

**Evaluación del poder calorífico y su relación con las propiedades fisicoquímicas de
las dos especies forestales de mayor uso en las actividades domésticas en tres
veredas del municipio de San José de Miranda**

Judy Amparo Macías Ortiz y Marbely Blanco Gómez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Herwin Ramiro Roa Caicedo

Esp. en Planeación para la Educación Ambiental

Codirector

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD en Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia

IPRED

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

Este trabajo de grado se lo dedicó primeramente a Dios y a la virgencita María por permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres por ser mi motor, ejemplo y motivación desde el inicio de mi carrera profesional. A mi papá Carlos Macías Corzo que se encuentra en el cielo. Pero sé, que desde allá se siente orgulloso de mí por cumplir uno de nuestros sueños, y sé que desde allí me sigue apoyando y guía mis pasos como lo hacía aquí en la tierra. A mi madre Rubiela Ortiz Herrera por su apoyo, amor incondicional y oraciones constantes.

A mis hermanos: Andrés, Guillermo, Milena, Daniela y Silvia y demás familiares que estuvieron siempre ahí, con sus palabras y acciones reconfortantes. Siempre queriendo que cumpla cada una de mis metas propuestas.

A mi esposo, confidente y amigo Isidro Uribe por su motivación, apoyo constante y por siempre creer en mí en el alcance de este logro.

A mi madrina Martha Toloza por sus consejos, paciencia y apoyo en este recorrido.

A mis amigos y ahora colegas Cristian Munevar, Ciro Gelvez y Marbely Blanco por estar en esta etapa de formación y brindarme siempre su apoyo, conocimiento y consejos para poder superar cada uno de los obstáculos.

A mis amigos del colegio (Laura, Claudia, Yerly, Olga, Sofía y Bibiana) y de la universidad (Erika y Juan) que de alguna u otra manera aportaron su granito de arena para llegar a mi meta “Ingeniera Forestal”.

Judy Amparo Macías Ortiz

Dedicó esta tesis primeramente a Dios por darme vida y salud para poder alcanzar uno de mis proyectos de vida, que es ser ingeniera forestal.

A mis padres, Elías Blanco Lándinez y Luz Marina Gómez Tarazona, por brindarme su apoyo, comprensión y consejos durante esta hermosa carrera.

A mis hermanos: María Elisa, Pedro, Luz Amparo, Darío y José Elías, quienes a pesar de las dificultades, me han enseñado que con trabajo y perseverancia se encuentra el éxito profesional.

A mi nono Samuel Blanco, quien se encuentra en el cielo pero gracias a sus consejos, valores y principios forjados me enseñó a ser una persona fuerte y de bien.

A mi compañera y amiga Judy Macías por su amistad, comprensión y dedicación durante la carrera y finalización de nuestro trabajo de grado.

Marbely Blanco Gómez

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios y a la Virgen María por bendecirnos con su infinito amor y brindarnos la sabiduría para estudiar, prepararnos y finalizar nuestra carrera universitaria.

La culminación de esta etapa y la finalización de la tesis fueron gracias al apoyo incondicional de las siguientes personas e instituciones:

A nuestra familia que de una u otra manera nos han brindado su apoyo para poder alcanzar uno de los proyectos de vida, el cual nos propusimos al momento de ingresar a la universidad.

A nuestro director de tesis Herwin Ramiro Roa Caicedo por su conocimiento, dedicación y experiencia en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al codirector de tesis Julián Mauricio Botero Londoño por su orientación.

Al ingeniero Ricardo Andrés Oviedo Celis por su dedicación, colaboración, conocimiento, asesoramiento y consejos indispensables en el desarrollo de nuestra tesis.

Al profesor Héverson Gabriel Valderrama Mantilla por brindarnos su conocimiento apoyo y dedicación.

A los habitantes de las veredas de Sagamal, Cucurucho y El Pozo por la confianza depositada para con nosotras en la realización del proyecto de investigación.

De manera especial también queremos agradecer a nuestros amigos sinceros y personas allegadas por hacer parte de nuestra formación como personas de bien y profesionales.

A la Universidad Industrial de Santander – Sede Málaga, a los profesores, administrativos y demás colaboradores, por abrirnos sus puertas y darnos la confianza necesaria para lograr uno de los triunfos importantes de la vida, además de impartir conocimientos y valores para nuestra formación profesional y personal.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Antecedentes	14
3. Marco Referencial.....	16
3.1 Marco Teórico.....	16
3.1.1 La leña.....	16
3.1.2 Eucalyptus globulus Labill	17
3.1.3 Escallonia pendula (Ruiz & Pav) Pers	17
3.1.4 Recolección de la leña	18
3.1.5 Composición química de la madera.....	19
3.1.6 El poder calorífico.....	19
3.2 Marco Legal	19
3.3 Marco Conceptual.....	20
4. Metodología	22
4.1 Área de estudio	23
4.2 Determinación del tamaño de la muestra.....	23
4.3 Fase de indagación.....	24
4.4 Fase campo.....	24
4.5 Caracterización fisicoquímica de las muestras	25

4.5.1 Determinación de la densidad.....	25
4.5.2 Determinación del contenido de humedad.....	26
4.5.3 Determinación del contenido de Cenizas.....	27
4.5.4 Determinación del poder calorífico	28
4.5.5 Determinación del contenido de grasas	28
4.5.6 Determinación del contenido de fibra detergente ácida (FDA).....	29
4.5.7 Determinación del contenido de fibra detergente neutra (FDN)	30
4.5.8 Determinación de lignina.....	31
4.5.9 Determinación de celulosa y hemicelulosa.....	32
4.5.10 Análisis elemental CHNS	32
5. Resultados.....	33
5.1 Determinación de la muestra	33
5.2 Especies forestales de mayor uso como combustible e información complementaria de la leña en la cocción de alimentos	34
5.2.1 Verificación en campo de las especies forestales de mayor uso según la encuesta aplicada	39
5.3 Estimación del poder calorífico de las especies forestales de mayor demanda en la zona de estudio.....	42
5.4 Influencia de propiedades fisicoquímicas en el poder calorífico.....	43
5.4.1 Propiedades físicas de las especies de interés.....	43
5.4.2 Propiedades químicas en las especies de interés.....	46
6. Discusión.....	47
7. Conclusiones.....	49

8. Recomendaciones	50
Referencias Bibliográficas	52
Apéndices.....	56

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Determinación tamaño de la muestra.....	33
Tabla 2. Poder calorífico de <i>Eucalyptus globulus</i> L y <i>Escallonia pendula</i> (R & P) P.....	42
Tabla 3. Deshidratación de las hojas.....	46
Tabla 4. Composición química y elemental en las especies de interés.....	46

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Combustible utilizado en las actividades domésticas.....	34
Figura 2. Obtención, herramientas y costos en la extracción del combustible sólido	35
Figura 3. Especies leñosas con mayor demanda en las actividades domésticas.....	36
Figura 4. Características sobresalientes en la elección de la leña y emisión de humo	37
Figura 5. Manejo y tiempo de secado a la estructura leñosa previo al uso.....	38
Figura 6. Mapa del posicionamiento espacial de las especies de interés en el área de estudio	40
Figura 7. Cantidad de individuos por especie taxonómica	41
Figura 8. Determinación de la densidad de la madera <i>Eucalyptus globulus</i> L.....	43
Figura 9. Determinación de la densidad madera de <i>Escallonia pendula</i> (R & P) P.....	44
Figura 10. Contenido de humedad de la madera de las especies de interés.....	45

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Encuesta aplicada parte 1.....	56
Apéndice B. Encuesta aplicada parte 2.....	57
Apéndice C. Inventario Forestal	58
Apéndice D. Verificación en campo.....	59
Apéndice E. Permiso otorgado por la CAS para la poda de las especies	59
Apéndice F. Proceso de transformación y elaboración de probetas	60
Apéndice G. Determinación de la densidad de la madera	60
Apéndice H. Determinación del contenido de humedad de la madera.....	61
Apéndice I. Deshidratación de la estructura foliar de las especies.....	61
Apéndice J. Transformación de la estructura leñosa y foliar en harina	62
Apéndice K. Muestras para el análisis químico y elemental	62
Apéndice L. Determinación de Cenizas.....	63
Apéndice M. Determinación del poder Calorífico.....	63
Apéndice N. Determinación del contenido de grasas	64
Apéndice O. Determinación de la Fibra de Detergente Ácida (FDA).....	64
Apéndice P. Análisis elemental (CHNS).....	65

Resumen

Título: Evaluación del poder calorífico y su relación con las propiedades fisicoquímicas de las dos especies forestales de mayor uso en las actividades domésticas en tres veredas del municipio de San José de Miranda *

Autor: Judy Amparo Macías Ortiz, Marbely Blanco Gómez **

Palabras Clave: Leña, combustión, *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav) Pers, *Eucalyptus globulus* Labill, análisis elemental, comunidad campesina.

Descripción: La estructura leñosa y foliar de las especies forestales es empleada como combustible por comunidades rurales para la preparación de alimentos, debido a índices marcados de pobreza y grandes limitaciones de acceso a servicios públicos. El objetivo principal de esta investigación fue estudiar la relación del poder calorífico con las propiedades fisicoquímicas de las dos especies forestales leñosas de mayor demanda en el municipio de San José de Miranda (Santander, Colombia). Se seleccionaron un total de 61 familias campesinas pertenecientes a las veredas de Sagamal, Cucurucho y El Pozo. A estos hogares se les aplicó una encuesta de manera telefónica, para obtener información sobre aspectos como: el combustible que utiliza para la cocción de alimentos, las especies forestales de mayor uso en la cocción de alimentos, lugar de procedencia y cómo obtienen la leña para la preparación de los alimentos; también se ejecutó una verificación en campo implementando un inventario forestal en el área de estudio. Las dos especies con mayor utilidad en el ámbito alimentario fueron analizadas a dos diferentes alturas con respecto a la rama (M1 y M2) y su estructura foliar (M3); cuyo poder calorífico en el *Eucalyptus globulus* Labill (16,265 MJ/Kg, 18,240 MJ/Kg y 21,318 MJ/Kg) mientras que para *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers (17,092 MJ/Kg, 19,280 MJ/Kg y 18,576 MJ/Kg) respectivamente.

Se concluye que el valor calórico de la madera depende de las variables: contenido de humedad y lignina, así como del carbono; en el caso de las hojas son las grasas las que conllevan a un alto poder calorífico. Además, se comprobó que la madera extraída de las ramas de las especies estudiadas posee mayor poder calorífico si la sección de la rama trabajada se encuentra a mayor altura con respecto al nivel del suelo, es decir, que estas variables son directamente proporcionales.

* Evaluación del poder calorífico y su relación con las propiedades fisicoquímicas de las dos especies forestales de mayor uso en las actividades domésticas en tres veredas del municipio de San José de Miranda

** Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia - IPRED. Escuela de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo. Esp. de Planeación para la Educación Ambiental. Codirector: Julián Mauricio Botero Londoño. PhD en Ciencias Agrarias

Abstract

Title: Evaluation of the Calorific Power and its relation with the physicochemical properties of the two forest species most used in domestic activities in three villages of the municipality of San José de Miranda*

Author(s): Judy Amparo Macías Ortiz, Marbely Blanco Gómez **

Key Words: Firewood, combustion, *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav) Pers, *Eucalyptus globulus* Labill, elemental analysis, peasant community.

Description: The woody and foliar structure of forest species is used as fuel by rural communities for the preparation of food, due to marked indices of poverty and great limitations of access to public services. The main objective of this research was to study the relation between the calorific power with the physicochemical properties of the two woody forest species with the highest demand in the municipality of San José de Miranda (Santander, Colombia). A total of 61 peasant families belonging to the villages of Sagamal, Cucurucho and El Pozo were selected. These households were surveyed by telephone, to obtain information on: the fuel used for cooking food, the forest species most commonly used in cooking food, location of provenance and how they obtain wood for food preparation. A field verification was also carried out, implementing a forest inventory in the study area. The two most useful species in the food field were analyzed at two different heights with respect to the branch (M1 and M2) and its leaf structure (M3); which calorific value in *Eucalyptus globulus* Labill was (16,265 MJ/Kg, 18,240 MJ/Kg and 21,318 MJ / Kg) while for the *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers was (17,092 MJ/Kg, 19,280 MJ/Kg and 18,576 MJ/Kg) respectively.

It is concluded that the caloric value of the wood depends on the variables: moisture content and lignin, as well as carbon, in the case of the leaves are the fats that lead to a high calorific value. In addition, it was found that the wood extracted from the branches of the species studied has greater calorific value if the section of the worked is at a greater higher than the level of the soil, that is, that these variables are directly proportional.

* Degree Work Evaluation of the Calorific Power and its relation with the physicochemical properties of the two forest species most used in domestic activities in three villages of the municipality of San José de Miranda.

** Institute for Regional Projection of Distance Education - IPRED. School of Forest Engineering. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo. Esp. Environmental Education Planning Department. Co-director: Julián Mauricio Botero Londoño. PhD in Agricultural Sciences.

Introducción

El uso y extracción de los recursos naturales en sectores rurales, permite que sus habitantes desarrollen actividades de tipo productivo en los núcleos familiares que conforman. Este tipo de actividades locales de carácter económico dominante, y ejecutadas a diferente escala; contribuyen a la estabilidad social de los pobladores. Dentro de las materias primas de origen natural que integran este grupo de recursos de amplio uso rural está la estructura leñosa y foliar, empleada por comunidades con índices marcados de pobreza y grandes limitaciones de accesos a servicios públicos (Salgado et al, 2017). Su mayor destino es la utilización como combustible para la cocción de alimentos, que suple las demandas nutricionales en los hogares conformados. En este sentido Cortés y Ridley (2013) indican que en los países en desarrollo más de dos mil millones de personas dependen directamente de dicha biomasa como principal o única fuente de energía.

En el contexto nacional se estima que 1.6 millones de personas tienen como base para la cocción de alimentos la leña (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2014). Escenario similar se presenta en el casco rural del municipio de San José de Miranda, donde el 85% de las familias emplean fuentes energéticas a partir de biomasa vegetal arbórea o arbustiva para la cocción de alimentos (Alcaldía Municipal - San José de Miranda, 2016).

Es necesario conocer las especies forestales empleadas como leña en el sector rural de San José de Miranda desde sus propiedades físicas y químicas, que permitan establecer potencial calórico y la relación de este con otras variables, lo cual genera un marco de actuación sobre la gestión sostenible de los recursos forestales en la región, razón por la cual surge como interrogante de la investigación ¿Cuál es el potencial calórico de las dos especies forestales, más empleadas para leña en el Municipio de San José de Miranda?

El trabajo se realizó debido a que, en la zona de estudio aún se utiliza la leña como fuente principal energética para la cocción de los alimentos, pero no se cuenta con información específica sobre las especies de mayor demanda. Es así, que se busca conocer el potencial de las dos especies de mayor consumo, determinando el poder calorífico ya que, permite evaluar la cantidad de energía que se acumula en el proceso de combustión, pues a mayor energía calorífica menor será la cantidad de combustible a utilizar y también serán menores o casi nulos los gases expulsados de la leña en dicho proceso (Ministerio de ambiente de Uruguay, 2021). Es por eso, que el presente estudio genera una línea base sobre la cual se pueden adelantar posteriores estudios que contribuyan a mejorar la calidad de vida, además de aspectos ambientales, económicos y culturales de los habitantes de la región. Aportando de esta manera a la gestión integral del patrimonio forestal en diferentes escalas del territorio.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar las especies forestales con mayor potencial calorífico en tres veredas del municipio de San José de Miranda.

1.2 Objetivos Específicos

Identificar las especies forestales de mayor uso como combustible e información complementaria de la leña en la cocción de alimentos.

Estimar el poder calorífico de las especies forestales priorizadas en la zona de estudio.

Analizar las propiedades fisicoquímicas de la estructura leñosa-foliar y su efecto en el poder calorífico.

2. Antecedentes

Lazcano (2015) evaluó la madera torrefacta de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. y *Eucalyptus microtheca* F. Muell, donde las muestras de madera de las especies evaluadas se obtuvieron del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, las trozas descortezadas y molidas fueron tamizadas en una malla del No. 40 (425 μm). En cuanto a la torrefacción fue realizada en una mufla a temperatura controlada y en una atmósfera inerte, lo cual se realizó a dos temperaturas 240°C y 280°C, posteriormente se realizaron los análisis para determinar la humedad, volátiles, cenizas y carbón fijo; también, se estudió el contenido carbono, hidrogeno, nitrógeno, azufre, lignina, holocelulosa y finalmente se calculó el nivel calorífico.

Coronado y Prato (2019) identificaron las 20 especies forestales empleadas en hornos artesanales basados en la combustión de leña y carbón mineral para el curado de las hojas de tabaco Virginia (*Nicotiana tabacum* L.) mediante una encuesta semiestructurada en municipios tanto de Boyacá como de Santander, allí cuantificaron su calor de combustión bruto, a partir de muestras recolectadas en los sitios de utilización. Para caracterizar el poder calórico se obtuvieron 20 trozas (una por especie) directamente de los hornos tradicionales, se transformaron en probetas (10 cm largo \times 4 cm ancho), para secarlas y procesarlas hasta aserrín. Las muestras fueron analizadas mediante el método estándar de calor de combustión bruto (CCB), con una bomba calorimétrica (*Parr 6200*).

Arroyo (2016), estudió en Quito, Ecuador las propiedades físicas y energéticas de los desechos de madera (aserrín, virutas y astillas) de cuatro especies arbóreas: *Pinus patula*, *Eucalyptus globulos*, *Guarea kunthiana*, *Cordia alliodora*, obtenidas de un aserradero local. Mediante la determinación de las variables: contenido de humedad, densidad aparente, contenido de cenizas, poder calórico, entre otras.

Blasco (2018), determinó las propiedades químicas como el contenido de humedad, cenizas, composición elemental, carbón fijo y de esta manera procedió a calcular el poder calórico de los residuos agrícolas: borra de café, semillas de algodón y hojas de caqui.

Lima (2013), en este estudio transformaron rodajas de cuatro especies de coníferas en probetas con dimensiones de 2x2x2 cm para calcular las propiedades físicas, allí, para contenido de humedad se pesaron las muestras en estado verde y se introdujeron en estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener peso constante. También, evaluaron las propiedades químicas para esto fue necesario tomar rodajas las cuales fueron secadas y se les calculó el contenido de humedad, luego transformadas en astillas, después se pasaron por un molino y se tamizaron, esta harina fue

almacenada en envases pet, los cuales fueron cerrados para evitar cualquier tipo de contaminación y absorción de humedad. Además, se halló el contenido de cenizas y el poder calorífico se realizó mediante un calorímetro Parr 6772.

Gominho et al. (2012), estudiaron los tocones de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, los cuales, fueron recolectados de seis rodales de eucalipto en Portugal donde se evaluaron las propiedades físicas (densidad básica), químicas (cenizas, lignina y poder calorífico) y la composición elemental. Este estudio fue realizado debido a que en la zona son muy utilizadas las plantaciones comerciales para la industria de la celulosa y papel. Para la reforestación del rodal los tocones se arrancan y son utilizados como biocombustible.

3. Marco Referencial

3.1 Marco Teórico

3.1.1 La leña

La leña es el recurso energético natural primordial para los seres humanos; posiblemente, la gente comenzó a quemar leña para cocinar y calentarse después de descubrir el fuego; principalmente en los países en desarrollo, la leña es la principal fuente de energía, especialmente en zonas rurales, la gente depende por completo de la leña sin poder acceder a ninguna energía artificial (Rijal, 2018). Con el crecimiento de la población, este fenómeno está ejerciendo sobre los recursos madereros una presión inevitable que, con demasiada frecuencia, ha sido una de las causas de la destrucción del bosque; los datos que hay sobre consumo de leña se basan en estimaciones sobre el crecimiento poblacional principalmente, porque la mayor parte de la

producción y del consumo de leña se realizan de manera local y no se cuenta con regulación en la materia, por lo que no existen registros (Martinez et al, 2015).

3.1.2 *Eucalyptus globulus* Labill

Árbol que puede alcanzar 70 m bajo parámetros de paquetes tecnológicos y buen manejo silvicultural. Fuste con corteza exterior lisa se desprenden en tiras o losas, generalmente de color blanco, crema, gris o amarillento o naranja cremoso pálido. Las hojas son simples, alternas, limbo lanceolado o falcado, 12-30 cm de largo y 1.3-3 cm de ancho, brillante, verde, venas laterales mayores de 45° a la nervadura central, densamente reticulado, con peciolo de 2-3,5 cm de largo. Posee una inflorescencia axilar no ramificada, pedúnculo ausente o corto y robusto de 0-0,5 cm de largo, yema solitaria, sésil. Su fruto es sésil, hemisférico u icónico o cuadrado en la sección transversal, 1–1,5 cm de largo, 1,4–2,7 cm de ancho, 4 nervaduras longitudinalmente, glauco, disco elevado-convexo y lobuladas sobre las 4 o 5 valvas que suelen estar cerca del nivel del borde. Las semillas son de color negras, pardas o grises, miden entre 2 a 4 mm de largo, son aplastadas o ligeramente cuboides (EUCLID, 2021).

Esta especie es originaria de Australia; actualmente se encuentra en el centro de Suramérica. En Colombia se ha observado entre los 2000 y 3000 m s. n. m., la madera es utilizada en construcción, postes de cerca, cabos para herramienta, producción de pulpa de papel y como leña. Además, las hojas y ramas son fuente de eucaliptol, aceite empleado por la industria de drogas, perfumes y alimentos (Bartholomaeus et al., 1998).

3.1.3 *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav) Pers

En los libros de Corpoboyacá (como se citó en Morales, 2018) menciona que el árbol puede alcanzar 10 m de altura. El fuste es circular redondo de corteza estriada con escamas de color gris a café, su copa es aparasolada. Las hojas son simples, alternas, lanceoladas y alargadas, la cuales

miden de 10 a 20 cm de largo y de 3 a 4,5 cm de ancho y suelen presentarse agrupadas en los extremos de las ramas. Las flores miden entre 1 y 1,4 cm de largo y se presentan en gran cantidad en largas espigas terminales péndulas con una longitud de 20 a 35 cm. Los frutos son pequeñas capsulas globosas de 4 a 5 mm de diámetro y superficie densamente pubescente. Las semillas son diminutas y numerosas.

Según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (como se citó en Morales, 2018) esta especie es originaria de las cordilleras Central y Oriental de Colombia, se encuentran entre los 2400 y 3100 m s. n. m., y posee variadas utilidades entre los cuales se presenta: la ebanistería, sombrío en sistemas silvopastoriles y agrícolas, fijador de nitrógeno al suelo, cerca viva, protección de fuentes hídricas y como fuente de leña.

3.1.4 Recolección de la leña

Es importante mencionar que en la mayoría del sector rural recolectan leña seca en los lugares arborizados para cocinar, siendo ramas secas de los árboles o madera seca que se encuentra en el suelo. No es común talar árboles para utilizarlos como leña, cuando se trata de combustible para el uso doméstico (May, 2013). Sin embargo, hay comunidades que cortan la vegetación para la extracción de la leña, donde se basan en la tumba y tala de diferentes cultivos, ya sea, por terminación de cosecha, baja productividad o alguna otra causa, por otro lado, se realiza la recolección manual, en el caso de madera y ramas secas caídas y con machete o hacha para árboles y tocones secos en pie, en cuanto a los usos, aunque prácticamente todos los tipos de leña son usados en la preparación de alimentos. Cabe resaltar, la existencia de algunos usos específicos identificados como: encender el fogón, guardar la candela, calidad en la combustión, entre otros (Valderrama y Linares, 2008).

3.1.5 Composición química de la madera

La composición de la madera está formada de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y el 2% de resto de nitrógeno (N) y otros elementos; el carbono, hidrógeno y la combinación de oxígeno forman los componentes principales como: celulosa, hemicelulosa y lignina (Paz, 2008). La celulosa es una de las sustancias orgánicas probablemente más abundante en la naturaleza, y en la madera constituye el principal carbohidrato, la cual se presenta entre un 40 y 60% del contenido de la pared celular (Fonseca, 2006). En el caso de la lignina es un componente de la madera que realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas; por ejemplo cumple un papel de vital importancia como lo es el transporte interno del agua, nutrientes y metabolitos; proporcionando rigidez a la pared celular y actúa como puente entre las células de la madera (Paz, 2008).

3.1.6 El poder calorífico

El poder calorífico es la energía que se libera cuando una sustancia experimenta una combustión completa, a presión constante, generalmente en un ambiente con exceso de Oxígeno. El calor de combustión se utiliza para cuantificar el rendimiento de un combustible en un sistema de combustión, como hornos, turbinas de generación de energía y motores (Netrium, 2014).

3.2 Marco Legal

Decreto 1076 de 2015.

Por medio de este decreto el ministerio de ambiente establece parámetros para la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

La norma Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT 460, abril de 1972. Método de la determinación de la humedad en la madera.

La norma COPANT 461, abril de 1972. Determinación del peso específico.

3.3 Marco Conceptual

Combustible sólido: es aquel material que mantienen una forma y volumen definido debido a que las fuerzas de atracción molecular son superiores a las que originan los movimientos moleculares. Su procedencia puede ser natural u obtenerse artificialmente mediante técnicas de descomposición térmica o como residuos de otros procesos químicos (Barrera et al, 2018).

Leña: Material leñoso y celulósico de la madera en las diferentes partes de los árboles y arbustos que se utiliza como combustible para cocinar, para calefacción o para la producción de energía por combustión directa, no solo en los hogares sino también en las industrias rurales (Montalembert y Clément, 1983).

Aprovechamiento forestal doméstico: Este tipo de aprovechamiento se efectúan exclusivamente para satisfacer necesidades vitales domésticas sin que puedan ser comercializados sus productos, cuyo volumen no puede superar 20 metros cúbicos anuales por predio (Decreto 1076, 2015).

Probeta de madera: Es una porción de madera con dimensiones específicas, cuyas medidas dependerá del estudio al que va a estar sometida.

Secado: Consiste en la evacuación del exceso de agua que contiene la madera, debido a que es un producto orgánico natural que posee bastante agua, gran parte de ella debe ser evacuada para obtener un contenido de humedad adecuado que depende del uso que vaya a tener. Para el secado de madera, es necesario controlar su agua o contenido de humedad que se encuentra en forma de agua libre, agua higroscópica o agua de constitución (Arango, 1990).

Colorímetro: Es un instrumento que se usa para cuantificar las calorías que contiene una cantidad específica de material (Gonzáles, 2013).

Combustión: Es una reacción físico-química, en la cual se desprende gran cantidad de calor y luz por medio de oxidación exotérmica. En esta reacción que existe entre un elemento arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente, materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno) (Ramírez y Taborda, 2014).

Propiedades físicas: Corresponde a la expresión del comportamiento mecánico de la madera, como respuesta de las fuerzas externas que actúan sobre una porción específica.

Contenido de humedad (CH): Es una característica física de la madera que influye directamente en las diferentes propiedades de la misma, ya sea brindándole mayor resistencia, o dándole la capacidad de absorber lacas o inmunizantes (Ordóñez y Dávalos. 1996).

Densidad: Esta es una característica que varía según sea tomada densidad básica, anhidra, verde o seca al aire, ya estando seca la madera se pone a consideración si la madera será considerada liviana o pesada (Gobierno Vasco, 2012).

Propiedades químicas: Corresponde a la expresión del comportamiento químico de la madera, como respuesta a reacciones internas de los compuestos que la conforman, esta relacionada directamente con la fisiología de cada especie forestal.

Contenido de cenizas: se le conoce como el porcentaje en masa de cenizas luego de que se efectúe la cocción completa del material, para este caso la madera o las hojas (Murcia y González, 2020).

Contenido de grasa: según Westenbrink y colaboradores (como se citó en Márquez, 2014) las grasas se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos como éter, cloroformo, benceno o acetona; todas las grasas contienen carbón, hidrogeno y oxígeno, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno.

Fibra de Detergente Neutra (FDN): Consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida de una alcalina. Este residuo contiene celulosa, pero se combina con cantidades de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados (Calsamiglia, 1997).

Fibra de Detergente Ácido (FAD): Material insoluble en una solución detergente neutra, y está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes menores como almidón, cenizas y nitrógeno (Calsamiglia, 1997).

Lignina: Compuesto de naturaleza aromática de alto peso molecular, con una probable asociación con los polisacáridos de la madera y cumple con la función de cementante, lo cual proporciona rigidez al tejido leñoso (Fonseca, 2006).

Celulosa: Componente biológico de mayor abundancia en el planeta, constituyente fundamental del papel. Polisacárido que se presenta y forma la pared de las células vegetales (Fonseca, 2006).

Hemicelulosa: Es una sustancia amorfa compuesta de polisacáridos tales como: manosa, galactosa, arabinosa, xilosa, ácidos urónicos y, en algunos casos ramnosa; dicho contenido de hemicelulosa comprende entre el 15 y 30% de la sustancia de la pared celular (Fonseca, 2006).

Análisis elemental: Técnica que permite determinar el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre (CHNS) presentes en un amplio rango de muestras de naturaleza orgánica e inorgánica, tanto sólidas como líquidas (Facultad de Química, 2021).

4. Metodología

A continuación se presenta y describe el proceso metodológico, que de forma secuencial se aplicó para alcanzar el desarrollo de los objetivos específicos planteados, que igualmente dieron solución a la problemática que motivó el trabajo de grado.

4.1 Área de estudio

Las veredas Sagamal, Cucurucho y El Pozo, localizadas en el municipio de San José de Miranda – Santander, Colombia presentan una temperatura promedio de 10 a 20°C, manifestándose generalmente dos periodos intercalados con baja pluviosidad; los periodos lluviosos suelen presentarse en los intervalos de los meses abril a junio y octubre a noviembre, estas veredas tienen precipitaciones que oscilan entre 1200 y 1400 mm. La base de la economía se desarrolla alrededor de la agricultura (frijol y maíz) y la ganadería principalmente (Alcaldía Municipal - San José de Miranda, 2016).

4.2 Determinación del tamaño de la muestra

En primera medida, se calculó el tamaño de la muestra, esto se determinó a partir del número de predios existentes en las veredas Sagamal, Cucurucho y El Pozo. La fórmula empleada fue propuesta por (Murray y Larry, 2009) y se presenta a continuación:

$$n = \frac{Z^2 N * p * q}{i^2 (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: tamaño muestral

N: tamaño de la población

Z: Nivel de confianza

q: Probabilidad en contra

p: Probabilidad a favor

i: error de muestra.

4.3 Fase de indagación

Fase del proyecto que buscó la consulta de fuentes secundarias verídicas, además, de un diagnóstico tomando como base variables demográficas y socioeconómicas que permitieron obtener un grado de conocimiento más detallado de la zona de estudio (Apéndice A y Apéndice B), lo que permitió identificar aspectos propios de la comunidad que habita y usa los recursos naturales de la zona. Cabe añadir que esta encuesta se desarrolló de manera telefónica por causa de la pandemia COVID-19.

4.4 Fase campo

En esta fase se realizó la respectiva verificación en campo donde se visitaron las áreas de recolección de leña en cada vereda objeto de estudio. Allí se tomaron las coordenadas con la ayuda de un GPS Garmin y características propias de cada árbol en pie de las especies mencionadas en la encuesta (Apéndice C). Para lo anterior, se implementó un inventario forestal, con el fin de recolectar información de los diferentes individuos y analizar la cantidad de especies presentes (Apéndice D). Para la recolección del material vegetal de las dos especies a estudiar se solicitó un permiso de Aprovechamiento Forestal Doméstico en un sistema de poda manual a la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), el cual fue otorgado (Apéndice E). Luego se ejecutó la poda y fue transportado el material vegetal a la carpintería para la elaboración y transformación de las trozas de madera en probetas con sus respectivas dimensiones (Apéndice F), según las normas técnicas. Cabe añadir que las especies a estudiar se clasificaron en categoría fustal, por tanto, solo se podó una rama de cada árbol, debido a la estructura leñosa que presentaba. Una vez realizada la poda se aplicó cicatrizante a los árboles con el fin de evitar daños en la sección cortada. De allí se tomó la cantidad de muestra necesaria para el estudio, así: tres muestras a diferentes alturas

donde una correspondía a la base del tronco de la rama (M1); la segunda, a una distancia de 3 m de la primera sección (M2) y por último, las hojas (M3) de las ramas cortadas.

4.5 Caracterización fisicoquímica de las muestras

Cabe mencionar que las probetas luego de ser transformadas fueron llevadas envueltas en papel aluminio a la nevera durante 12 horas, para luego iniciar con el proceso de secado en un lapso de 24 horas y de esta manera determinar la densidad y contenido de humedad.

4.5.1 Determinación de la densidad

Para llevar a cabo la determinación de densidad de la madera, se realizó la metodología según la Norma Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT 461, 1972), la cual se desarrolló de la siguiente manera:

Se enumeraron 10 probetas con dimensiones 3x3x3 cm de madera en estado verde. Luego cada probeta fue marcada tanto el cubo como lados a tener en cuenta para calcular el volumen, estas fueron pesadas en la balanza analítica, donde se realizaron tres pesajes por probeta para obtener así su respectivo peso promedio, posteriormente se llevó al horno automático a una temperatura de 103°C durante 24 horas (Apéndice G). Al transcurrir este tiempo, se pesaron nuevamente y se midieron los lados. Finalmente se calcularon la densidad verde, básica y anhidra teniendo en cuenta el peso y la medición directa del volumen utilizando el método estereométrico de las probetas a determinado CH. Para ello se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$D_v = \frac{P_v}{V_v}$$

Donde:

Dv: Densidad verde (g/cm³).

Pv: Peso de la madera verde (g).

Vsh: Volumen de la madera verde (cm³).

$$D_b = \frac{P_{sh}}{V_v}$$

Donde:

Db: Densidad básica (g/cm³).

Psh: Peso de la madera seca al horno (g).

Vv: Volumen de la madera verde (cm³).

$$D_a = \frac{P_{sh}}{V_{sh}}$$

Donde:

Da: Densidad anhidra (g/cm³).

Psh: Peso de la madera seca al horno (g).

Vsh: Volumen de la madera seca al horno (cm³).

4.5.2 Determinación del contenido de humedad

La obtención del contenido de humedad de la muestra se realizó implementando la norma COPANT 460 (1972), donde se aplicó el siguiente procedimiento:

En primer lugar se realizó el marcado de 10 probetas con dimensiones de 5x5x10 cm en estado verde, después en la balanza analítica se pesó cada muestra tres veces obteniendo así su respectivo promedio. Luego se llevó la madera al horno por 24 horas a una temperatura de 103°C (Apéndice H) y se realizaron los respectivos pesajes cada dos horas para conocer la variación de humedad y llegar a obtener un peso constante.

En cuanto a las hojas de las dos especies se realizó el pesaje en estado verde en la balanza analítica y se introdujeron al horno a una temperatura de 60°C durante 24 horas (Apéndice I). Una vez transcurrido este tiempo, se pesó la muestra nuevamente.

Finalmente para hallar el porcentaje de contenido de humedad de las muestras se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{P_v - P_{sh}}{P_{sh}} \times 100$$

Donde:

P_v = Peso verde o peso antes del secado al horno.

P_{sh} = Peso anhidro o seco.

Para los procesos posteriores se tomaron las muestras de hojas y material leñoso de las ramas sin corteza, las cuales fueron transformadas y trituradas mediante un molino y un torno para el caso de la madera (Apéndice J). Luego, se tamizaron en un tamiz de 1 mm (Apéndice K) previamente se introdujeron en bolsas ziploc, las cuales se sellaron para evitar cualquier tipo de contaminación o absorción de humedad y estas son marcadas inmediatamente.

4.5.3 Determinación del contenido de Cenizas

Para el cálculo de esta variable se tuvo en cuenta el procedimiento propuesto por Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (como se citó en Leterme y Estrada, 2016) se tomaron crisoles en los cuales se depositó 3 g aproximadamente haciendo tres réplicas de cada muestra, las cuales fueron llevadas al horno a una temperatura de 105°C por 24 horas. Transcurrido este tiempo se pesaron y llevaron a la mufla a una temperatura de 550°C por seis horas (Apéndice L) para así obtener el porcentaje de cenizas de las muestras de la siguiente manera:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_c + P_{ce}) - P_c}{P_m} \times 100$$

Donde:

$P_c + P_{ce}$ = Peso del crisol más cenizas.

P_c = Peso del Crisol.

P_m = Peso de la muestra seca.

4.5.4 Determinación del poder calorífico

Para la medición del poder calorífico se procedió de acuerdo al manual de operación Calorímetro PARR 6200 (González, 2013). Así, se pesaron 1,3 g en un crisol de acero y este se colocó en el soporte de la canastilla de la cabeza de la bomba del calorímetro. Luego, se realizó un amarre de la fibra de celulosa al alambre de ignición y se introdujo dentro de la muestra, para que esta realice combustión. Posteriormente, se incorporó la cabeza de la bomba en el cuerpo bomba y se cerró la válvula de eyección de gases de la cabeza de la bomba, enseguida, se colocó la válvula de inyección de oxígeno hasta que se llenara, lo cual duró aproximadamente 1 min. La cubeta de metal de calorímetro se llenó con dos litros de agua destilada y en esta se introdujo la bomba utilizando las pinzas de la misma hasta encajar. Terminado esto, se colocó en la cubierta del calorímetro y se conectaron adecuadamente los electrodos y se cerró la cubierta (Apéndice M). Posterior a esto, se realizaron las respectivas configuraciones en el calorímetro entre ellas el peso de las muestras. De esta manera se dio inicio al proceso automático del equipo. Finalmente al terminar el proceso este equipo arrojó los resultados en la pantalla táctil.

4.5.5 Determinación del contenido de grasas

Para la determinación del contenido de grasas se procedió de acuerdo al método (Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1990): se pesaron 5

g aproximadamente en la balanza analítica del material triturado y del tamaño adecuado en un cartucho de celulosa. Las muestras fueron introducidas en un vaso de vidrio (peso conocido) que contenía un solvente, en este caso fueron necesario 60 ml Bencina de petróleo 40-60°C para cada muestra. Esto se sometió a una temperatura de 110°C dentro del extractor de grasas (Apéndice N).

El proceso descrito cuenta con tres fases:

Fase 1: La inmersión que tiene una duración de 60 (min).

Fase 2: Lavado que duró 90 (min).

Fase 3: La recuperación de solvente que se desarrolló en un lapso de 50 (min).

Terminados los procesos anteriores, las muestras extraídas en los vasos del extractor se llevaron a la mufla a 105°C durante 30 min. Luego se pesaron las muestras con la extracción resultante y por último se calculó el porcentaje de grasa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{T_2 - T_1}{SW \times 100}$$

Donde:

T1 = Peso del vaso antes de la extracción

T2 = Peso del vaso después de la extracción

SW = Peso de la muestra

4.5.6 Determinación del contenido de fibra detergente ácida (FDA)

El procedimiento para la extracción de FDA se ejecutó de acuerdo a Van Soest (1979). Como primera instancia se pesó 1 g de la muestra en un crisol de vidrio, parte fundamental del extractor de fibra. El procedimiento se realizó con cada una de las muestras. Luego se agregaron 100 ml de solución de detergente ácido (bromuro de cetiltrimetil amonio y ácido sulfúrico) por cada muestra en temperatura ambiente y se adicionaron gotas de alcohol, lo cual cumplió una

función de antiespumante. Posteriormente, se encendió el extractor de fibra hasta que las muestras alcanzaron el periodo de ebullición; después, se programó el extractor durante una hora. Completado el proceso, se extrajeron los solventes de las muestras para obtener la fibra y se introdujeron 100 ml de agua destilada caliente para eliminar el detergente ácido. El anterior paso se realizó 3 veces (Apéndice O), además, se agregó 30 ml de acetona y luego solamente 10 ml. Así fue obtenida la purificación de la fibra.

Acto seguido, las muestras fueron llevadas a la mufla a una temperatura de 105 C durante 8 horas y nuevamente fueron pesadas. A continuación se presenta la fórmula con la que fue calculado el porcentaje de FDA:

$$\% \text{ FDA} = \frac{(P_c + P_f) - P_c}{P_m} \times 100$$

Donde:

$P_c + P_f$ = la suma entre el peso del crisol y la muestra seca (fibra).

P_c = Peso del Crisol.

P_m = Peso de la muestra.

4.5.7 Determinación del contenido de fibra detergente neutra (FDN)

El procedimiento para esta extracción se siguió el método de Van Soest (1979). Como primera medida se pesó 1 g de la muestra en un crisol de vidrio. El procedimiento se realizó con cada una de las muestras. Luego se agregaron 100 ml de solución de detergente neutro (borato de sodio decahidratado, disodio etilenodiaminotetracetato (EDTA), sodio laurilsulfato neutro, 2-etoxietanol y disodio fosfato anhidro) por cada muestra en temperatura ambiente y se adicionaron gotas de alcohol. Posteriormente, se encendió el extractor de fibra hasta que las muestras alcanzaron el periodo de ebullición; después, se programó el extractor durante una hora.

Completado el proceso, se extrajeron los solventes de las muestras para obtener la fibra. Luego, las muestras fueron lavadas 3 veces con agua destilada hirviendo y dos veces con acetona fría. Así, se obtuvo la purificación de la fibra.

Acto seguido, las muestras fueron llevadas a la mufla a una temperatura de 105°C durante 8 horas y nuevamente fueron pesadas. A continuación se presenta la fórmula con la que fue calculado el porcentaje de FDN:

$$\% \text{ FDN} = \frac{(P_c + P_f) - P_c}{P_m} \times 100$$

Donde:

$P_c + P_f$ = la suma entre el peso del crisol y la muestra seca (fibra).

P_c = Peso del Crisol.

P_m = Peso de la muestra.

4.5.8 Determinación de lignina

El procedimiento para esta extracción de lignina se ejecutó teniendo en cuenta el método de Van Soest (1979). Como primera medida se pesó 1 g de la muestra en un crisol de vidrio, parte fundamental del extractor de fibra. El procedimiento se realizó con cada una de las muestras. Luego se agregaron 100 ml de solución de detergente ácido (bromuro de cetiltrimetil amonio y ácido sulfúrico) por cada muestra en temperatura ambiente y se adicionaron gotas de alcohol, lo cual cumplió una función de antiespumante. Posteriormente, se encendió el extractor de fibra hasta que las muestras alcanzaron el periodo de ebullición; después, se programó el extractor durante una hora. Completado el proceso, se extrajeron los solventes de las muestras para obtener la lignina y se introdujeron 100 ml de agua destilada caliente para eliminar el detergente ácido. El anterior paso se realizó 3 veces, además, se agregó 30 ml de acetona en la primera ocasión y en la segunda

10 ml para un total de 40 ml, cabe mencionar que tanto el agua como la acetona se extrajeron de las muestras. En seguida, se le adicionó a cada una de las muestras 25 ml de ácido sulfúrico (72%) y este solvente se dejó durante 3 horas y en este transcurso, las muestras fueron agitadas en el lapso de una hora. Luego se introdujeron 100 ml de agua destilada hirviendo, este paso se repitió hasta eliminar la reacción acida.

Finalmente, las muestras fueron llevadas a la mufla a una temperatura de 105°C durante 8 horas y nuevamente se pesaron. A continuación se presenta la fórmula con la que fue calculado el porcentaje de lignina:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(P_c + P_f) - P_c}{P_m} \times 100$$

Donde:

$P_c + P_f$ = la suma entre el peso del crisol y la muestra seca (fibra).

P_c = Peso del Crisol.

P_m = Peso de la muestra.

4.5.9 Determinación de celulosa y hemicelulosa

El porcentaje de celulosa se determinó por la diferencia de la cantidad del porcentaje de la FDA y la lignina. Mientras que la hemicelulosa se calculó mediante la resta de FDN y FDA.

4.5.10 Análisis elemental CHNS

A través de un análisis elemental se pudo dar cuenta del contenido de CHNS, para lo cual se procedió a la utilización de cápsulas de estaño en las que se introdujeron de 2 a 3 mg por muestra y se duplicó en número de cápsulas en dichas condiciones. Luego, con ayuda de las pinzas, se comprimieron las cápsulas hasta obtener una forma esférica y se colocaron en el carrusel del

analizador elemental. Enseguida, se realizaron las respectivas configuraciones del equipo entre ellas la temperatura a 950°C, nombres y pesos de las muestras (Apéndice P).

Al terminar el proceso, el analizador, mediante el software, arrojó el reporte de los resultados donde se visualiza el porcentaje de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre que contenía cada muestra.

5. Resultados

Se presentan a continuación los productos finales, generados a partir del desarrollo metodológico descrito en el numeral 4. La estructura de visualización responde al orden y coherencia de los objetivos y alcance del trabajo de grado.

5.1 Determinación de la muestra

Para la determinación de la muestra se tuvo en cuenta el número de predios existentes en las veredas Sagamal (157), Cucurucho (85) y El Pozo (122) para un total de 364 según el Plan de desarrollo de San José de Miranda y oficinas locales de planeación municipal.

Tabla 1

Determinación tamaño de la muestra

Determinación de la muestra	
Parámetro	Valor
N	364
Z	1,96
p	95%
q	5%
i	0,05

En la tabla anterior se muestra los valores asignados a cada uno de los parámetros, donde se tiene en cuenta una probabilidad a favor de 95% y un error de muestra del 5%, dando un tamaño

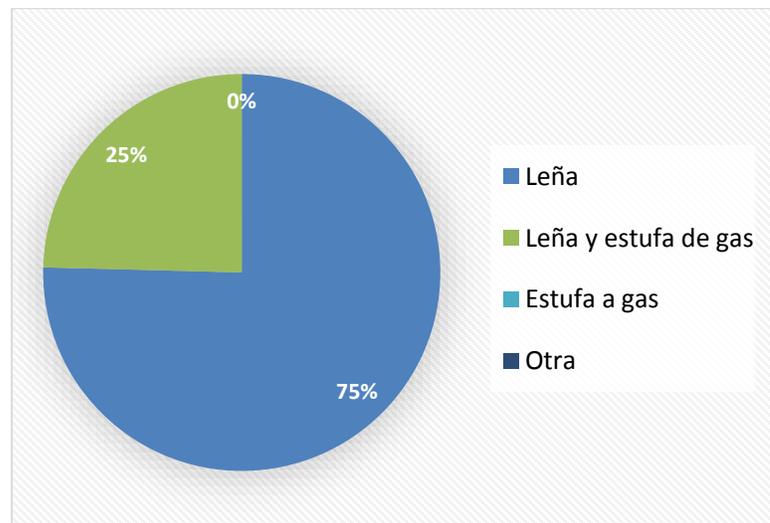
de la muestra (n) de 61 familias a quienes se les aplicó el instrumento de campo que permitió conocer las especies de mayor uso para la preparación de alimentos pertenecientes a la zona de estudio.

5.2 Especies forestales de mayor uso como combustible e información complementaria de la leña en la cocción de alimentos

A continuación, se presenta el producto inicial que contiene información referente a las condiciones y relaciones de uso que hacen las poblaciones rurales de las veredas seleccionadas, respecto de las especies forestales de mayor demanda para labores internas del hogar con fines domésticos.

Figura 1

Combustible utilizado en las actividades domésticas



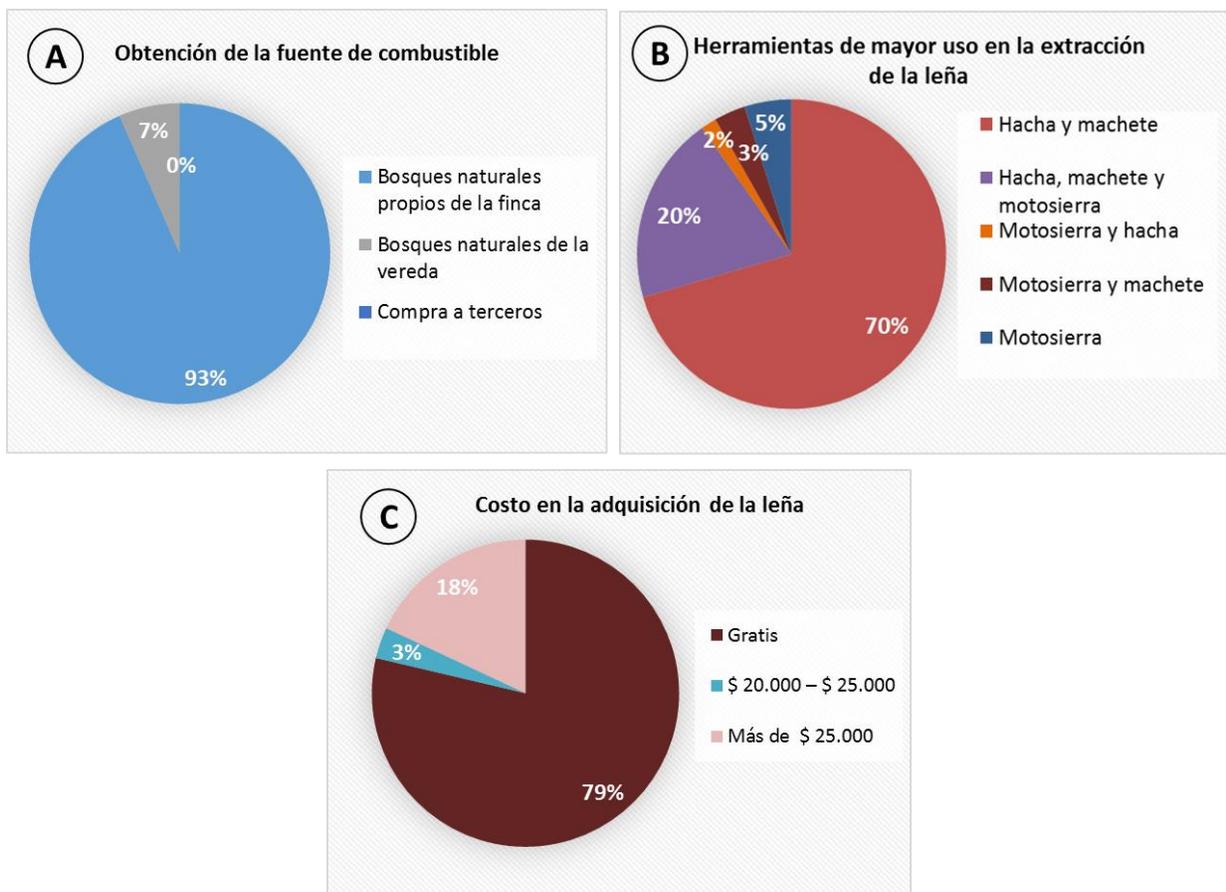
En las veredas Sagamal, Cucurucho y El Pozo, según los resultados arrojados en la encuesta, las comunidades emplean en mayor proporción la leña (75%) para actividades domésticas (Figura 1), cuyo destino es la dieta nutricional cotidiana de los miembros de la familia,

el restante (25%) utiliza la leña y otros medios de cocción como: gas propano o gas natural. Sin embargo, el acceso a estos medios depende de la situación económica de cada familia.

Las técnicas de recolección de la biomasa vegetal por parte de las comunidades rurales del área de estudio, se realizan de acuerdo a sus capacidades económicas y demandas propias del hogar, a continuación se mencionan algunas de ellas:

Figura 2

Obtención, herramientas y costos en la extracción del combustible sólido



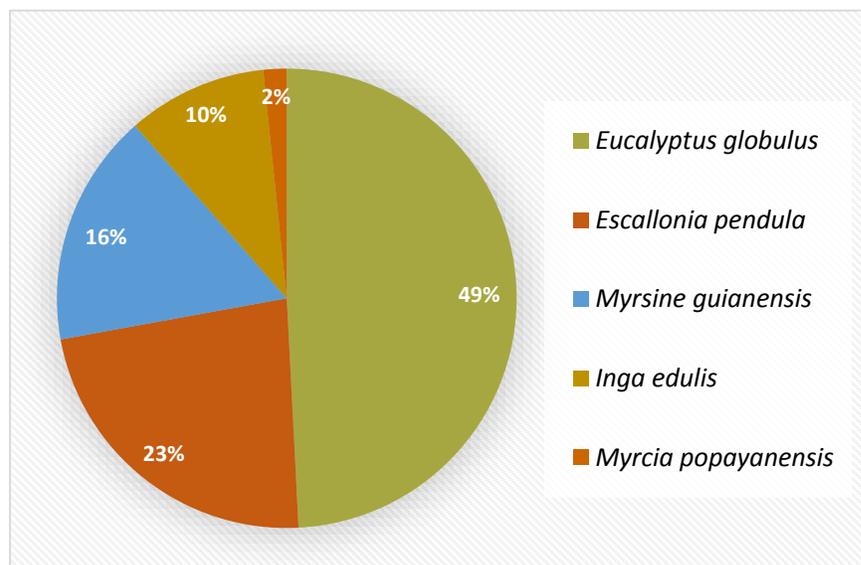
La figura 2, destaca que para la obtención de la fuente de combustible el 93% de los habitantes de la zona, accede a la leña en sus fincas. En el marco de aprovechamiento del recurso, se entiende como doméstico en el contexto de la normatividad vigente. Esto representa el uso de

la leña generado por caída de ramas, caída de árboles que cumplen su ciclo de vida o por fenómenos naturales. Así mismo, en la figura se ofrece detalle de las fuentes de madera para uso de combustión son extraídas principalmente con herramientas de corte habitual como: el hacha y el machete con un 70%. Además, el precio de la estructura leñosa generalmente es de forma gratuita (79%), debido a que la recolección de este material leñoso se realiza por los miembros de la familia. Por otra parte, el 18% de los habitantes pagan por la adquisición de este recurso, pues no cuentan con el insumo en el predio o se le paga a un tercero para que ejecute la extracción y recolección de la misma.

Las especies forestales de tipo arbóreo con alta empleabilidad en la zona de interés con fines domésticos son consideradas las siguientes debido a su mayor presencia en el área.

Figura 3

Especies leñosas con mayor demanda en las actividades domésticas



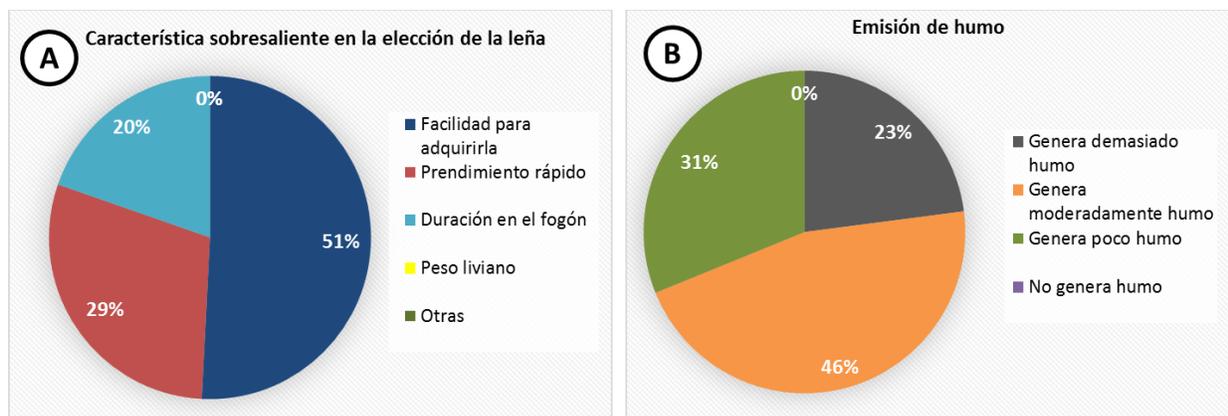
La figura 3 muestra que las especies leñosas de mayor demanda en las actividades domésticas en la zona evaluada son el *Eucalyptus globulus* Labill con un porcentaje del 49%, seguido del *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers, con un 23%. Estas especies son consideradas

por los habitantes como importantes desde el punto de vista ambiental y económico. Para el caso *E. pendula* se encontró que la especie está presente en nacimientos de agua o microcuencas existentes. Mientras que el *E. globulus* presenta pequeñas áreas plantadas para fines maderables principalmente. También utilizan especies como el *Myrsine guianensis* (Aubl) Kuntze, *Inga edulis* Mart y *Myrcia popayanensis* Hieron, en menor proporción. Las especies mencionadas anteriormente, hacen parte de cercas vivas estrategia de las comunidades empleadas en sus fincas, las cuales son sembradas por la comunidad o dispersadas naturalmente, también son utilizadas en sistemas agroforestales donde se combinan con cultivos de café y en algunos casos sistemas silvopastoriles.

Además, la comunidad evaluada con base a las especies mencionadas anteriormente respondieron cuales son las características que posee la leña en cuanto a la elección de la misma y la cantidad de humo emitida (Figura 4).

Figura 4

Características sobresalientes en la elección de la leña y emisión de humo



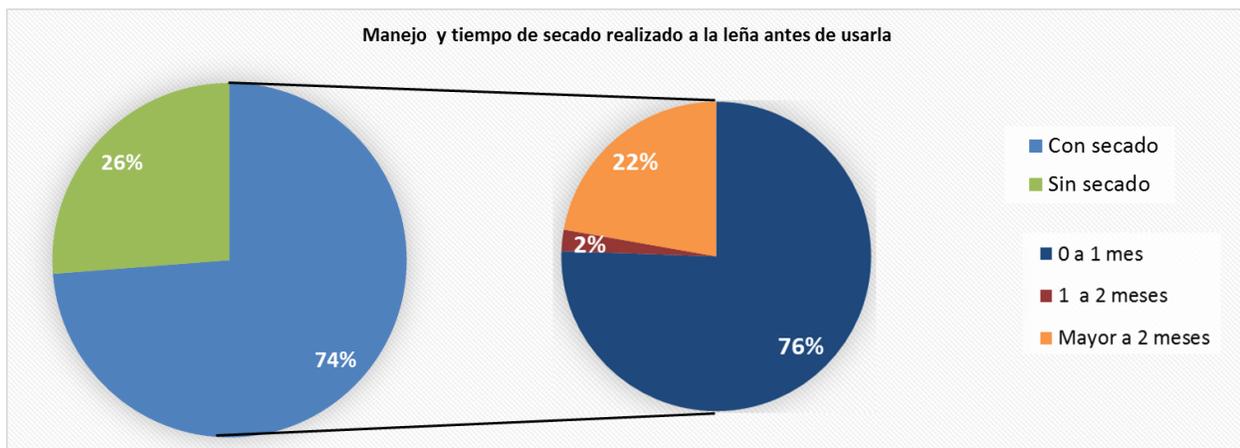
Según los resultados reflejados, el 51% de las familias encuestadas eligen la leña por la facilidad para adquirirla, pues utilizan la que se encuentran con mayor frecuencia en el predio; otro 29% la adquieren por prendimiento rápido y el restante (20%) la usa por la duración en el fogón.

La gráfica B de la figura, refleja los valores en respuestas donde el 100% de los encuestados afirman que sea cual sea, la leña utilizada a la hora de realizar sus actividades domésticas produce humo ya sea poco, moderado o demasiado, lo cual afecta significativamente a las personas que aún no cuentan con estufas tradicionales que permita la salida del humo y demás partículas al exterior, causando problemas de salud a corto, mediano o largo plazo.

Por otro parte, mediante la encuesta aplicada se conoció el manejo y el tiempo de secado de la madera usada en la cocción de sus alimentos destinado por las familias de estas veredas (Figura 5).

Figura 5

Manejo y tiempo de secado a la estructura leñosa previo al uso



Al momento de realizar la recolección de la leña el 74% de estas veredas de los encuestados, es decir 45 familias, prefieren secar o almacenar la leña, ya sea bajo techo o sin cubierta, dependiendo del contenido de humedad que contenga este material. Mientras que el 26% la recogen seca, llevándola a combustión sin realizar un presecado. Además, el 76% de las familias de las veredas estudiadas secan la leña en un periodo de tiempo no mayor a 1 mes debido a distintos motivos: estar bajo sombra, precipitaciones constantes, especie, etcétera; el 22% restante de las

familias secan la madera con periodos más extensos dado que talan los árboles para realizar otras actividades como cercas, listones usados en las estructuras para invernaderos y demás.

5.2.1 Verificación en campo de las especies forestales de mayor uso según la encuesta aplicada

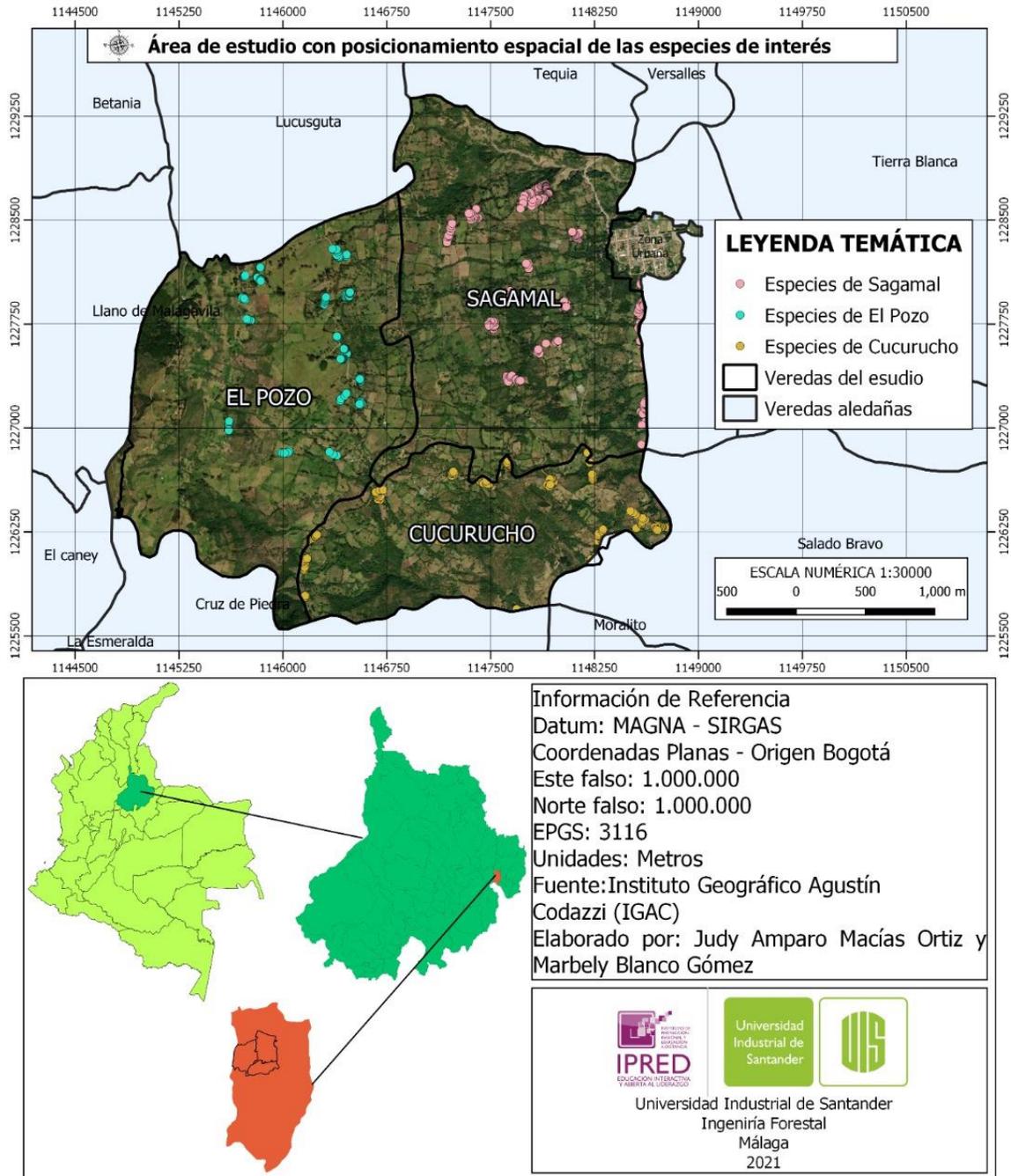
En este apartado se evidencia la representación cartográfica en el espacio que incluye el área de estudio y los límites que se tuvieron en cuenta para llevar a cabo la verificación. También, se observa la georreferenciación de los individuos de las especies por vereda teniendo en cuenta los lugares recurrentes por la comunidad para la extracción de la leña.

La salida cartográfica, corresponde a una aproximación espacial de la distribución de las especies forestales seleccionadas en las veredas que conformaron el área de estudio. En ningún caso se asumen variables de tipo ecológico, ya que, estas no están dentro del alcance general del trabajo de grado. Es claro, para los resultados generados del estudio, que las especies *E. glóbulos* y *E. pendula* no presentan poblaciones densificadas en ninguna de las veredas. Este patrón, responde a las actuales condiciones de uso y aprovechamiento del recurso forestal, donde no se lleva a cabo una proyección de este, de tal forma que se pueda garantizar la presencia de individuos.

Es común para la provincia de García Rovira, que la configuración de sus coberturas de uso del suelo, estén asociadas a mosaicos de pastos, cultivos y áreas naturales. Este tipo de uso es la respuesta a fuertes intervenciones antrópicas, sin una línea de gestión ambiental que regule el uso de recursos naturales.

Figura 6

Mapa del posicionamiento espacial de las especies de interés en el área de estudio



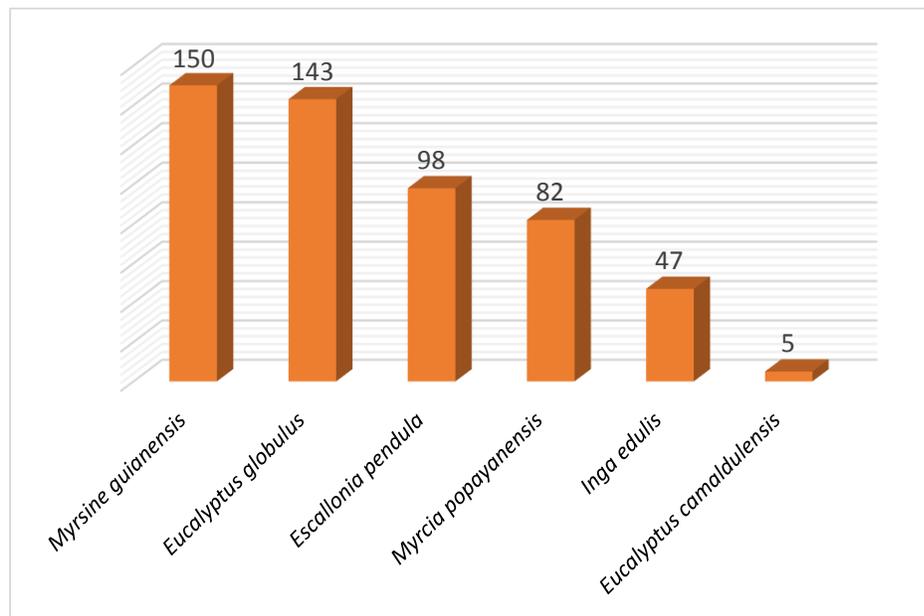
En la figura anterior se representa la verificación en campo donde fueron registrados 525 individuos en total, de los cuales 237 están ubicados en Sagamal; 156, en Cucurucho y

132 en El Pozo (Figura 6). Las especies arbóreas consideradas fustales o fustales grandes registradas con mayor frecuencia en la zona de estudio son *Myrsine guianensis* y *Eucalyptus globulus*, con 150 y 143 individuos inventariados respectivamente, mientras que, en menor rango se encuentra *Escallonia pendula* (98), *Myrcia popayanensis* (82) e *Inga edulis* (47) (Figura 7). Estos resultados se presentan debido a la utilidad e importancia de las especies forestales para la comunidad campesina: cercas vivas, por su estructura frondosa, frutales, sistemas agroforestales y silvopastoriles, actividades domésticas, conservación de cuerpos de agua y suelos.

Cabe mencionar que las especies estudiadas en este trabajo de grado son *E. globulus* y *E. pendula*, debido a los datos obtenidos en la encuesta desarrollada.

Figura 7

Cantidad de individuos por especie taxonómica



5.3 Estimación del poder calorífico de las especies forestales de mayor demanda en la zona de estudio

A continuación, se presentan los resultados del poder calorífico en el material vegetal estudiado (harina) de las dos especies de mayor utilidad en el ámbito alimentario, donde fue analizada una rama por especie a dos diferentes alturas (M1 y M2) y la estructura foliar (M3). Cabe añadir que, las secciones de madera trabajadas tenían un diámetro aproximado de 24,1 cm y 13,4 cm para *E. globulus* mientras que para *E. pendula* 24,3 cm y 18,5 cm.

Tabla 2

Poder calorífico de Eucalyptus globulus L y Escallonia pendula (R & P) P

Nombre científico	Nombre común	Material vegetal	Muestra	Poder calorífico (cal/g)	Poder calorífico (MJ/Kg)
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Madera	M1	3884,98	16,265
		Madera	M2	4356,59	18,240
		Hojas	M3	5091,81	21,318
<i>Escallonia pendula</i>	Loqueto	Madera	M1	4082,41	17,092
		Madera	M2	4605,11	19,280
		Hojas	M3	4436,84	18,576

Como puede observarse en la tabla anterior, la comunidad rural de la zona de interés prefiere en su mayoría estas dos especies por variadas características, pero las más relevantes son: la facilidad para adquirirla y el comportamiento apical de cada especie. Los resultados obtenidos en el análisis del poder calórico arrojaron mayores resultados en la estructura leñosa de *E. pendula*, presentando mayor calor de combustión bruto en la muestra (M2) con un valor de 19,28 MJ/Kg, lo que indica el calor que desprende un kilogramo de la muestra en el proceso de combustión de forma completa. En la estructura foliar las dos especies evaluadas poseen alto poder calorífico comparado con las muestras de madera, se infiere que la hojarasca puede ser un buen material de

combustión, resaltando *E. globulus* con 21,32 MJ/Kg siendo este valor de combustión el más alto de las seis muestras estudiadas, lo cual, suele presentarse por la presencia de la estructura que tiene el foliolo y la nervadura primaria o central, siendo definidos y duros, mientras que la hoja y nervadura presente, para el caso de *E. pendula* es carnosa y por consiguiente blanda. Sin embargo, al ser un material inestable o con poca rigidez el proceso de combustión es rápido debido a la estructura y composición química.

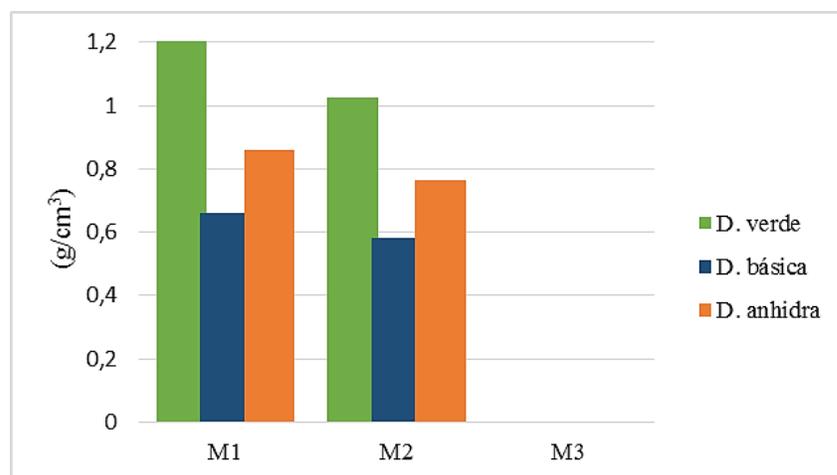
5.4 Influencia de propiedades fisicoquímicas en el poder calorífico

Las propiedades fisicoquímicas de las muestras de las dos especies fueron analizadas en el Laboratorio de Química y el Laboratorio de Reconversión Ganadera y Agroforestal ubicados en la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga. Allí, se realizaron los procedimientos para obtener los datos y así poder calcular las variables que se muestran a continuación.

5.4.1 Propiedades físicas de las especies de interés

A continuación, se presentan las propiedades físicas de las especies *E. globulus* y *E. pendula*, las cuales, se tuvieron en cuenta en esta investigación.

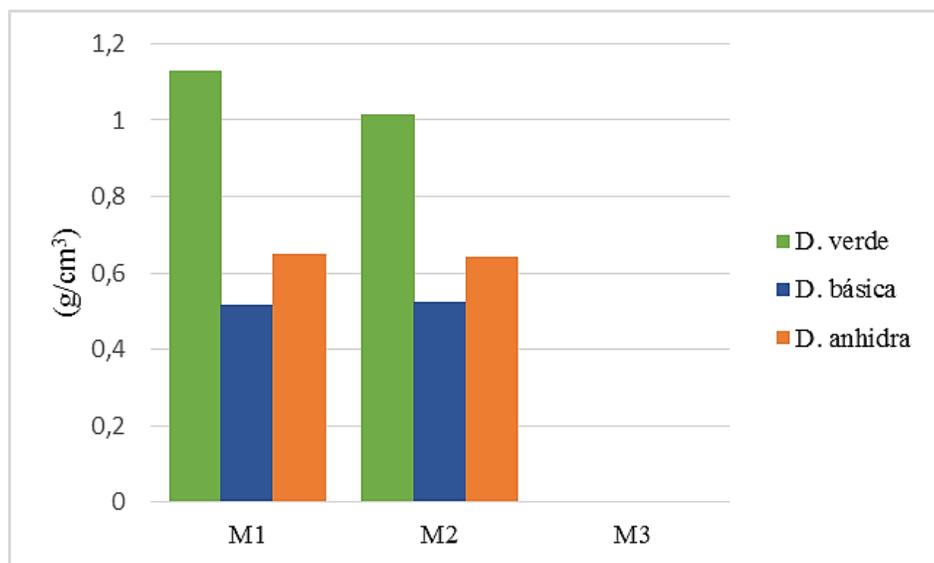
Figura 8. Determinación de la densidad de la madera *Eucalyptus globulus* L
Determinación de la densidad de la madera Eucalyptus globulus L



Con respecto a la densidad de la madera se presentan los resultados correspondientes a la densidad de la especie *E. globulus* (Figura 8) donde se observa que la densidad verde de las muestras es la más alta debido a que se encuentran en un estado de turgencia o los poros llenos de agua, pero la densidad verde es mayor en M1, siendo esta $1,227 \text{ g/cm}^3$, lo que consiste en la cantidad de materia contenida en el volumen de la muestra. En cuanto a la densidad básica se obtuvo un promedio para M1 de $0,660 \text{ g/cm}^3$ y M2 $0,581 \text{ g/cm}^3$, lo cual indica que corresponde al grupo de maderas medianamente duras. Para la densidad anhidra que es la necesaria para este estudio, revela que la especie presentó para M1 $0,861 \text{ g/cm}^3$ y M2 $0,763 \text{ g/cm}^3$, debido principalmente a la utilización de la leña en estado seco o sin humedad por parte de los hogares encuestados.

Figura 9

Determinación de la densidad madera de Escallonia pendula (R & P) P



Para las muestras estudiadas de la especie *E. pendula* (Figura 9), se observa que la densidad verde en comparación con la densidad básica y anhidra presenta una mayor variabilidad, lo que indica que las muestras en estado verde poseen alto contenido de humedad y suele presentarse por

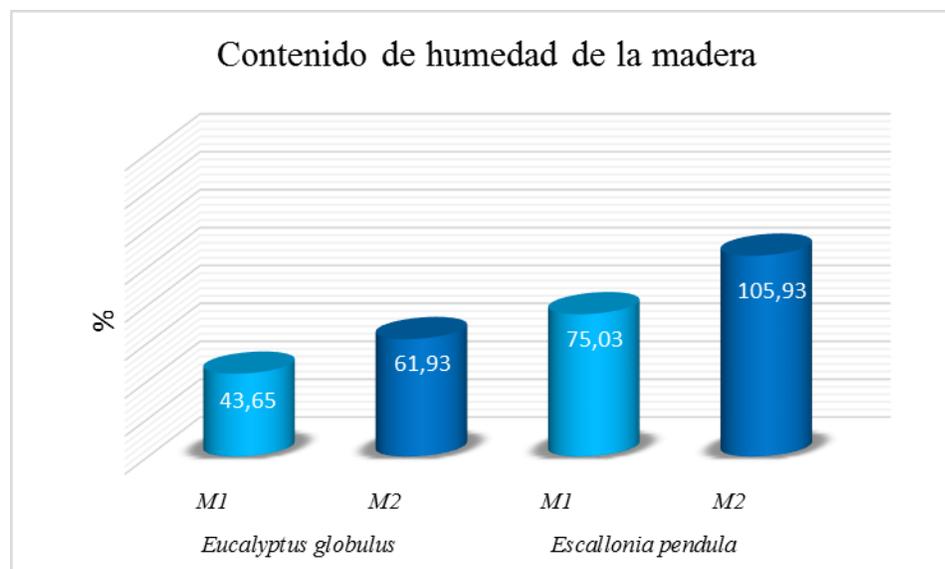
cuestiones naturales como características edafoclimáticas existentes en la zona, edad y fisiología de la especie, entre otras; además de las propiedades anatómicas que constituyen la estructura de la especie.

En el caso específico del material vegetal hojas posee mayor inestabilidad en su medición de densidad por lo que en esta investigación no fue conveniente calcular dicha variable.

Para el contenido de humedad de la madera de las especies de interés se presenta a continuación los resultados arrojados después del proceso en laboratorio.

Figura 10

Contenido de humedad de la madera de las especies de interés



Las probetas de M1 de la especie *E. globulus* presentaron grietas o fisuras en el proceso de secado, las cuales eran más notorias comparándolas con las probetas de M2. Los resultados para el contenido de humedad arrojaron para M1 un valor de 43,6% mientras que para M2 61,92% en donde se ve una gran diferencia de contenido de humedad, esto depende de la altura en que se tomaron y a la cantidad de agua libre e higroscópica presente en cada muestra. En cuanto al contenido de humedad de las muestras de *E. pendula* pierden mayor humedad en comparación a

las de *E. globulus*, ya que, para las probetas M1 alcanzó un 75,03% y para M2 105,93%. Lo anterior se debe a las propiedades anatómicas constituyentes de dicha especie y su distribución.

Tabla 3

Deshidratación de las hojas

Deshidratación de las hojas		
Muestra	Especie	% humedad
M3	<i>Eucalyptus globulus</i>	82,700
M3	<i>Escallonia pendula</i>	178,640

Se destaca que, como lo muestra la tabla 3, en el caso de las hojas se deshidrató un total 297,01 g de *E. globulus* y 306,29 g de *E. pendula* a 60°C, porque es un material vegetal frágil y su exposición a temperaturas más altas puede causar daños en las propiedades a estudiar. Terminado este proceso, el porcentaje de humedad para las hojas de *E. globulus* fue 82,7% y *E. pendula* 178,640% cuyas muestras arrojaron 162,58 g y 109,89 g después de dicho proceso.

5.4.2 Propiedades químicas en las especies de interés

A continuación se muestran los resultados de la caracterización química de las especies de mayor demanda en la cocción de alimentos en la zona de estudio:

Tabla 4

Composición química y elemental en las especies de interés

Análisis químico													
Especie		Propiedades químicas							Análisis elemental				
Especie	Muestra	Cenizas (%)	FDA (%)	FDN (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Grasas (%)	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)	P. Calorífico (MJ/Kg)
<i>Eucalyptus globulus</i>	M1	0,244	58,582	70,675	13,387	45,195	12,092	0,316	43,558	5,191	0,055	0	16,265
	M2	0,316	78,047	88,824	23,031	55,016	10,777	0,354	47,836	5,879	0,043	0	18,240

	M3	3,273	28,027	38,186	6,719	21,309	10,158	5,155	42,429	5,570	1,479	0	21,318
<i>Escallonia pendula</i>	M1	0,886	60,652	73,251	11,878	48,774	12,600	0,332	46,291	5,913	0,080	0	17,092
	M2	0,711	72,615	83,108	21,933	50,681	10,494	0,386	50,065	6,192	0,101	0	19,280
	M3	5,483	25,827	36,513	6,369	19,459	10,686	4,532	50,804	6,504	1,289	0	18,576

Las muestras M3 (hojas) de *E. pendula* y *E. globulus* posee mayor contenido de cenizas, presentando menor contenido de lignina y alto porcentaje de grasas (4,532% y 5,155%), esta es una de las principales características que genera altos valores de poder calorífico en este material vegetal. Por el contrario, las muestras de madera M1 y M2 presentaron menores cantidades de cenizas, lo cual, explica que este material se combustione más que las hojas, además, contiene altos porcentajes de lignina y fibra de detergente neutra representando las variables que influyen en el calor de combustión bruto.

Con respecto al análisis elemental CHNS se logró evidenciar que la especie *E. pendula* contiene mayor porcentaje de carbono e hidrógeno en las tres muestras analizadas, ubicándolas en entre los rangos de (46,291% - 50,804%) y (5,913% - 6,504%), respectivamente. En el caso del nitrógeno, las hojas de las dos especies poseen más del 1% favoreciendo la pigmentación de la coloración verdosa del follaje. También, es necesario mencionar que todas las muestras estudiadas no contienen azufre según el análisis realizado, lo cual es muy importante porque el material no generará emisiones de gases contaminantes en el proceso de combustión, afectando la salud humana y el ambiente. Con respecto a lo anterior, se puede decir que la composición elemental de las dos especies tiene adecuados valores para su uso potencial como combustible.

6. Discusión

Las especies de mayor demanda en la zona de interés, según la encuesta desarrollada, fueron *E. globulus* y *E. pendula*. Estos datos dan lugar a resultados similares y en concordancia a

los de Coronado y Prato (2019), quienes señalan que las comunidades utilizan con mayor frecuencia estas especies debido a la facilidad para adquirirla, su alta presencia en los predios y la frondosidad de las ramas. Sin embargo, este último aspecto para las veredas que conformaron el estudio presenta variaciones tomando como base de análisis la información espacial reportada en la salida cartográfica.

Además, los valores arrojados en este estudio sobre el poder calorífico fueron del 15,91 MJ/Kg para *E. globulus* y para *E. pendula* fue de 18,71 MJ/Kg. En el caso de la especie perteneciente a la familia Myrtaceae, en la investigación realizada por Arroyo (2016), presenta un valor calorífico de 17,26 MJ/Kg. La energía calórica arrojada en las muestras de madera estudiadas en el presente trabajo de grado son resultados equiparables.

En este estudio, el análisis de las muestras de madera de *E. pendula* presentó que a menor contenido de cenizas mayor poder calorífico, lo cual concuerda con Lazcano (2015), quien afirma que una característica de un buen combustible se presenta cuando el material genera bajos niveles de contenido de cenizas. Sin embargo, esto no sucedió en las muestras de *E. globulus* y la estructura foliar de *E. pendula* analizadas, ya que el material vegetal que contuvo mayor poder calorífico también produjo alto contenido de cenizas, debido a la estructura y composición química de la misma; además, menciona que la madera es apta para producir energía cuando contiene mayor porcentaje de lignina, siendo esta una característica indispensable para buen material de combustión y por consiguiente con alto poder calorífico.

En el análisis de las muestras trabajadas, se encontró que para las propiedades físicas y la composición química cambia de acuerdo a la sección y estructura analizada del árbol. De acuerdo con Lima (2013), la cantidad y la composición de los compuestos extraíbles varían según la especie considerada, la parte de la planta y época del año. Un claro ejemplo es la presente investigación

con secciones de la rama y el artículo de Gominho et al, (2012) donde estudian los tocones de *E. globulus* en seis plantaciones, donde las variables que presentan cambios notables son: el porcentaje de contenido de humedad, cenizas, lignina, la composición elemental y por ende el poder calorífico.

El tejido vegetal (hojas) es comúnmente trabajado como combustible en las comunidades rurales a la hora de iniciar la combustión para realizar las labores domésticas en el hogar. Teniendo en cuenta a Blasco (2018), quien analizó las hojas de caqui de la variedad rojo brillante encuentra en base seca un contenido de cenizas 14,76%, lignina 10,30% y un valor calorífico de 12,83 MJ/Kg; además, obtuvo para la composición elemental 38,10% de carbono, 4,80% de hidrógeno, 0,80 de nitrógeno y 0,10 de azufre. De acuerdo con lo anterior, los resultados analizados en esta investigación arrojan que para las dos especies estudiadas los porcentajes de cenizas y lignina disminuyeron entre un 9% - 11% y 3% respectivamente. Mientras que el valor calorífico aumentó en un rango del 5% al 9%. Para finalizar, la composición elemental de las especies aumentó en cuanto a carbono, hidrógeno y nitrógeno.

7. Conclusiones

El uso de la biomasa vegetal en la zona seleccionada es muy frecuente debido a que la comunidad no cuenta con los recursos socioeconómicos necesarios para elegir otra alternativa como combustible, ya sea gas propano, gas natural, carbón mineral y estufas eléctricas para cumplir con labores internas del hogar con fines domésticos.

El estudio determinó mayor demanda para las especies como *E. globulus* y *E. pendula* debido a sus variadas características, pero las más relevantes son: la facilidad para adquirirla y el

comportamiento apical de cada especie. Condición que requiere de una articulación a procesos de gestión forestal que garantice la presencia del recurso en la zona.

Los valores del poder calorífico del material vegetal de las dos especies objeto de estudio se pueden considerar adecuados como combustible para actividades domésticas. De manera general, las muestras M1, M2 y M3 de cada especie se pueden considerar como una fuente favorable de energía ya que su valor calorífico, permite a las comunidades disponer de la energía necesaria que demandan los gastos al interior del hogar en las labores de preparación y cocción de alimentos.

El estudio, concluye que la madera extraída de las ramas de la especie *E. globulus* y *E. pendula* posee mayor poder calorífico si la sección de la rama trabajada está a mayor altura con respecto al nivel del suelo, es decir, que estas variables son directamente proporcionales.

8. Recomendaciones

Realizar un estudio para calcular el poder calorífico y sus propiedades fisicoquímicas de las especies de mayor demanda en las labores domésticas en la provincia García Rovira, implementando estrategias de concientización para el uso y aprovechamiento de la leña de una forma eficaz y eficiente de manera sostenible, garantizando actividades de extracción a lo largo del tiempo.

Teniendo en cuenta que las dos especies estudiadas tienen alto poder calorífico se recomienda a la comunidad de la zona de estudio, utilizar los residuos como astillas, aserrín, corteza y hojarasca como componente principal en la elaboración de briquetas, con el fin de mejorar las condiciones ambientales y económicas de las familias.

Para la especie *E. pendula* en la zona de estudio tiene múltiples utilidades, es por eso que se recomienda hacer un aprovechamiento adecuado de la especie, ya que contempla varios servicios ecosistémicos dentro de la zona como: la conservación de los cuerpos hídricos, evita la erosión de los suelos, hábitat para la fauna silvestre, entre otras.

Finalmente, es necesario realizar estudios relacionados con las propiedades físicas, químicas, anatómicas y organolépticas de la *E. pendula* debido a que se encuentra poca documentación e información publicada.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal - San José de Miranda. (2016). *Plan de desarrollo "Unidos por una Nueva Miranda"*.
- Arango, A. (1990). *Secado de la madera*. Publicaciones SENA.
- Arroyo, J. (2016). *Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor* (Tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Barrera, C., Betoret, N., Castello, M., & Pérez, E. (2018). *Principios Básicos de la Combustión*.
- Bartholomaeus, A., Cortés, A., Santos, J., Acero, L., & Moosbrugger, W. (1998). *El manto de la tierra, Flora de los Andes: Guía de 150 especies de la flora andina*. Bogotá: CAR: GTZ: KFW.
- Blasco, C. (2018). *Evaluación de los recursos agrícolas para su valorización energética en calderas Spouted Bed Reactors* (Tesis pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Calsamiglia, S. (1997). *Nuevas bases para la utilización de la fibra en las dietas de rumiantes*.
- COPANT 460. (1972). *Determinación del peso específico*.
- COPANT 461. (1972). *Método de la determinación de la humedad en la madera*.
- Coronado, R., & Prato, A. (2019). Identificación y crecimiento inicial de especies forestales usadas para el curado de tabaco Virginia. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 68-85. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.295>
- Cortés, A., & Ridley, I. (2013). Efectos de la combustión a la leña en la calidad del aire intradomiciliario. La ciudad de Temuco como caso de estudio. *INVI*, 28(78), 257-271. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>

Decreto 1076, [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Mayo 26 de 2015.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2014). *Encuesta Nacional de Calidad de vida 2013*.

EUCLID. (04 de Octubre de 2021). *Eucalyptus of Australia, Fourth Edition*.
<https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/intro/index.html>

Facultad de Química. (23 de 08 de 2021). *Análisis elemental*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <https://quimica.unam.mx/investigacion/servicios-para-la-investigacion/usaii/analisis-elemental/>

Fonseca, M. (2006). *Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (Pinus maximinoi H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío, TACTIC, Alta Verapaz* (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Gobierno Vasco. (2012). *Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural*. <https://normadera.tknika.eus/>

Gominho, J., Lourenco, A., Miranda, I., & Pereira, H. (2012). Chemical and fuel properties of stumps biomass from Eucalyptus globulus. *Industrial Crops and Products*, 39, 12-16.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.026>

González, M. (2013). *Calorímetro Parr 6200. Manual de operación. Guía rápida*. Universidad Autónoma de Chapingo.

Lazcano, J. (2015). *Evaluación de la madera torrefacta de Eucalyptus camaldulensis Dehnh y Eucalyptus microtheca F. Muell* (Tesis de maestría). Linares: Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, México.

- Leterme, P., & Estrada, F. (2016). *Análisis de alimentos y forrajes*. Publicaciones del laboratorio de nutrición animal.
- Lima, L. (2013). *Evaluación de la composición química y las propiedades físicas de la madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Nuevo León, Linares, México.
- Márquez, B. (2014). *Refrigeración y Congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Martínez, M., Pioquinto, S., & Juárez, E. (2015). *Consumo de leña: reto económico o ambiental*. Coyoacán, México: 2º Congreso Nacional AMICA.
- May, T. (2013). Niveles de consumo de leña y su disminución a través del uso de estufas Lorena mejoradas en comunidades del Suroeste de la República Dominicana. *Sociedad y Ambiente*, 1(2), 29-46. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i2.14>
- Ministerio de ambiente de Uruguay. (2021). *Mejor leña al fuego: Manual para el uso responsable de la leña*.
- Montalembert, M., & Clément, J. (1983). *Disponibilidad de leña en los países en desarrollo*. FAO.
- Morales, L. (2018). *Utilización de árboles fijadores de nitrógeno Escallonia pendula y Alnus acuminata para la recuperación de suelos erosionados* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Sogamoso, Colombia.
- Murcia, D., & González, A. (2020). *Desarrollo de briquetas borra de café y un aglomerante a diferentes composiciones porcentuales para ser utilizadas como combustible sólido alternativo* (Tesis pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.
- Murray, R., & Larry, J. (2009). *Estadística Schum*. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.

Netrium. (2014). Heat of combustion. *Netrium*.

Official Methods of Analysis of Association of official Analytical Chemists [AOAC]. (1990).
Determination of the fat content in animal feed.

Ordóñez, V., & Dávalos, R. (1996). Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de humedad. *Madera y Bosques*, 2(2), 43-51.

Paz, F. (2008). *Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (Gmelina arborea Roxb.), de una plantación proveniente de del departamento de Izabal* (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Ramírez, J., & Taborda, A. (2014). Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción + limpia*, 9(1), 99-114.

Rijal, H. (2018). Firewood Consumption in Nepal. *Springer*, 335-344.
https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2236/10.1007/978-981-10-8465-2_33

Salgado, O., Borda, M., & Ceccon, E. (2017). Uso y disponibilidad de leña en la región de la Montaña en el estado de Guerrero y sus implicaciones en la unidad ambiental. *Maderas y bosques*, 23(3), 121-135.

Valderrama, E., & Linares, E. (2008). Uso y manejo de la leña por la comunidad campesina de San José de Suaita (Santander, Colombia). *Colombia forestal*, 11(1), 19-34.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a02>

Van Soest. (1979). *Systems of analysis evaluating fibrous feeds*.

Apéndices

Apéndice A

Encuesta aplicada parte 1

		Instrumento de campo proyecto Determinación del consumo de leña en tres veredas del municipio de San José de Miranda, Santander.
Vereda: _____ Finca: _____ Propietario: _____ Encuestado: _____ Fecha: _____ Zona de vida: _____		
<p>El siguiente cuestionario conformado por 9 preguntas, tiene como fin recopilar información sobre el uso que tienen algunos árboles en tres sectores rurales del municipio de San José de Miranda, su objetivo es totalmente académico, y solo busca tener un panorama respecto de la relación poblaciones y el componente arbóreo en sus fincas.</p> <p>1) Indique cuál de las siguientes opciones utiliza en la finca para las actividades domésticas de combustión.</p> <p>___ Leña ___ Estufa a gas ___ Leña y estufa de gas ___ Otra</p> <p>2) La fuente de combustible doméstico que emplea en la finca la obtiene de</p> <p>___ Bosques naturales propios de la finca ___ Bosques naturales de la vereda ___ Compra a terceros</p> <p>En caso de seleccionar leña con fuente de combustible doméstico, continúe con las preguntas, en caso contrario agradecemos su disposición para dar respuesta a las preguntas.</p> <p>3) Indique cuál especie de las relacionadas a continuación utiliza con mayor frecuencia como fuente de combustible doméstico.</p> <p>___ Eucalipto ___ Loqueto ___ Cucharo ___ Guamo ___ Sururo</p> <p>4) Indique cuál de las siguientes opciones considera importante para seleccionar una especie como combustible en la finca</p>		

Apéndice B*Encuesta aplicada parte 2*

<input type="checkbox"/> Prendimiento rápido
<input type="checkbox"/> Duración en el fogón
<input type="checkbox"/> Peso liviano
<input type="checkbox"/> Facilidad para adquirirla
<input type="checkbox"/> Otras
5) Indique qué herramientas utiliza para la extracción de la leña
<input type="checkbox"/> Hacha y machete
<input type="checkbox"/> Hacha, machete y motosierra
<input type="checkbox"/> Motosierra y hacha
<input type="checkbox"/> Motosierra y machete
<input type="checkbox"/> Motosierra
6) El precio de la leña que cancela, por adquirirlo es de.
<input type="checkbox"/> Gratis
<input type="checkbox"/> \$ 20.000 – \$ 25.000
<input type="checkbox"/> Más de \$ 25.000
7) Indique qué tipo de manejo hace de la leña en su finca, previo al uso como fuente de combustible
<input type="checkbox"/> La seca
<input type="checkbox"/> No la seca
8) En caso tal de secarla indique el intervalo de tiempo que esta actividad le toma en una escala de meses
<input type="checkbox"/> 0 a 1
<input type="checkbox"/> 1 a 2
<input type="checkbox"/> Mayor a 2
9) Indique el nivel de humo que genera la leña que emplea en la finca
<input type="checkbox"/> Genera demasiado humo
<input type="checkbox"/> Genera moderadamente humo
<input type="checkbox"/> Genera poco humo
<input type="checkbox"/> No genera humo

Apéndice F

Proceso de transformación y elaboración de probetas



Nota. 1. Trozas de madera, 2.Descortezado de la madera, 3. Transformación de la madera, 4. Probetas.

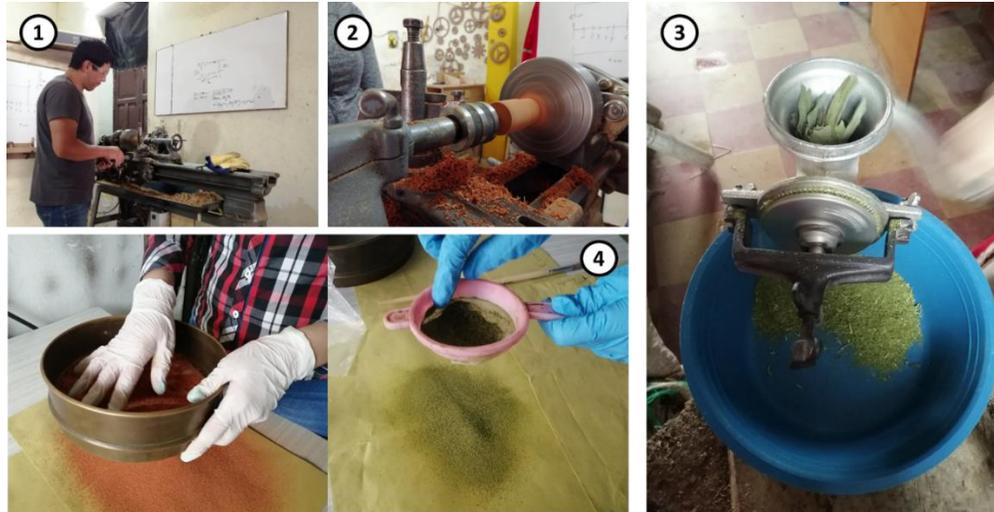
Apéndice G

Determinación de la densidad de la madera



Apéndice J

Transformación de la estructura leñosa y foliar en harina



Nota. 1 y 2. Probetas procesadas y trituradas en el torno, 3. Material vegetal procesado en el molino, 4. Muestras tamizadas.

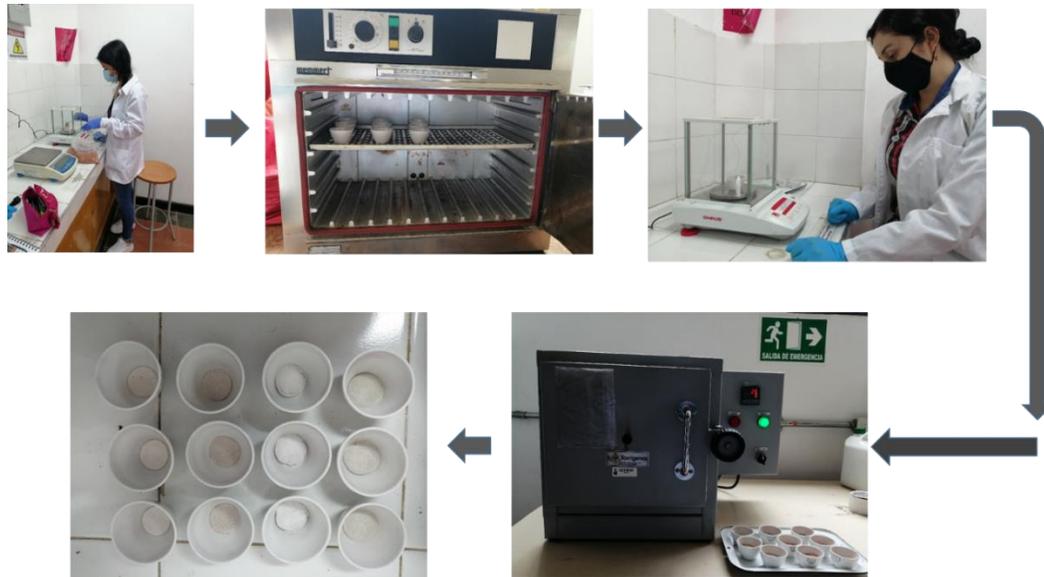
Apéndice K

Muestras para el análisis químico y elemental

Muestra/Especie	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	<i>Escallonia pendula</i> (Ruiz & Pav) Pers
M1		
M2		
M3		

Apéndice L

Determinación de Cenizas



Apéndice M

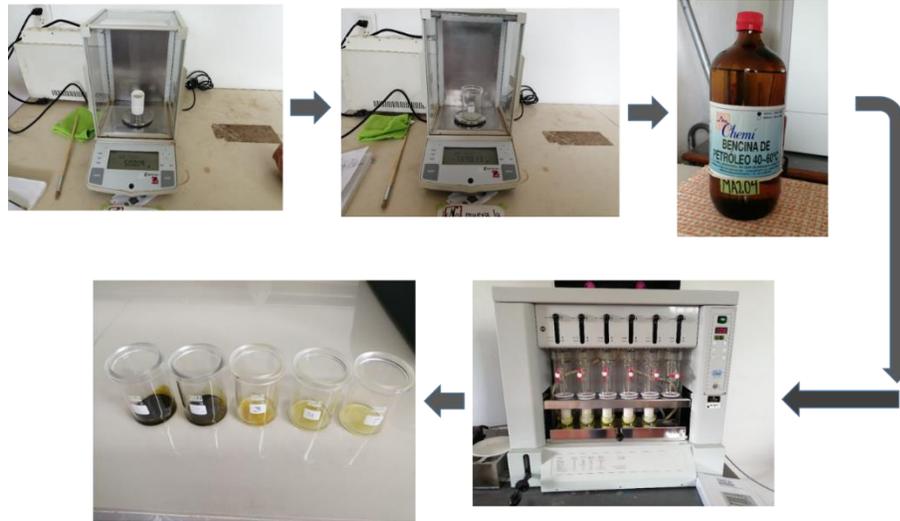
Determinación del poder Calorífico



Nota. 1. Pesaje de la muestra, 2. Amarre de la fibra de celulosa, 3. Inyección de oxígeno, 4. Introducción bomba calorimétrica en cubeta con agua destilada, 5. Cubeta dentro del calorímetro 6. Valor calorífico.

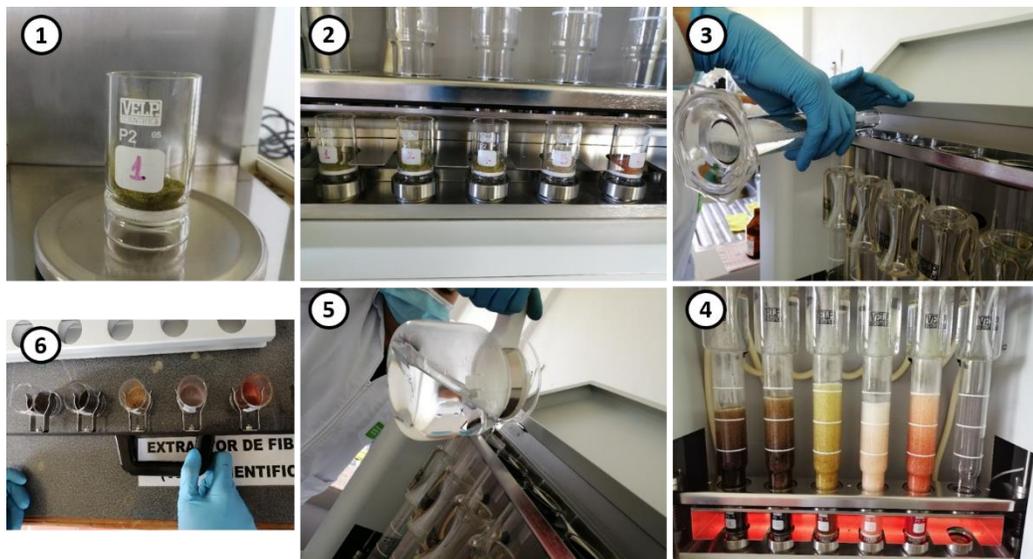
Apéndice N

Determinación del contenido de grasas



Apéndice O

Determinación de la Fibra de Detergente Ácida (FDA)



Nota. 1. Pesaje de la muestra, 2. Colocación de las muestras en el extractor de fibra, 3. Adición del detergente ácido a la muestra, 4. Ebullición de las muestras, 5. Purificación de muestras 6. Fibra de detergente ácida húmeda.

Apéndice P

Análisis elemental (CHNS)

