpieza por un plazo determinado de tiempo, en este caso el dueño de la industria es el que pagará el servicio, para que su industria se mantenga libre y limpia de desechos; luego de la recolección de residuos la empresa puede aplicar un pre procesamiento o clasificación de estos para su reventa en el mercado, entre los posibles productos a generar se encuentran:

- **Chips de madera:** Su venta puede ser dirigida a empresas dedicadas a paisajismo, o bien a la empresa Agrep Forestal, se cree que este producto puede agilizar su esquema de producción de pellets.
- **Leña:** Su venta puede ser dirigida a la empresa Agrep Forestal principalmente, o bien se puede vender a industrias relacionadas al sector ganadero o de caballerizas, para la elaboración de cercados.
- **Aserrín y burucha:** Su venta puede ser dirigida a industrias relacionadas al sector de la ganadería, caballerizas, reproducción avícola o tiendas de mascotas, para este último se propone el empaclado del producto en presentaciones pequeñas en relación a su peso; o bien la venta del aserrín a la empresa Agrep Forestal.

Es importante tener en cuenta que existe la posibilidad de realizar una mejora en la oferta hacia las industrias para la compra de residuos, donde ambas partes ganen, de este modo se podría aumentar la disponibilidad de residuos en la zona.

Para las cinco propuestas es de gran importancia realizar un estudio técnico, para aceptarlas o rechazarlas con base en elementos relacionados con inversión, costos de producción, factibilidad económica, retorno, entre otros factores, debido a que este estudio solo representa los principales aspectos relacionados con el mercado.

5.4.2. Análisis del precio

5.4.2.1. Método del precio ponderado del mercado

En cuanto a la aplicación del método del precio ponderado para el producto final de venta, se requiere mucho más información sobre costos de elaboración de los diferentes productos, costos de establecimiento de las plantas de producción, mano de obra, métodos de fabricación, entre otros. Es por ello que para decisiones definitivas se recomienda realizar estudios complementarios que incluyen estudio técnico, legal, financiero, socioeconómico, ambiental y administrativo de esta forma se tendrá una mejor estimación del precio del producto.

Como este trabajo se concentró en determinar la oferta y la demanda y algunos otros elementos de mercado, no se profundiza en la estimación de precios por productos, pero sí se logró determinar el precio promedio de venta para algunos tipos de biomasa en bruto ofrecida por las industrias.

Se confirma que el precio de venta de los pellets fabricados por el mercado competidor tienen un valor de \$250/t; sin embargo, este precio varía según el volumen de compra (Fernández, S., comunicación personal, 07 noviembre, 2018). En la región la venta de biomasa por parte de los proveedores es variable, aproximadamente el precio de venta del aserrín ronda los 200 a 700 colones por saco, de 300 a 700 colones el saco de burucha y de 1 000 a 20 000 colones la paca de madera.

5.4.3. Plaza de la planta procesadora y punto de venta

5.4.3.1. Ubicación de los posibles compradores

En la figura 19 se muestran tres posibles tipos de comprador, primero aquellos que utilizan calderas de leña para la generación de energía como la empresa Forestales Latinoamericanos, Muebles Tamarisco, Finca Numancia y Eco Cajas; en segundo lugar las industrias que utilizan calderas con combustibles fósiles, pero que en el futuro podrían considerar un cambio de tecnología de caldera, todas ubicados en la Región Huetar Caribe; el tercer grupo, son aquellas industrias en el país que se dedican al sector de la producción avícola, caballerizas y el sector ganadero, estos suponen un mercado potencial para la colocación de materiales si se decide establecer una industria de limpieza de residuos forestales, ya que los residuos finos, llámese aserrín y burucha son utilizados por este sector, como se mencionó en las encuestas realizadas en aserraderos y tarimeras, estos representan una porción importante de clientes potenciales a considerar; dentro de este grupo se incluye la empresa Pelletics (Agrep Forestal), siendo un comprador potencial de leña; el tercer grupo se encuentra distribuido entre las provincias de San José, Alajuela, Cartago, Heredia y Puntarenas. El cálculo de la ubicación del posible punto de venta se explica más adelante.

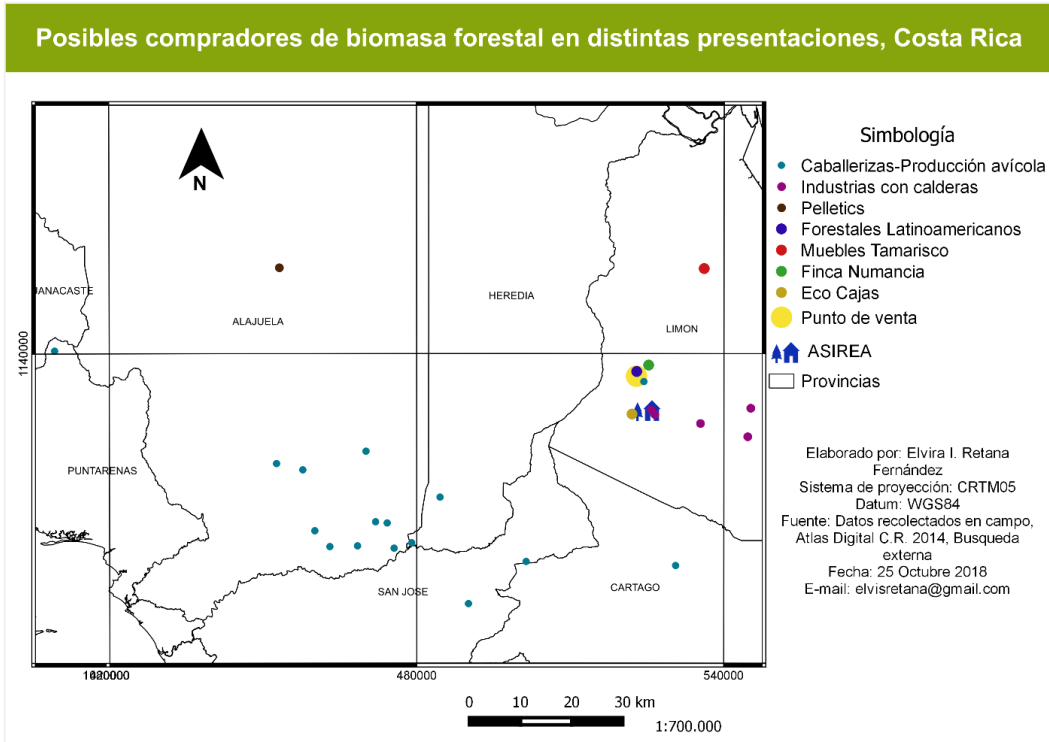


Figura 19. Posibles compradores de biomasa en presentación de pellets, briquetas, aserrín, burucha, leña y chips. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

5.4.3.2. Método de gravedad

La aplicación del método de gravedad se realizó para la propuesta de dos sitios de establecimiento de la planta procesadora con características distintas y un punto de venta del producto final; para la Planta de procesamiento 1, se utilizaron los datos en t/mes de leña y cabería generada por las industrias encuestadas, pensado en una planta que va a comprar este tipo de residuos para hacer la transformación a pellets, briquetas, chips o carbón, de esta forma se facilita el tener el tamaño de partícula deseado para la elaboración del producto final. Para la Planta procesadora 2 se utilizaron los datos en t/mes de biomasa total generada por las industrias encuestadas, en este se incluye la leña, aserrín, burucha, cabería y corteza, esta industria se propone para brindar el servicio de limpieza en aserraderos e industrias a fin; para el punto de venta se utilizaron los datos de demanda de leña de las industrias

encuestadas con calderas de leña, luego del análisis se obtuvo una coordenada “X” y una coordenada “Y” para cada sitio (Ver cuadro 13).

Cuadro 13. Coordenadas definidas por el método de gravedad para las posibles plantas procesadora y punto de venta, en la provincia de Limón, Sistema de proyección CRTM05. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Industria	X	Y	Cantón	Distrito
Planta procesadora 1	526560,6	1141171,09	Pococí	La Rita
Planta procesadora 2	526406,94	1140620,51	Pococí	La Rita
Punto de venta	522920,64	1135605,97	Pococí	La Rita

5.4.3.3. Método carga-distancia

En el método de carga distancia se analizó la ubicación propuesta por el método de centro de gravedad para la Planta procesadora 1 y la Planta procesadora 2, este consistió en analizar la mejor ruta de transporte de biomasa, desde el sitio de compra hasta la planta procesadora, al igual que la distancia a la que esta se encuentra de la oficina de ASIREA ubicada en Jiménez y las instalaciones de Pelletics ubicados en San Carlos de Alajuela, ya que son un comprador potencial de biomasa tipo leña o chips.

Para la Planta procesadora 1 ubicada en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distrito de La Rita, se propone la compra de leña solamente, ya que en este sitio se plantea el establecimiento de una industria generadora de pellets, briquetas, chips o carbón, de esta forma la compra de leña facilita las transformaciones necesarias para su fabricación; se propone que la materia prima sea procedente de tres sitios, los cuales son los que generan una cantidad importante de leña por mes, y se encuentran a menor distancia de la planta procesadora, estos son, Industria Rivarik ubicado en Cariari, Eco Cajas ubicado en Guápiles, y Aserradero Los Pinares ubicado en Guácimo, (Ver figura 20).

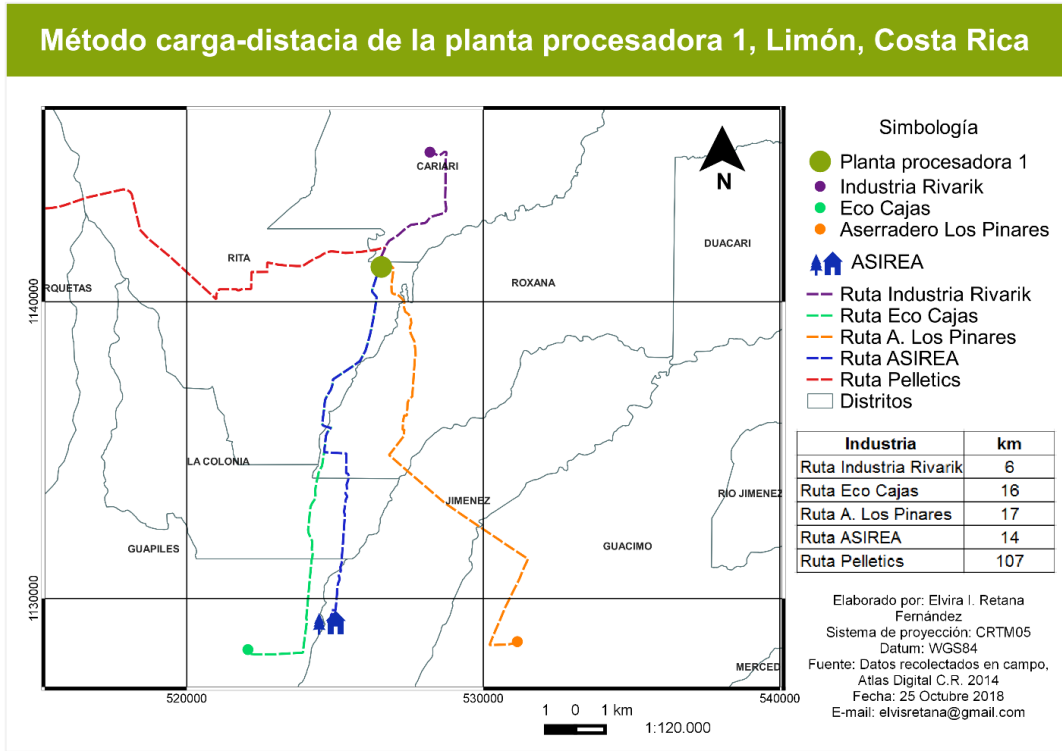


Figura 20. Ubicación de la planta procesadora 1. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Para la Planta procesadora 2 ubicada en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distrito de La Rita, se propone el establecimiento de una empresa de servicio de limpieza de sitios de procesamiento primario de la madera, por lo que se plantea una industria que realice la compra de leña, aserrín, burucha, cabería, corteza, entre otros, con sitios de almacenamiento diferenciados para cada tipo de residuo; en esta industria se va a tener diferentes tipos de compradores, como lo puede ser Pelletics para la leña o chips; caballerizas, polleras y otros, para el aserrín y burucha; se propone la compra de residuos a tres industrias, Industria Rivarik ubicado en Cariari, Forestales Latinoamericanos ubicado en La Rita y Eco Cajas ubicado en Guápiles, en la figura 21 se muestra la distancia a cada industria desde la planta procesadora, y la distancia a ASIREA ubicada en Jiménez y Pelletics ubicados en San Carlos de Alajuela.

Método carga-distancia de la planta procesadora 2, Limón, Costa Rica

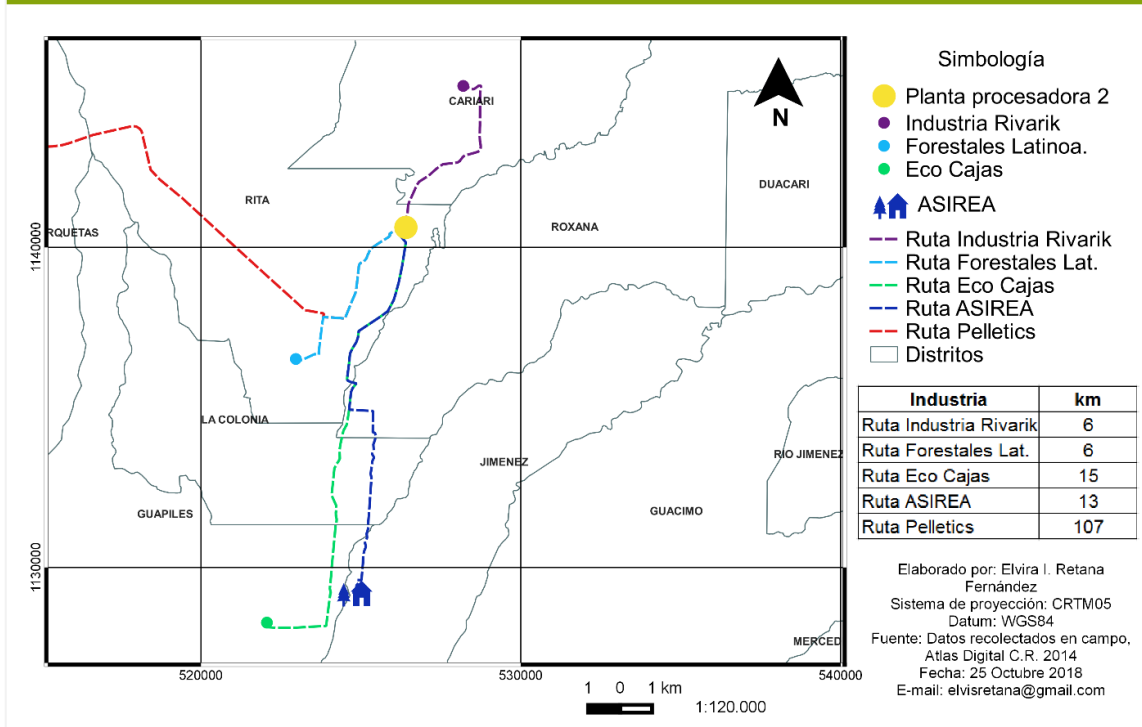


Figura 21. Ubicación de la planta procesadora 2. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

En la figura 22 se muestra la posible ubicación del punto de venta, ubicada en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distrito de La Rita, para este se analizó la distancia hacia los posibles compradores, estos serán las industrias que tienen calderas de leña, Forestales Latinoamericanos ubicados en La Rita, Finca Numancia ubicados en La Rita y Eco Cajas ubicados en Guápiles, además de la empresa Pelletics ubicados en San Carlos de Alajuela.

Método carga-distancia del punto de venta, Limón, Costa Rica

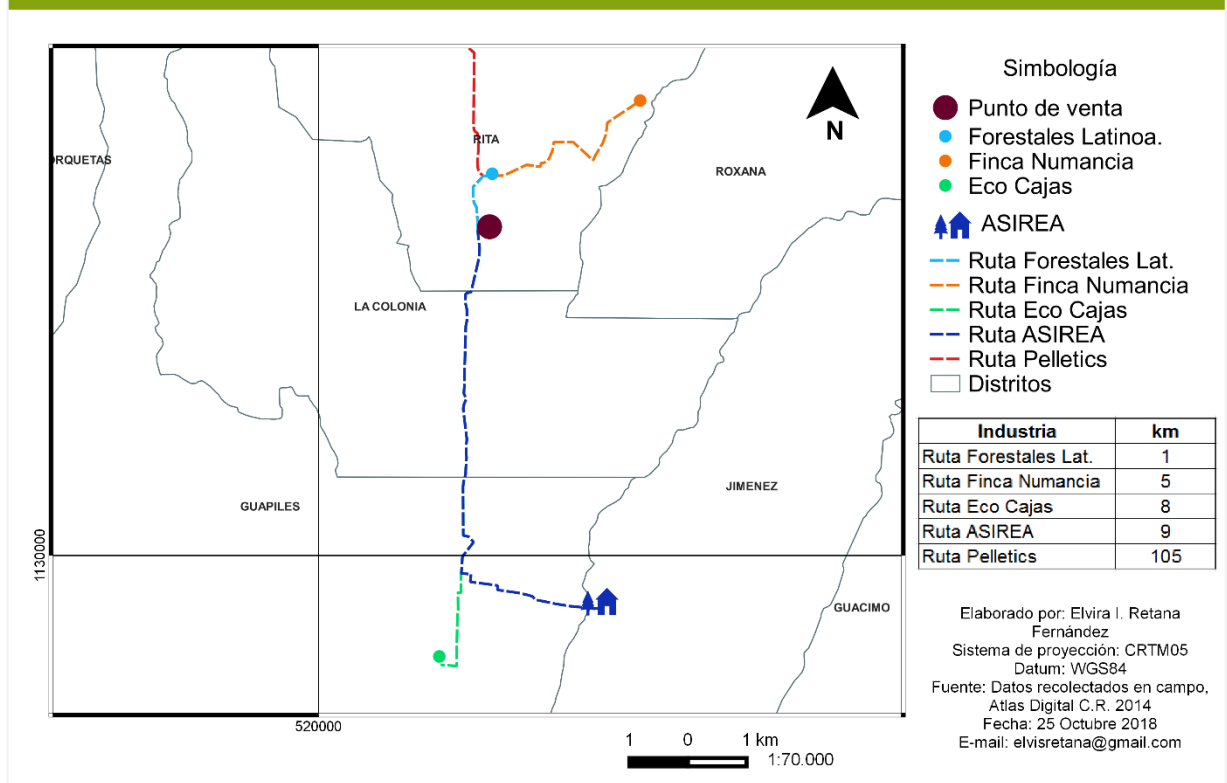


Figura 22. Ubicación del punto de venta. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

En la figura 23, se muestra la distancia de la oficina de ASIREA ubicada en Jiménez hacia cada ubicación propuesta, para esta figura y las anteriores se utilizó el complemento Grafo de rutas en Software Qgis 2.8.9 para calcular la ruta más corta en base a la capa “redcaminos2014crtm05.shp” del Atlas Digital de Costa Rica 2014.

Método carga-distancia del punto de venta y planta procesadora 1-2 a la oficina de ASIREA, Limón, Costa Rica

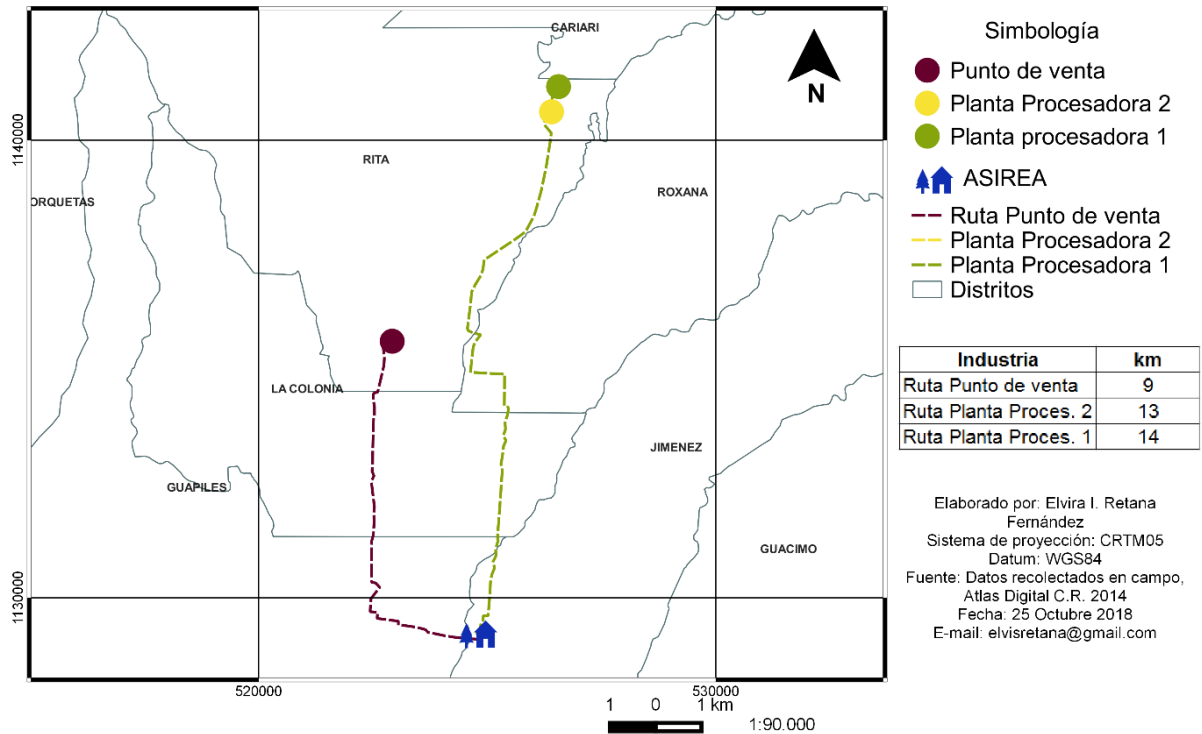


Figura 23. Ubicación y distancia de la planta procesadora 1-2 y el punto de venta a la oficina de ASIREA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Los tres sitios propuestos se ubican en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distrito de La Rita, mientras que la oficina de ASIREA se ubica en el cantón de Pococí, distrito de Jiménez.

5.4.3.4. Método ponderado

El método de ponderado se utilizó para complementar el método de carga-distancia utilizado para mostrar la ruta óptima para el transporte de la materia prima y que implique menos costos, se analizaron dos sitios, el punto de venta propuesto en el distrito de La Rita y la oficina de ASIREA en el distrito de Jiménez, ya que esta también podría funcionar como punto de venta.

Para los factores de importancia utilizados en el cuadro 14, se tiene que la mejor opción de punto de venta, es la coordenada propuesta en el método del centro de gravedad, por ser el que tiene mayor calificación ubicada en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distrito de La Rita, a 9 km de distancia de la oficina de ASIREA; sin embargo la oficina de ASIREA podría funcionar como un sitio de venta, debido a que es una plaza conocida en el sector forestal; no obstante, no podrían almacenar producto terminado en grandes cantidades.

Cuadro 14. Método ponderado para el punto de venta propuesto en comparación con la oficina de ASIREA. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica.

Atributo	Peso %	Punto de venta*		ASIREA**	
		Calificación %	Ponderado	Calificación %	Ponderado
Cercanía con el cliente	30	20	600	15	450
Cercanía con la oficina de ASIREA	20	15	300	20	400
Accesibilidad	10	8	80	9	90
Posibilidad de almacenamiento	10	10	100	8	80
Espacio para construcción	10	10	100	7	70
Disponibilidad de mano de obra	10	9	90	9	90

Atributo	Peso %	Punto de venta*		ASIREA**	
		Calificación %	Ponderado	Calificación %	Ponderado
Posibilidad de establecer un segundo punto de venta	5	5	25	3	15
Seguridad	5	5	25	5	25
Total ponderado			1320		1220

*Punto de venta: Cantón de Pococí, Distrito de La Rita, **ASIREA: Cantón de Pococí, Distrito de Jiménez.

Las ubicaciones antes mencionadas son una propuesta, y pueden servir como referencia para el establecimiento del punto de venta, se recomienda complementar la información presentada en este estudio, con un estudio técnico.

6. CONCLUSIONES

1. La oferta bruta disponible para del sector de industrias de procesamiento de madera es de 75 122,9 t/año, es mayor en aquellas catalogadas como aserraderos y menor en los depósitos de madera. De esta oferta, un 86% ya se comercializa en diferentes productos de bajo valor agregado, quedando una oferta neta de 10 511,2 t/año.
2. El cantón de Pococí es el que tiene mayor cantidad de industrias (37); siendo estos los que generan más residuos (61 505,2 t/año).
3. La oferta de biomasa total disponible proveniente de las plantaciones bajo administración y cooperación de ASIREA asciende a 16 418,35 t, con una capacidad de crecimiento promedio de 5,99 ton/ha/año para plantaciones regulares con edades entre 2 y 3 años, esta oferta podría aumentar si se considera plantaciones y proyectos PSA establecidos con recursos propios o bien con beneficios de FONAFIFO fuera de la administración de ASIREA. La sección del árbol que más biomasa genera es el fuste, caso contrario del follaje; pero esto depende de la calidad de la plantación, del crecimiento del individuo, la especie, afectaciones ambientales, entre otros.
4. Las plantaciones catalogadas con un índice de sitio cualitativo como regulares son las que generan más biomasa en total, mientras que las catalogadas como malas son las que menor cantidad de biomasa tienen, debido a los diámetros inferiores y bajos rendimientos en el crecimiento.
5. Las plantaciones consideradas como regulares ofertan el 89,9% de la biomasa total producida por las plantaciones en la región de estudio.
6. Las industrias con calderas para la producción de energía utilizan principalmente combustibles fósiles para su abastecimiento, esta población está representada mayormente por el sector alimenticio.

7. En el supuesto de las industrias que utilizan combustibles fósiles para la producción de energía realicen un cambio de tecnología de caldera, se tendría una demanda potencial de 18 632 t/año de biomasa forestal, si están mantienen su capacidad de producción constante.
8. Las industrias proveedoras se ubican entre los cantones de Guácimo y Pococí, mientras que las plantaciones forestales están distribuidas en Guácimo, Limón, Matina, Pococí, Pocora y Siquirres, cantones de Limón, esto significa que la oferta de biomasa de plantaciones se encuentra más dispersa y que puede representar elevados costos de transporte.
9. La presentación de venta más popular del aserrín y la burucha es en sacos de 15 kg, mientras que la leña y cabería se vende en pacas.
10. En cuanto al mercado competidor en la región no se encuentra alguna industria que elabore productos de valor agregado con la biomasa generada en la zona, sin embargo a nivel nacional se identifica la empresa Pelletic, con un producto bioenergético consolidado, siendo este el competidor más próximo a la región; mientras que a nivel internacional se encontraron 165 industrias dedicadas al mercado de los pellets y calderas de biomasa.
11. Se proponen cuatro opciones de producto y una opción de servicio, una de ellos es el pellet, los otros tres son las briquetas, chips y carbón, mientras la quinta opción consiste en el servicio de limpieza de los residuos forestales, esta tiene la oportunidad de recibir un pago por la limpieza y aparte de eso la oportunidad de vender los residuos recolectados; para poder determinar cuál de ellos es el más competitivo se requiere realizar estudios técnicos detallados.
12. No se puede calcular un precio definitivo de mercado por producto, ya que falta conocer información más técnica sobre costos de producción y establecimiento de la industria; sin embargo para el caso del producto definido como pellet el mercado en Costa Rica lo comercializa en 250 \$/t, el precio de la biomasa sin valor agregado ronda

los 200 a 700 colones el saco de aserrín, de 300 a 700 colones el saco de burucha y de 1 000 a 20 000 colones la paca de leña, esto para producto no terminado.

13. Se considera como opción que la oficina de ASIREA funcione como un punto de venta, ya que es un sitio reconocido en el sector forestal; sin embargo, las instalaciones actuales no permiten el almacenamiento de producto. Se sugieren otras ubicaciones logísticas pero estas propuestas deben evaluarse nuevamente a la luz de aspectos de segmentación de mercado y producto final de producción.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio técnico y los análisis administrativos correspondientes que unidos a la información de mercado que se presenta en este trabajo, ayudarán a la toma de decisiones más contundentes sobre la factibilidad económica final de un proyecto de inversión relacionado al tema de productos bioenergéticos o una empresa de servicio de limpieza.
2. Se recomienda realizar un estudio sobre la calidad del material proveniente de las plantaciones forestales, principalmente para la consideración de una empresa de servicio de limpieza, se esta forma se tendría claridad sobre cuál es el producto adecuado a generar.
3. Se recomienda una investigación profunda sobre otros posibles productos que se podrían desarrollar y que no tengan potencial bioenergético, como lo son los tableros de partículas, construcción de adoquines, blocks de madera, paneles, entre otros.
4. En el caso de que la apertura de una empresa de servicio de limpieza sea factible, se recomienda mejorar la forma de transporte de material que se utiliza actualmente por muchos de los dueños de industrias de procesamiento de madera, además de mejorar tiempos de recorrido en carretera.
5. En el caso de que la empresa de servicios de limpieza sea factible, se recomienda establecer una relación estrecha con Agrep Forestal, ya que este es uno de los principales compradores de biomasa en bruto del país en la actualidad.
6. Se recomienda mayor investigación sobre la tecnología existente para calderas de biomasa, sus posibles costos, características y rendimientos; así como las opciones y adaptaciones a considerar por las industrias que utilizan combustibles fósiles y desean realizar la conversión de tecnología de las calderas.

8. REFERENCIAS

- Aragón, S. (2013). *Producción y calidad de pellets para cinco cultivos lignocelulósicos potenciales para la Zona Norte de Costa Rica*. (Trabajo final de graduación de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Arenas, J. D. (2004). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de servicios de entretenimiento a partir del suministro de juguetes de peluche personalizados en Colombia*. (Trabajo de grado en la facultad de Ingeniería del departamento de Industrial). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Arguedas, M. (2004). Problemas fitosanitarios de la melina (*Gmelina arborea* (Roxb)) en Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal* (Costa Rica) 1(2), 2004
- Arias, D., Arguedas, M. (2004). *Manual para productores de melina en Costa Rica. Capítulo 3. Manejo de plantaciones*. Recuperado de http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Especies_plantaciones/MELINA/Manual%20para%20los%20productores%20de%20melina.pdf
- Arias, D., Calvo-Alvarado, J., Richter, B., & Dohrenbusch, A. (2011). Productivity, aboveground biomass, nutrient uptake and carbon content in fast-growing tree plantations of native and introduced species in the Southern Region of Costa Rica. *Biomass and bioenergy*, 35(5), 1779-1788.
- Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica (ASIREA). (s.f) Página principal. Recuperado de <http://www.asirea.org/?language=es>.
- Barrantes, A., Ugalde, A. (2017). *Estadísticas 2016. Usos y Aportes de la Madera en Costa Rica*. p.10, 35. Recuperado de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/informe-usos-y-aportes-2016.pdf>

- Barrantes, A., Ugalde, A. (2018). *Usos y Aportes de la Madera en Costa Rica. Estadísticas 2017 & Precios 2018.* p.10. Recuperado de <https://onfcr.org/media/uploads/documents/usos-y-aportes-de-la-madera-2017.pdf>
- Barrantes-Rodríguez, A. (2015). Situación forestal en Costa Rica una perspectiva. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú.* 12(29). 01-01.párr.2-7. Recuperado de revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/download/2249/2032
- Benassini, M. (2009). *Introducción a la investigación de mercados.* México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Bennett, P. (1998). *Dictionary of Marketing Terms.* Chicago: American Marketing Association. p. 117.
- Bertrán S., Morales V. (2008). *Potencial de biomasa forestal.* p.56. Comisión Nacional de Energía (CNE), Santiago, Chile.
- Biomass Costa Rica International S.A. (s.f.). *Producto.* Recuperado de <http://www.biomasscostarica.com/chips-astillas-de-madera/>
- Bojanic, A. (2017). Plan de Mercadeo para el reposicionamiento de biomasa forestal como fuente de generación de energía, por la empresa Biomass Costa Rica International S.A. (Trabajo final de graduación de Maestría en Administración y Desarrollo de Negocios Sostenibles). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Camps, M., Marcos, F. (2008). *Los biocombustibles.* Segunda edición. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Carpio, I.M. (2003). *Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales.* Segunda edición. San José, Costa Rica: EUCR
- Carrillo, T. (2015). *Caracterización de pellets con fines energéticos elaborados a partir de residuos forestales.* (Trabajo final de graduación de Licenciatura en Ingeniería Agrícola). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Carrillo-Parra, Contreras-Ortiz, Pérez-Pérez, Bustamante-García, Corral-Rivas y Goche-Télles. (2015). Briquetas. *En biocombustibles fósiles*. (pp.138-159). Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Carro, R., González, D.A. (2012). *Localización de instalaciones*. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf

Case, K., Fair, R. (2008). *Principios de microeconomía*. Octava edición. México: Pearson Educación.

Céspedes, A. (2008). *Principios de mercadeo*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Chacón, L. (2012). *Estudio: "Diagnóstico de las existencias de los residuos forestales en la región Huetar Norte de Costa Rica."*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisGodio/informe-final-diagnostico-de-las-existencias-de-los-residuos-forestales-en-la-regin-huetar-norte-de-costa-rica-051212>

CONABIO (s.f.). Conocimiento. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf

Díaz, M., Gonzalez, A., Sifuentes, D., Gonzales, E. (2010). Xilema. El carbón vegetal: alta alternativa de energía y productos químicos, 23, 1. Recuperado de <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/issue/view/49>

Establece División Regional del Territorio de Costa Rica, para los efectos de investigación y planificación del desarrollo socioeconómico. (Decreto ejecutivo N°7944). Costa Rica. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59729&nValor3=97717&strTipM=TC

Delgado, R. (2008). *La biomasa como recurso energético. Energías y cambio climático*. España: Ediciones Universidad de Salamanca. p.31-36.

Eco Solutions Saving Energy. (s.f.). *Nosotros*. Recuperado de <https://goecosolutions.net/>

- Energy XPRT. (s.f.). *Wood pellet companies serving Costa Rica*. Recuperado de <https://www.energy-xprt.com/companies/keyword-wood-pellet-42815/serving-costa-rica#headerSite>
- FAO. (1983). *Métodos simples para fabricar carbón vegetal*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S00.htm>
- FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 Informe Nacional Costa Rica*. p.8- 55.
- FAO. (2016). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. (2014). *¿Quiénes somos?*. Recuperado de <http://www.fonafifo.go.cr/quienesomos/index.html>
- FONAFIFO. (2018). Distribución de las hectáreas contratadas en el Programa de Pago de Servicios Ambientales, por año y por actividad. Recuperado de <http://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/estadisticas-de-psa/>
- González, G.; Wiessel, C.; Chaverri, R. (1973). Propiedades y usos de quince especies maderables del noreste de Nicaragua. Investigación sobre el fomento de la producción de los bosques del noreste de Nicaragua. Turrialba, CR, FAO/UNDP; IICA-CATIE.
- German pellets Energie, die nachwächst. (s.f.). Pellets Sackware. Recuperado de <http://www.german-pellets.de/holzpellets-kaufen/angebot-anfordern/pellets-sackware.html>
- Grupo Pelón. (s.f.). Aprovechamiento de Biomasa. [diapositivas de PowerPoint]. Obtenido de http://www.cicr.com/wp-content/uploads/2016/04/209_bcogeneracion_industrial_de_mediana_escala_juan_ariasa_arias_elpelon_de_la_bajura.pdf

- Instituto Nacional de Bosques Guatemala (INAB). (2017). Cedro Cedrela odorata, paquete tecnológico forestal. Recuperado de http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/CEDROD.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Características de las Fincas y de las personas Productoras. San José, Costa Rica: INEC.
- Kotler, P., Armstrong, G. (2017a). Fundamentos de Marketing. Decimotercera edición. México: Prentice-Hall Inc.
- Kotler, P., Armstrong, G. (2017b). Marketing. Decimosexta edición. México: Prentice-Hall Inc.
- Kotler, P., Armstrong, G. (1991). *Fundamentos de mercadotecnia*. Segunda edición. México: Prentice-Hall Inc.
- López, R., Pulido, E.N., González, R.O., Nieto, R.O., Vásquez, M.Y. (2014). *Maderas. Especies comercializadas en el territorio CAR*. Guía para su identificación. Recuperado de <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/35771>
- Masera, O.R., Aguillón, J., Garamino, B., (2005). *Anexo 2. Estimación del recurso y prospectiva Tecnológica de la biomasa como energético renovable en México*. Recuperado de http://www.bioenergylists.org/estufasdoc/UNAM/A2_Biomasa.pdf
- Mateu, E., Casal, J. (2003). Tamaño de la muestra. *Revista Epidemiológica*, 1, 8-14.
- McDaniel, C., Gates, R. (2011). *Investigación de mercados*. México: Cengage Learning, Inc. p. 7.
- Mena, O. (2012). *Tendencias en el consumo de madera para las industrias forestales del Área de Conservación Tortuguero, periodo enero 2005-octubre 2011*. (Proyecto de graduación en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Meza, A. (2004). El aprovechamiento de plantaciones forestales: un sistema de producción. *Kurú: Revista Forestal*, 1(3). párr.1.

MINAET & SINAC. (2011). Censo Nacional de la Industria Forestal Primaria de Costa Rica.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4407s.pdf>

Ministerio de Hacienda. (2018). Página Principal. Recuperado de Estadísticas de importación Costa Rica: <https://www.hacienda.go.cr/contenido/13560-estadisticas-de-importacion-2016> y <https://www.hacienda.go.cr/contenido/14377-estadisticas-de-importacion-2018>.

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, MIDEPLAN. (2017). *Estadísticas regionales de Costa Rica.2010-2015*. Recuperado de [https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/15588f8a-da77-46ba-b0b9-b51f2c130b49/Costa Rica Estadísticas Regionales 2010-2015.pdf?quest=true](https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/15588f8a-da77-46ba-b0b9-b51f2c130b49/Costa%20Rica%20Estadisticas%20Regionales%202010-2015.pdf?quest=true)

Morton-Jones, D, H. (1993). *Procesamiento de plásticos*. Ciudad de México, México: Limusa

Moya, R. (2004). *Gmelina arborea* en Costa Rica. *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 279(1), 47-57.doi:10.19182/bft2004.279.a20248.9 . p.1-2

Moya Roque, R; Leandro Zúñiga, L. 2010. Melina: *Gmelina arborea* Kunth. Verbenaceae. Ficha técnica 5. In Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. R. Moya R., [et al]. (en línea). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 7(18-19):87-101. (Editorial Corporación Garro y Moya, (ISBN: 978-9968-9643-3-3). Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal

Moya Roque, R; Muñoz Acosta, F; Berrocal Jiménez, A. 2010. Teca: *Tectona grandis* L.f. Verbenaceae. Ficha técnica 7. In Tecnología de madera de plantaciones forestales:

Fichas técnicas. R. Moya R., [et al]. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):117-131. (Editorial Corporación Garro y Moya, (ISBN: 978-9968-9643-3-3). Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal

Moya Roque, R; Muñoz Acosta, F; Salas Garita, C; Berrocal Jiménez, A. 2010. Amarillón: *Terminalia amazonia* A. Chev. Combretaceae. Ficha técnica 8. In Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. Moya R., [et al]. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):132-146. (Editorial Corporación Garro y Moya, (ISBN: 978- 9968-9643-3-3). Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal

Moya Roque, R; Salas Garita, C; Leandro Zúñiga, L. 2010. Cebo: *Vochysia guatemalensis* Donn Sm. Vochysiaceae. Ficha técnica 10. In Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. Moya R., [et al]. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):162-176. (Editorial Corporación Garro y Moya, (ISBN: 978-9968-9643- 3-3). Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal

Moya Roque, R; Salas Garita, C; Leandro Zúñiga, L. 2010. Pochote: *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand. Bombacaceae. Ficha técnica 3. In Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. R. Moya R., [et al]. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):57-71. (Editorial Corporación Garro y Moya, (ISBN: 978- 9968-9643-3-3). Disponible en www.tec.ac.cr/revistaforestal

Parkin, M., Loría, E. (2015). *Microeconomía: Versión para Latinoamérica*. Decimoprimer edición. México: Pearson Educación.

Pelletics Energía Renovable. (s.f.a). *¿Quiénes somos?*. Recuperado de http://pelletics.com/?page_id=7

Pelletics Energía Renovable. (s.f.b). *Proyectos*. Recuperado de http://pelletics.com/?page_id=15

Pelletics Energía Renovable. (s.f.c). *¿Qué son pellets?*. Recuperado de http://pelletics.com/?page_id=15

- Quirino, W., Teixeira, A., Abreu, A., Silva, V., Santos, A. (2005). Revista da Madeira. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos, nº89, 100-106. Recuperado de <http://www.lippel.com.br/dados/download/05-05-2014-10-46poder-calorifico-da-madeira-e-de-materiais-ligno-celulosicos.pdf>
- Ramírez, F., Carazo, E., Roldán, C., Villegas G. (2007). *Encuesta de oferta y consumo energético nacional a partir de la biomasa en Costa Rica año 2006*. p.3. Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección Sectorial de Energía. San José, Costa Rica. pp. 91-107
- RECOPE. (2017). Poderes Calóricos de algunos Combustibles. Recuperado de <https://www.recope.go.cr/productos/sistema-de-calidad/poderes-caloricos-de-algunos-combustibles/>
- Rivera, M. (2012). *Propuesta de un sistema de industrialización y comercialización de madera de Gmelina arborea (Melina) proveniente de plantaciones forestales de beneficiarios de ASIREA (Asociación para el Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica)*. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Rojas, F., Murillo, O. (2004). *Manual para productores de melina en Costa Rica. Capítulo 1. Botánica y ecología*. Recuperado de http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Especies_plantaciones/MELINA/Manual%20para%20los%20productores%20de%20melina.pdf
- Ruiz, S. (2015). *Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío*. Boletín INIA N° 308, 196 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Schnarch, A. (2014). *Desarrollo de nuevos productos: creatividad, innovación y marketing*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Sistema de Información de los Recursos Forestales de Costa Rica (SIREFOR). (s.f.). Algunas de las especies más utilizadas para plantaciones forestales en Costa Rica .Recuperado de http://www.sirefor.go.cr/?page_id=836

SINAC. (2015). *Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015. Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales*. Recuperado de http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=9

Talancón, H. P. (2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. *Contribuciones a la Economía*. Recuperado de <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00290.pdf>

Tamarit-Urias, J. C., & Fuentes-Salinas, M. (2003). Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 155-164.

Tenorio, C., Moya, R., Salas, C., & Berrocal, A. (2016). Evaluation of wood properties from six native species of forest plantations in Costa Rica. *SciELO*, 37(1). doi: 10.4067/S0717-92002016000100008

TUK, J.1980. Informe General del Proyecto: Clasificación y Normalización de Maderas para uso estructural. Centro de Investigaciones de Ingeniería en Maderas. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 101 p.

Umaña, J. (2017). ¿Qué es la Dendroenergía? La oportunidad para consolidar una nueva fuente de energía renovable. Hoy en el TEC. Recuperado de <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2017/07/28/dendroenergia-oportunidad-consolidar-nueva-fuente-energia-renovable>

Villanueva, J., De Toro, J.M. (2017). *Marketing estratégico*. Pamplona, España: EUNSA.

Zamora, N. (2000). Ficha de especies: *Enterolobium cyclocarpum* y *Samanea saman*. INBIO. Santo Domingo, Heredia, CR. Consultado el 26 de nov. 2009. Recuperado de

<http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?DB=UBIpub.fp3&lay=WebAll&Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=1450&-Find>

Zelada, C. (2012). Determinación del poder calórico de especies forestales utilizadas como sombra de café en la cuenca alta y media del Río Reventazón, Cartago, Costa Rica. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

9. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a las industrias de procesamiento primario y secundario de madera.

Número de encuesta:						
Fecha:					Hora:	
Permiso para tomar fotografías de las instalaciones:					Sí:	No:
Permiso para grabar la conversación:		Sí:	No:	N de grabación:		
N Foto	Instalaciones	Residuos	Área de almacenamiento	Libro de registro		
1						
2						
3						
Datos generales						
Nombre de la industria:						
Nombre del dueño o representante legal:						
Nombre del entrevistado:						
Puesto que desarrolla:			Experiencia años:			
Teléfono:		e-mail:				
Dirección:		Provincia:		Cantón:		Distrito:
		Otras señas:				
Coordenadas:		X		Y		
Sector al que pertenece la industria:						
Tiempo de operaciones de la industria (anual-temporal):						
Meses de trabajo:						
Producción						
Especies utilizadas:						
Procedencia de la madera:						
Plantación	B. primario	B. secundario	SAF	Potrero	Madera importada	Otra
Metros cubicos totales entrantes:			m3 por especie:			
Metros cubicos totales entrantes:			Duras:	Semiduras:	Suaves:	
Metros cubicos totales salientes:			m3 por especie:			
Metros cubicos totales salientes:			Duras:	Semiduras:	Suaves:	
% de rendimiento de la maquinaria utilizada:			1.	2.	3.	
Tipo de residuo generado:						
Cabería	Aserrín	Burucha	Leña (reglas largas)		Corteza	Otra
Cantidad de residuos generados por unidad de tiempo:						
Utilización de los residuos						
Cuál es el tratamiento que se le da a los residuos:						
Cuál es la forma de almacenamiento:						
Distancia al lugar de almacenamiento:						
Utilizan los residuos de alguna forma:				Cómo:		
Elaboran algún producto con los residuos generados:						Cuál?
Regala los residuos:		Qué tipo de residuos regala:				
En qué porcentaje:		Por qué:				
A quién le regala los residuos:		1	2	3		
Qué parte cubre el costo de transporte:						
Vende los residuos generados:		En qué porcentaje:				
Por qué:						

Anexo 1 continuación. Encuesta realizada industrias de procesamiento primario y secundario de madera.

Utilización de los residuos					
Cuáles son los tipos de residuos que se encuentran en venta:					
Cuál es la presentación de venta:					
Cuál es el precio de venta:					
Cuál es el precio de transporte:					
Qué parte cubre el costo de transporte:					
Distribuyen este producto:				Forma de distribución:	
Quiénes son los principales compradores:					
Para qué fin utilizan la biomasa que ustedes venden:					
Nombre del comprador o quien la recibe		Tipo de biomasa que adquiere		TM por año o m3	Precio por TM o m3
Datos recolectados /Producción de una semana					
Tipo de residuo					
Pacas de madera con diámetro desuniforme	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Numero de trozas	
1					
2					
	Largo	Alto 1	Alto 2	Ancho	
1					
2					
Pacas de madera rajada apilada	Ancho	Alto	Largo		
1					
Pacas de madera en rollo apilada	Ancho	Alto	Largo		
1					
Madera apilada en desorden	Diámetro de la pila		Altura		
1					
Residuo fino (aserrín, burucha) Sacos	Peso en kg	Área de almacenamiento	Tipo de residuos	Especie de ser posible	
1					
2					
USO INTERNO					
Valoración de la entrevista: (1=Muy mala, 2=Mala, 3=Buena, 4= Excelente)					
Interes y cooperación del encuestado:					
Calidad de la información: (1=Muy mala, 2=Mala, 3=Buena, 4= Excelente)					
Observaciones:					

Anexo 2. Encuesta realizada a industrias que cuentan con calderas de distintos tipos, como fuente de energía.

Número de encuesta:					
Fecha:			Hora:		
Permiso para tomar fotografías de las instalaciones:				Si:	No:
Permiso para grabar la conversación:		Si:	No:	N de grabación:	
N Foto	Instalaciones	Producto	Lugar de almacenamiento		Caldera
1					
2					
3					
Datos generales					
Nombre de la industria:					
Nombre del dueño o representante legal:					
Nombre del entrevistado:					
Puesto:		Experiencia años:			
Teléfono:		e-mail:			
Dirección:	Provincia:		Cantón:		Distrito:
	Otras señas:				
Coordenadas:		X		Y	
Sector al que pertenece la industria:					
Tiempo de operaciones de la industria (anual o temporal):					
Meses de trabajo:					
Demanda de combustible					
Número de calderas en si industria:					
Marca de la caldera:					
# de registro:		Presión de trabajo (bar):			
Tipo de combustible que utiliza la caldera:					
Consumo mensual:		Consumo anual:			
Mantienen un consumo constante, o cuales son los meses de mayor consumo:					
Capacidad de la maquina:					
En caso de utilizar un combustible distinto a la biomasa, estaría interesado en cambiar la tecnología de su caldera:					
Si	No	Por qué:			
Experiencia con la biomasa					
Procedencia o proveedor	Tipo de biomasa	Volumen de compra	Costo	Costos de acarreo o transporte	
Parte que cubre el costo de transporte (vendedor-comprador)		Poder calórico	% de humedad	Observaciones	
Residuos generados en el proceso productivo					
Tipo de residuo:					
Utiliza los residuos:			Como los utiliza:		
Cantidad de residuos mensual o anual:					

Anexo 2 continuación. Encuesta realizada a industrias que cuentan con calderas de distintos tipos, como fuente de energía.

Proceso de preparación y ajustes requeridos para utilizar bioenergía en la industria					
Conoce sobre la tecnología adecuada para el uso energético de la biomasa:					
Este tipo de tecnología será de utilidad para su industria:					
En cuáles procesos:					
Cuáles cambios necesitaría realizar en su industria para utilizar esta fuente de energía:					
Barreras sobre el uso de la Biomasa como combustible					
Indique tres razones por las cuáles se ha limitado la utilización de biomasa en su industria:					
1.		2.		3.	
Su industria estaría dispuesta a utilizar fuentes de energía alternativas a la electricidad y combustibles fósiles:					
Sí:		No:		Por qué:	
Proyección del consumo de combustibles					
En el futuro, en cuántos años considera que su industria realizaría el cambio de tecnología para un abastecimiento con biomasa:					
2 años		5 años		10 años	
USO INTERNO					
Valoración de la entrevista: (1=Muy mala, 2=Mala, 3=Buena, 4=Excelente)					
Interés y cooperación del encuestado:					
Calidad de la información: (1=Muy mala, 2=Mala, 3=Buena, 4=Excelente)					
Observaciones:					

Anexo 3. Formulario de campo para plantación.

Número de Formulario:				
Fecha:			Hora:	
Permiso para tomar fotografías :			Permiso para grabar la conversación:	
Datos generales de beneficiarios				
Número de expediente:				Coordenadas
Nombre del dueño:				X Y
Nombre del entrevistado:				
e-mail:				Teléfono:
Dirección:	Provincia:		Cantón:	
	Otras señas:			
Modalidad:	PSA Reforestación:		PSA SAF:	
Especie:				Arreglo espacial (distanciamiento):
Estado de aprovechamiento				
R1 (5-15 cm)	R2 (15,1-25 cm)	C(>25,1 cm)	Area total:	
Observaciones y fotografía:				

Anexo 3 continuación. Formulario de campo para plantación.

Datos recolectados				
ID	DAP	Punto GPS		Observaciones
		X	Y	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Anexo 4. Identificación de las industrias visitadas (Figura 3). Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica. 2018.

ID	Industria	Sector	ID	Industria	Sector
1	Aserradero Archa del Atlántico	Aserradero	15	Maderavi S.A	Aserradero
2	Madera Digital	Mueblería	16	Aserradero Belmonte	Aserradero
3	Muebles de Fabio	Mueblería	17	Finca Numancia / Corporación Agrícola del Monte	Aserradero
4	Mueblería Richard	Mueblería	18	Maderas Forestica	Aserradero
5	Mueblería Junior	Mueblería	19	Muebles Jahve Jireh	Mueblería
6	Tapicería Jesús López	Mueblería	20	Aserradero El Cargador S.A	Aserradero
7	Aserradero del Caribe	Aserradero	21	Industria Rivarik	Aserradero
8	La Esmeralda	Depósito	22	Forestales Latinoamericanos	Aserradero
9	Aserradero Los Pinares	Aserradero	23	Aserradero de Sergio Jiménez	Aserradero
10	Multiservicios de Ebanistería Arias	Mueblería	24	Mueblería Familia Alvarado	Mueblería
11	Depósito de Madera Oliver	Depósito	25	Maderas La Unión	Aserradero
12	Aserradero la ceiba	Aserradero	26	RaRi Costa Rica LTDA	Aserradero
13	Muebles Tamarisco	Aserradero	27	Aserradero Lomos Azules	Aserradero
14	Compañía Constructora Vargas y Picado	Aserradero	28	Eco Cajas	Aserradero

Anexo 5. Industrias de procesamiento de madera en la región. Región Huetar Caribe, Limón, Costa Rica. 2018.

Industria	Tipo de industria	X	Y	Nombre del dueño o representante legal	Teléfono	Cantón	Distrito
Aserradero Archa del Atlántico*	Aserradero	541391	1125568	Luis Enrique Artavia Chavarría	60138526	Guácimo	Mercedes
Aserradero Belmonte*	Aserradero	524953	1136095	Raimundo Moreno Meneses	72712725	Pococí	Roxana
Aserradero de Sergio Jiménez*	Aserradero	522551	1136325	Sergio Jiménez	83035460	Pococí	La Rita
Aserradero del Caribe*	Aserradero	534925	1128290	Yeiner Valenciano	-	Guácimo	Guácimo
Aserradero El Cargador S.A*	Aserradero	526395	1141837	Rafael Monge Abarca	83680452	Pococí	Cariari
Aserradero El Tucán	Aserradero	-	-	Oscar Barrantes	88410950	Pococí	
Aserradero La Ceiba*	Aserradero	522378	1128357	Adolfo Calvo	83309903	Pococí	Guápiles
Aserradero Lomos Azules*	Aserradero	530597	1148701	Edwin Torres	87956184	Pococí	Cariari
Aserradero Los Pinares*	Aserradero	531150	1128544	Rogelio Rosales Gonzales	85211937	Guácimo	Guácimo
Compañía Constructora Vargas y Picado*	Aserradero	536044	1156314	Ricardo Picado Rodríguez	83849815	Pococí	Cariari
Eco Cajas*	Aserradero	522064	1128276	Pedro Perez Hernández	27110052	Pococí	Guápiles
Finca Numancia / Cooperación agrícola del Monte*	Aserradero	525295	1137758	Jorge Pelaez	27632102	Pococí	La Rita
Forestales Latinoamericanos*	Aserradero	522965	1136511	Gerardo Jimenez Trejos	27631114	Pococí	La Rita
Gerardo Porras (El Guayacan)	Aserradero	-	-	Gerardo Porras Salazar / Daniel Madrigal	86154065	Guácimo	Guácimo
Hermanos Mora	Aserradero	-	-	Roy Mora Campos	27165142	Guácimo	Guácimo
Industria Rivarik*	Aserradero	528203	1145040	Luis Ricardo Gomez Matamorros	83883543	Pococí	Cariari
Maderas Forestica S.A*	Aserradero	5255882	1138396	Carlos Campos Monge	83062327	Pococí	La Rita
Maderas La Unión*	Aserradero	513873	1129445	Carlos Aguilar Gamboa	27110161	Pococí	Guápiles
Maderavi S.A*	Aserradero	524874	1136136	Luis Valverde Salazar	86047242	Pococí	Roxana
Marte Seguridad S.A	Aserradero	-	-	Juan José Figueroa Alfaro	2716-5157	Guácimo	Guácimo
Muebles Tamarisco*	Aserradero	536123	1156457	Jorge Zúñiga Aguilar	85009014	Pococí	Colorado
RARI Costa Rica LTDA*	Aserradero	525473	1124643	Marcos Miranda Araya	84934325	Pococí	Jiménez
San Pancracio S.A*	Aserradero	-	-	Carlos Quirós Villafranca		Pococí	Guápiles
Alistado y Venta de Madera Los Pinos	Depósito	-	-	Manuel Sandí Sandí	2710-7824	Pococí	La Colonia
Almacén El Colono (Cariari)	Depósito	-	-	Mauricio Castillo Calvo	27131235	Pococí	Cariari
Almacén El Mejor Precio de Cariari S.A	Depósito	-	-	Enrique Porras Retana	27677015	Pococí	Cariari
Almacén Hermanos Jiménez de Cariari S.A	Depósito	-	-	Guillermo y Esteban Jiménez Hernández	-	Pococí	Cariari
Cedeño	Depósito	-	-	Alcides Cedeño Rodríguez	2716-6513	Guácimo	Guácimo
Depósito de Madera Oliver	Depósito	537133	1133061	Oliver Arguedas Briceño	27167809	Guácimo	Guácimo
Javier Torres Alvarez	Depósito	-	-	Jose Antonio Fallas Barrantes	2767-5459	Pococí	La Rita
La Esmeralda*	Depósito	527621	114701	Jorge Alberto Gomez Mora	83721238	Pococí	Cariari
Diego Rodríguez Agüero	Mueblería	-	-	Diego Rodríguez Agüero	60598181	Pococí	Guápiles
Ebanistería Torres	Mueblería	-	-	Teodorico Torres	88186935	Pococí	Roxana
Madera Digital*	Mueblería	522777	1128968	Ulises Blanco Mora	27103334	Pococí	Guápiles
Maderas del Pueblo	Mueblería	-	-	Alfredo Cerdas Rubí	83960222	Pococí	
Maderas Fallas	Mueblería	-	-	Jose Antonio Fallas Barrantes	2767-5459	Pococí	
Mueblería Barrio los Sauces	Mueblería	-	-		87990181	Pococí	Guápiles
Mueblería Familia Alvarado*	Mueblería	530201	1136956	Carlos Alvarado Campos	27633884	Pococí	Roxana
Mueblería Jahve Jireh*	Mueblería	526154	1136297	Jairo Badilla	61814154	Pococí	Roxana
Mueblería Jiménez	Mueblería	-	-	Wilberth Jiménez Chavarría		Pococí	Guápiles
Mueblería Junior	Mueblería	529396	1131708	Junior Salas y Cristina Climaco S.A	86842539	Pococí	Jiménez
Mueblería Richard	Mueblería	522339	1127258	Ricardo Jiménez Bolaños	88914215	Pococí	Guápiles
Mueblería Saúl	Mueblería	-	-	Saúl Méndez Jara	88534051	Pococí	La Colonia
Muebles D'Fabio*	Mueblería	514434	1129762	Fabio Mendez	88053287	Pococí	Guápiles
Multiservicios de Ebanistería Arias*	Mueblería	528830	1146753	Eddy Arias Castro	88839015	Pococí	Cariari
Tapicería Jesús López*	Mueblería	521821	1129311	Jesús López	83361647	Pococí	Guápiles

*Industrias muestreadas

Anexo 6. Cuadro de densidades básicas utilizadas en el cálculo de la oferta de biomasa proveniente de industrias de procesamiento de madera.

Espece / Nombre científico	Nombre común	Densidad (kg/m ³)	Fuente
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	510	(Carpio, 2003)
<i>Gmelina arborea</i>	Melina	400	(Moya y Leandro, 2010)
<i>Virola koschnyi</i>	Fruta dorada	420	(González, Wiessel y Chaverri, 1973)
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	290	(Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, 2003)
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	470	(Carpio, 2003)
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	360	(INAB, 2017)
<i>Carapa guianensis</i>	Caobilla	490	(MAE y FAO, 2014)
<i>Hieronyma alchornoides</i>	Pilón	610	(TUK, 1980)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Chancho blanco	320	(Moya, Salas y Leandro, 2010)
<i>Tectona grandis</i>	Teca	560	(Moya, Muñoz, Berrocal, 2010)
<i>Samanea saman</i>	Cenízaro	420	(Zamora, 2000)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	360	(Carpio, 2003)
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilán	430	(López, Pulido, González, Nieto y Vásquez, 2014)
<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	350	(Tenorio, Moya, Salas y Berrocal, 2016)
<i>Bombacopsis quinata</i>	Pochote	320	(Moya, Salas y Leandro, 2010)
<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendo	830	(Carpio, 2003)
<i>Eucalipto deglupta</i>	Eucalipto	390	(Carpio, 2003)
<i>Terminalia amazonia</i>	Roble coral	490	(Moya, Muñoz, Salas y Berrocal, 2010)

Anexo 7. Datos básicos recolectados por dueño de plantación.

Año	Raleos adecuados	Provincia	Amarre Latitud
Expediente	Afectaciones	Cantón	Amarre Longitud
Beneficiario	Ambientales	Distrito	Especie
Condición	Crecimiento	Otras Señas	Arreglo Espacial
Topografía O Zona	Observaciones	Folio Real	Área Total
Material Genético	ID	Plano Catastrado	Área Plantada
Preparación del Sitio	Nombre del Dueño	Y Horizontal	Edad
Mantenimiento	Cédula	X Vertical	Número de Árboles plantados
Podas a Tiempo	E-Mail	Hoja Cartográfica	Sistema de Proyección
	Teléfono		

Anexo 8. Entrevista realizada a Andrea Solano Lazo, Asistente Profesional de Producción de Energía Eléctrica, COOPELESCA, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2018.

1. ¿Cuáles son las zonas del país que cubren actualmente con la distribución de energía?
2. ¿Cuáles son las principales fuentes de abastecimiento de la empresa, en el tema de energía?
3. ¿En este momento cuál es la demanda de energía que tiene la empresa, y si la pueden cubrir sin problemas? ¿De crecer en el futuro, como cubrirían la demanda sumada? con las misma fuentes actuales?
4. ¿En alguna ocasión han considerado generar energía con la utilización de biomasa forestal (leña, pellets, briquetas), de esta forma complementar el consumo con esta fuente?
5. ¿Si han pensado complementar con biomasa, que porcentaje de la demanda se piensa que esta podría cubrir?
6. ¿Cuáles son los objetivos de la empresa, estos serán iguales en el futuro, o piensan cambiar sus objetivos?

Anexo 9. Obtención de irregularidades según el DM y diferentes Tr/m².

DM (cm)	Irregularidad (cm)					
	2	3	4	5	6	7
10	80.19	68.33	58.91	51.32	45.11	39.95
11	68.33	58.91	51.32	45.11	39.95	35.64
12	58.91	51.32	45.11	39.95	35.64	31.99
13	51.32	45.11	39.95	35.64	31.99	28.87
14	45.11	39.95	35.64	31.99	28.87	26.18
15	39.95	35.64	31.99	28.87	26.18	23.86
16	35.64	31.99	28.87	26.18	23.86	21.83
17	31.99	28.87	26.18	23.86	21.83	20.05
18	28.87	26.18	23.86	21.83	20.05	18.48
19	26.18	23.86	21.83	20.05	18.48	17.08
20	23.86	21.83	20.05	18.48	17.08	15.84
21	21.83	20.05	18.48	17.08	15.84	14.73
22	20.05	18.48	17.08	15.84	14.73	13.73
23	18.48	17.08	15.84	14.73	13.73	12.83
24	17.08	15.84	14.73	13.73	12.83	12.02
25	15.84	14.73	13.73	12.83	12.02	11.28
26	14.73	13.73	12.83	12.02	11.28	10.60
27	13.73	12.83	12.02	11.28	10.60	9.99
28	12.83	12.02	11.28	10.60	9.99	9.43
29	12.02	11.28	10.60	9.99	9.43	8.91
30	11.28	10.60	9.99	9.43	8.91	8.43
31	10.60	9.99	9.43	8.91	8.43	8.00
32	9.99	9.43	8.91	8.43	8.00	7.59
33	9.43	8.91	8.43	8.00	7.59	7.22
34	8.91	8.43	8.00	7.59	7.22	6.87
35	8.43	8.00	7.59	7.22	6.87	6.55
36	8.00	7.59	7.22	6.87	6.55	6.24
37	7.59	7.22	6.87	6.55	6.24	5.96
38	7.22	6.87	6.55	6.24	5.96	5.70
39	6.87	6.55	6.24	5.96	5.70	5.46
40	6.55	6.24	5.96	5.70	5.46	5.23

Fuente: Lega, 1997

Anexo 10. Obtención de factores estéreos para diferentes DM e irregularidades.

DM (cm)	Irregularidad (cm)					
	2	3	4	5	6	7
10	0.63	0.53	0.76	0.40	0.354	0.31
11	0.65	0.56	0.48	0.42	0.38	0.33
12	0.67	0.58	0.51	0.45	0.40	0.36
13	0.68	0.59	0.53	0.47	0.42	0.38
14	0.69	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40
15	0.71	0.63	0.56	0.51	0.46	0.42
16	0.72	0.64	0.58	0.52	0.48	0.43
17	0.73	0.65	0.59	0.54	0.49	0.45
18	0.73	0.66	0.60	0.55	0.51	0.47
19	0.74	0.67	0.61	0.56	0.52	0.48
20	0.75	0.68	0.63	0.58	0.53	0.49
21	0.76	0.69	0.64	0.59	0.54	0.51
22	0.76	0.70	0.64	0.60	0.56	0.52
23	0.77	0.71	0.65	0.61	0.57	0.53
24	0.77	0.71	0.66	0.62	0.58	0.54
25	0.78	0.72	0.67	0.63	0.59	0.55
26	0.78	0.72	0.68	0.63	0.59	0.56
27	0.79	0.73	0.68	0.64	0.60	0.57
28	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58
29	0.79	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58
30	0.80	0.75	0.70	0.66	0.63	0.59
31	0.80	0.75	0.71	0.67	0.63	0.60
32	0.80	0.75	0.71	0.67	0.64	0.61
33	0.81	0.76	0.72	0.68	0.64	0.61
34	0.81	0.76	0.72	0.68	0.65	0.62
35	0.81	0.76	0.73	0.69	0.66	0.63
36	0.81	0.77	0.73	0.69	0.66	0.63
37	0.82	0.77	0.73	0.70	0.67	0.64
38	0.82	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64
39	0.82	0.78	0.74	0.71	0.68	0.65
40	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.65

Fuente: Lega, 1997

Anexo 11. Poder calórico de la biomasa forestal y de combustibles fósiles.

Combustible	Poder calórico (kcal/ kg)	Relación con Diesel	Relación con Bunker	Relación con Gas LPG	Fuente
Biomasa forestal	3 500,00	2,93	2,84	3,28	(Bojanic, 2017)
Pellets Pelletics	4 421,61	2,32	2,84	2,59	(Pelletics Energía Renovable, s.f.c)
Chips	3 541	2,90	2,81	3,24	(Biomass Costa Rica International S.A., s.f.)
Carbón vegetal de aserrín	6 931,17	1,48	1,43	1,66	(Masera, Aguillón y Gamino, 2005)
Diesel	10 253,36	-	-	-	(RECOPE, 2017)
Bunker	9 940,50	-	-	-	(RECOPE, 2017)
Gas LPG	11 472,29	-	-	-	(RECOPE, 2017)
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo)	4 445,51	2,31	2,24	2,58	(CONABIO , s.f.).
<i>Gmelina arborea</i> (Melina)	3 749,29	2,73	2,65	3,06	(Moya y Leandro, 2010)
<i>Cordia alliodora</i> (Laurel)	5 418,74	1,89	1,83	2,12	(Zelada, 2012)
<i>Cedrela odorata</i> (Cedro)	4 707,00	2,18	2,11	2,44	(Quirino, Teixeira, Abreu, Silva, Santos, 2005)
<i>Carapa guianensis</i> (Caobilla)	4 633,00	2,21	2,15	2,48	(Quirino, Teixeira, Abreu, Silva, Santos, 2005)
<i>Vochysia guatemalensis</i> (Chanco blanco)	3 965,35	2,59	2,51	2,89	(Moya, Salas, Leandro Zúñiga, 2010)
<i>Tectona grandis</i> (Teca)	4 634,33	2,21	2,14	2,48	Moya, Muñoz, Berrocal, 2010
<i>Samanea saman</i> (Cenizaro)	2 865,00	3,58	3,47	4,00	(Moya, Muñoz, Berrocal, 2010)
<i>Bombacopsis quinata</i> (Pochote)	3 738,53	2,74	2,66	3,07	(Moya, Salas, Leandro, 2010)
<i>Eucalipto deglupta</i> (Eucalipto)	4 299,24	2,38	2,31	2,67	(Zelada, 2012)
<i>Terminalia amazonia</i> (Roble coral)	3 804,50	2,70	2,61	3,02	(Moya, Salas, Leandro, 2010)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Guanacaste)	4 435,00	2,31	2,24	2,59	(CONABIO, s.f.)
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Gavilán)	-	-	-	-	-