



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA  
FAREM – ESTELÍ**

Evaluación del potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad “El Pastoreo”, ubicada en el departamento de Estelí durante el año 2017.

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO EN ENERGÍA RENOVABLES**

**Autores:**

- Br. Dora María López Poveda
- Br. Araín Ramón Talavera Godoy
- Br. Jubraham Manuel Moreno Ledesma

**Tutora:**

Ing. Iviss Onelia Margarita Medina

**Estelí, 2018.**

## **TEMA DE INVESTIGACIÓN**

Evaluación del potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad “El Pastoreo”, ubicada en el departamento de Estelí durante el año 2017.

## VALORACIÓN DE DOCENTE

Por medio de la presente, se hace constar que los estudiantes:

- Br. Dora María López Poveda
- Br. Araín Ramón Talavera
- Br. Jubraham Manuel Moreno Ledesma

Han cumplido con los requisitos y obligaciones establecidas por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua para optar al título de Ingenieros en Energías Renovables en la línea de investigación: Biomasa; mediante el tema de investigación: Evaluación del potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad “El Pastoreo”, ubicada en el departamento de Estelí durante el año 2017.

Este estudio está acorde con el perfil profesional de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables y contribuye con la búsqueda de alternativas desde la óptica del Desarrollo y aplicación de tecnologías en el área de Energías Renovables en áreas rurales.

Los aspirantes durante el proceso de elaboración de su tesis, han activados procesos de búsqueda de información, conocimiento y entablaron dialogo con actores locales mostrando disciplina investigativa y sistematicidad para elaborar un ejercicio académica investigativo aplicado. Por lo antes expuesto doy fe que el documento cumple con todos los estándares de calidad y cientificidad que solicita esta prestigiosa Alma Mater.

---

**Ing. Iviss Onelia Margarita Medina Benavides**

Dado en Estelí, a los veinte y seis días del mes enero del año dos mil dieciocho

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo monográfico está dedicado primeramente al creador del universo “Dios”, por darnos las fuerzas para salir adelante en todas las actividades que realizamos a lo largo de nuestra formación académica, una guía indispensable en nuestra vida para enfocarnos en el camino del bien con valores humanos que todo profesional debe desarrollar para tener una vida exitosa.

A nuestras madres y padres, por apoyarnos y darnos la motivación para no rendirnos y salir adelante, comprometidos con el desarrollo de nuestro país que necesita de profesionales en el campo energético y llevar nuestros conocimientos a los diferentes sectores.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de la carrera por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes y experiencias sobre todo felicidad.

A las autoridades académicas de la FAREM-Estelí/UNAN Managua, por formar parte de nuestro proceso educativo y brindarnos apoyo en la realización de actividades que contribuyeron al desarrollo y promoción de nuestra carrera. Les agradecemos la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a todos los profesores que formaron parte de este transcurso académico.

A nuestra tutora Ing. Iviss Onelia Margarita Medina por ser un guía y un facilitador en la realización del proceso de investigación científica, compartiendo ideas para el desarrollo de un trabajo de calidad. Además, motivándonos cada día para lograr nuestras metas, expresando palabras de ánimo.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. ANTECEDENTES .....</b>	<b>12</b>
2.1. Antecedentes Investigativos .....	12
2.2. Antecedentes Internacionales.....	13
2.3. Antecedentes Nacionales .....	13
<b>CAPÍTULO III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
4.1. Caracterización del Problema.....	16
4.2. Delimitación del Problema .....	16
4.3. Formulación del Problema .....	17
4.4. Sistematización del Problema.....	17
<b>CAPÍTULO V. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
5.1. Objetivo General.....	19
5.2. Objetivos Específicos.....	19
<b>CAPÍTULO VI. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
6.1. Biomasa.....	20
6.2. Clasificación de la Biomasa .....	21
6.2.1. Biomasa Natural.....	21
6.2.2. Biomasa Residual Seca .....	22
6.2.3. Biomasa Residual Húmeda.....	23
6.3. Propiedades Energéticas de la Biomasa .....	25
6.3.1. Contenido de Humedad .....	26
6.3.2. Poder Calorífico.....	27
6.3.3. Tamaño de Partícula .....	28
6.3.4. Densidad .....	28
6.3.5. Porcentaje de Cenizas .....	29
6.3.6. Impurezas .....	29
6.3.7. Composición Química .....	30
6.3.8. Combustibilidad.....	30
6.4. Biomasa Forestal.....	31

6.5. Residuos Forestales .....	32
6.6. Beneficios de la Biomasa.....	33
6.6.1. Beneficios Ambientales .....	33
6.6.2. Beneficios Socio Económicos .....	34
<b>CAPÍTULO VII. HIPÓTESIS.....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO VIII. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>36</b>
8.1. Tipo de Estudio.....	36
8.2. Área de Estudio .....	37
8.3. Área de Conocimiento .....	38
8.4. Universo y Muestra .....	38
8.5. Cálculo de la Muestra.....	39
8.6. Operacionalización de Variables.....	41
8.7. Métodos, Técnicas e Instrumentos para la recolección de Datos e Información.....	42
8.7.1. Cuantitativo.....	42
8.7.2. Cualitativo.....	42
8.8. Procedimientos para la recolección de Datos e Información.....	43
8.9. Plan de Tabulación y Análisis Estadístico .....	51
<b>CAPÍTULO IX. RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO XI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO XII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación de la Comunidad El Pastoreo. ....	37
Figura 2. Encuestas en comunidad El Pastoreo.....	43
Figura 3. Recolección de Tallos, Cáscaras y Hojas recolectadas. ....	44
Figura 4. Aserrado de Residuos de Tallos. ....	44
Figura 5. Preparación de Mezcla Homogénea. ....	44
Figura 6. Balanza Analítica.....	45
Figura 7. Horno para Secado de Muestras a 105 °C.....	45
Figura 8. Muestras en Crisoles en Horno a 550 ° C. ....	46
Figura 9. Pesado de Cenizas ....	46
Figura 10. Muestras en Desecadores. ....	47
Figura 11. Compactación de ½ Gramo de Muestra.....	47
Figura 12. Armado de conductor en camisa de bomba.....	48
Figura 13. Bomba Calorimétrica.....	48
Figura 14. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.....	48
Figura 15. Pesado de 1,114 gramos de Leña para Prueba de Cocción.....	49
Figura 16. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.....	49
Figura 17. Cronometrado de Tiempo de Combustión. ....	49
Figura 18. Recolección de Leña por habitantes ....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Propiedades Energéticas de Biomasa Norma CEN/TE 335.....	26
Tabla 2 . . Especies Forestales de la comunidad El Pastoreo. ....	52
Tabla 3 . Análisis de Correlación de Pearson Tiempo de Cocción.....	64
Tabla 4 . Análisis de Correlación de Pearson de Consumo de Combustible .....	68
Tabla 5 . Análisis de Rango Múltiple de Tukey.....	69



## INDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1 .Especies Forestales utilizadas en la comunidad El Pastoreo. ....	53
Gráfico 2 .Especies Forestales con mayor demanda en la comunidad El Pastoreo. .....	54
Gráfico 3. Humedad de las Muestras .....	55
Gráfico 4 . Humedad - Densidad de las Muestras.....	56
Gráfico 5. Humedad – Poder Calorífico de las Muestras .....	57
Gráfico 6. Masa Seca de las Muestras.....	58
Gráfico 7. Materia Volátil y Cenizas de las Muestras .....	59
Gráfico 8. Densidad de las Muestras .....	60
Gráfico 9 . Poder Calorífico de Muestras .....	61
Gráfico 10 . Tiempo de Cocción .....	62
Gráfico 11 . Densidad - Tiempo de Cocción.....	63
Gráfico 12 . Poder Calorífico - Tiempo de Cocción .....	63
Gráfico 13 . Consumo de Combustible.....	65
Gráfico 14. Densidad - Consumo de Combustible .....	66
Gráfico 15 . Poder Calorífico - Consumo de Combustible .....	67

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo, tuvo como propósito desarrollar un estudio de potencial energético sobre las especies forestales más utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad El Pastoreo de la ciudad de Estelí. Este estudio se rige por un enfoque mixto, ya que se fundamenta en la integración sistémica de los métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas de investigación. De acuerdo al método de investigación el presente estudio es cuasi - experimental y según su nivel de profundidad y conocimiento es de tipo descriptivo. Además, el tipo de estudio es correlacionar y debido al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información es prospectivo. Los instrumentos utilizados fueron la encuesta, entrevistas, así como formato de registro recolección de datos. Para la realización de pruebas se hizo uso de hornos eléctricos, balanzas analíticas, probetas y calorímetro. Los resultados obtenidos de la encuesta y análisis estadísticos, permitieron demostrar que las especies forestales más utilizadas como combustible en la comunidad son el Carbón y Guácimo, así como que les gustaría contar con Roble para cocinar. Mediante los análisis en SPSS, se logró conocer que las especies más densas como Jiñocuabo, Amarguito y Chilamate, presentaron un mayor contenido de humedad. A diferencia de las especies forestales con mayor Poder Calorífico que obtuvieron menor concentración de humedad. La investigación se concluye de manera satisfactoria, donde se dice que la Humedad, Densidad y Poder Calorífico, son factores determinantes para medir el potencial energético y eficiencia de cada una de las especies forestal. Además, que el Carbón y el Roble, son las especies más eficientes para reducir el tiempo y cantidad de recursos utilizados durante la preparación de los alimentos. Por lo tanto, cumplen con todas las condiciones energéticas para su uso como combustible en la comunidad El Pastoreo.

**Palabras Claves:** biomasa, especies forestales, humedad, densidad, poder calorífico.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

El aprovechamiento de los recursos forestales para la producción de energía, constituye una de las principales fuentes de nuestro país, ya que tanto las actividades agrícolas como forestales, son grandes productoras de biomasa, la cual es utilizada como combustible en procesos industriales y domésticos, mientras que otra parte es considerada como residuo, el cual no es aprovechado.

En Nicaragua, la leña es el combustible más utilizado, principalmente en las zonas rurales, que particularmente disponen de muchas áreas forestalmente privilegiadas, constituyendo a la leña como el recurso primordial en la vida diaria de estas poblaciones.

La creciente demanda de energía y la incertidumbre en la desaparición de reservas de bosques causadas por la misma deforestación, ha propiciado el interés cada vez mayor en el desarrollo de fuentes alternativas de energía, que además ofrezcan beneficios ambientalmente sustentable.

El departamento de Estelí, se caracteriza por poseer regiones naturales de gran importancia para nuestro país, como lo son la reserva natural Tisey - Estanzuela, que cuenta con una riqueza florística de especies forestales arbóreas y arbustivas, que forman cadenas de bosques subtropicales, las cuales albergan gran parte de la fauna silvestre de la región.

La comunidad El Pastoreo perteneciente a esta región es poseedora de una gran cantidad de recursos, contando con una variada gama de especies forestales, las cuales son utilizadas en actividades como ornamentación, aserrado y combustible doméstico.

Debido a la importancia del lugar, por la utilización de gran cantidad de recursos forestales en las actividades diarias y al alto nivel de deterioro en el área causada por el alto índice de deforestación, se decidió realizar este estudio con el objetivo de brindar alternativas sostenibles para el uso y manejo racional de los bosques.

El presente trabajo consiste en un análisis técnico y experimental, para conocer las especies con mayor potencial energético, las cuales puedan ser utilizadas de forma eficiente para reducir la cantidad de recursos utilizados como combustible en el proceso de preparación de los alimentos. De esta manera brindar una solución, que aporte a la disminución a los problemas de deforestación, mejorando así las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad El Pastoreo.

Para la realización de este estudio, fue necesario considerar las principales características físicas y químicas de la madera, que influyen en su comportamiento como biocombustible. Por lo tanto, conocer variables como el contenido de humedad, densidad y propiedades químicas como el poder calorífico, resultó elemental para determinar el potencial energético de las especies forestales.

Las pruebas realizadas en este estudio permitieron comparar cada uno de los parámetros con normas internacionales, para determinar la eficiencia del potencial energético de cada una de las especies.

## **CAPÍTULO II. ANTECEDENTES**

### **2.1. Antecedentes Investigativos**

La biomasa, ha sido el primer combustible empleado por el hombre, cuando los primeros habitantes descubrieron su utilidad para asar los alimentos especialmente la carne y el pescado. Desde entonces su aplicación en la cocina se ha ido depurando hasta los modernos fogones con lo que hoy podemos preparar la comida de forma segura, sin olores ni humos, y con la comodidad de poder regular la llama según convenga.

Se estima que fue en torno al año 500.000 a.C. cuando se descubrió por primera vez el fuego, en el sentido de que se consiguió domesticarlo, aprovechando alguna rama candente tras un incendio para luego mantenerlo y conservarlo. Durante miles de años el asado fue el único método de cocción, por aplicación directa de la llama o su calor sobre la pieza de carne, pescado o verdura, situada normalmente sobre la hoguera con algún sistema de sujeción rudimentario (Minue, 2011).

Durante la Revolución Industrial se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas con un mayor poder calorífico y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos.

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro (Irina, 2009).

## **2.2. Antecedentes Internacionales**

A lo largo de la historia, la biomasa ha sido motivo de estudios debido a su gran potencial como energía, llevándose a cabo investigaciones de gran relevancia. En el ámbito internacional (Quiroz & Orellana, 2009), realizaron una investigación donde se analizó el patrón de preferencias en el uso de leña combustible en viviendas de localidades de México, mediante la aplicación de cuestionarios estructurados a informantes clave y muestreos en los sitios de extracción.

Además (Zelada, 2012), elaboró un estudio, donde determinó el poder calorífico de especies utilizadas como sombra de café en la cuenca alta, media, del río reventazón ubicado en Cartago, Costa Rica; con el objetivo de determinar si existe alguna relación entre el peso específico de las especies y sus valores de potencial energético.

## **2.3. Antecedentes Nacionales**

En el contexto Nacional (FIDER, 2003),<sup>1</sup> realizó un Plan de Manejo para la Reserva Natural Meseta Tisey, el cual exige el cumplimiento y otras obligaciones de las Áreas Protegidas.

Además en la UNA<sup>2</sup> (Nadal, 2003), elaboró una investigación sobre los residuos agrícolas y forestales de la ciudad de Sébaco con el fin de evaluar su potencial para la generación de electricidad.

En la ciudad de Estelí (MARENA, 2008), realizo un Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica Jocote Pando, para garantizar la calidad y La sostenibilidad del recurso hídrico. (Rodríguez & Medina, 2016), realizaron un estudio a través de

---

<sup>1</sup> **FIDER:** Fundación de Investigación y Desarrollo Rural

<sup>2</sup> **UNA:** Universidad Nacional Agraria

intercambio de conocimientos entre habitantes de la comunidad El Pastoreo y especialistas de la estación experimental del Limón, con el fin de generar una estrategia participativa de adaptación al cambio climático donde se abordaron aspectos esenciales como la diversificación de los cultivos y la búsqueda de variedades de cultivos resistentes a las plagas, la falta de lluvia o exceso de humedad.

### **CAPÍTULO III. JUSTIFICACIÓN**

Los recursos forestales comprenden una de las principales fuentes de energía en el mundo y representan un factor determinante en los procesos de cambios climáticos y sus consecuencias desastrosas frente a desastres naturales como resultado del calentamiento global, sin contar las preocupantes proyecciones frente al inminente agotamiento.

La biomasa forestal cada vez está consiguiendo mayor aceptación en la sociedad y eso es debido a que trae consigo un importante número de beneficios. Las energías sustentables y sostenibles son capaces de disminuir los efectos traumáticos que eso traería en muchos aspectos de la vida cotidiana.

La explotación de los recursos forestales debe realizarse de manera controlada y compensada por una reforestación que garantice la supervivencia de los bosques. Así los recursos forestales se mantienen como recursos renovables, que no se agotan ya que se regeneran de manera veloz y efectiva.

La presente investigación pretende evaluar el potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible doméstico en la comunidad el pastoreo, lo cual permita reducir la cantidad de recurso forestal utilizado y el tiempo de cocción de los alimentos, mejorando así las condiciones de vida de los habitantes y el acceso a nuevas oportunidades de desarrollo sostenible.

A través de este estudio, se pretende servir como un instrumento de gestión para la planificación Integral en la ejecución de proyectos de desarrollo, a fin de lograr un uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente, aprovechando potencialidades y limitantes de los mismos.



## **CAPÍTULO IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **4.1. Caracterización del Problema**

En nuestro país al igual que en muchos otros lugares del planeta, las personas utilizan la leña como principal fuente para cocinar sus alimentos y realizar sus diferentes actividades cotidianas. Estas personas ocupan gran parte del día ocupándose de recolectarla, transportarlas por largas distancias muchas veces a pie para conseguirla y prepararla mediante secado y cortado para que sea útil.

Dado los problemas ambientales que se han presentado en el país, principalmente en las zonas rurales, debido a una deficiente utilización de los recursos ambientales y su explotación, existen actualmente grandes agentes que han deteriorado la calidad de vida de sus habitantes; casos como la tala de árboles indiscriminada y la falta de planes que contribuyan a mitigar la deforestación mediante reutilización o explotación controlada.

Por esta razón, se considera necesario el manejo correcto de los recursos forestales, el cual permita el desarrollo sostenible de las comunidades. Además, del aprovechamiento de especies forestales con mayor potencial energético, las cuales permitan la reducción de la cantidad de recursos utilizados para producir energía calorífica en los procesos de cocción de los alimentos y otras actividades diarias.

### **4.2. Delimitación del Problema**

La comunidad El Pastoreo es considerada una zona crítica debido al alto índice de contaminación y deforestación, que según (FIDER, 2003) presenta áreas boscosas con parches o fragmentos superiores a 100 ha. De igual forma bosques de pino y rodales de robles con masas compactas entre 50 a 100 ha, que han sido

deteriorados a causa del mal manejo de los recursos que son utilizados como fuente de combustión para uso doméstico.

Los bosques han sido reducidos por el cultivo de granos básicos, los cuales provocan un impacto negativo al suelo por el uso de agroquímicos, que a la vez perjudican el recurso hídrico que abastece la comunidad.

Los residuos forestales obtenidos de la poda de árboles y arbustos, resultan de gran utilidad para determinar el potencial energético y conocer las especies más eficientes para los procesos de combustión. De esta manera, estas pueden ser aprovechadas de manera sostenible para reducir los problemas de deforestación en la comunidad.

### **4.3. Formulación del Problema**

A partir de la caracterización y delimitación del problema antes expuesta, se plantea la siguiente pregunta rectora del presente estudio: ¿El uso de especies con mayor potencial energético podría reducir la cantidad de recursos forestales utilizados como combustible para la preparación de alimentos en la comunidad El Pastoreo?

### **4.4. Sistematización del Problema**

Las preguntas de sistematización correspondientes se presentan a continuación:

1. ¿Cuáles son las especies forestales comúnmente utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad El Pastoreo?
2. ¿Qué relación causa – efecto existe entre el potencial energético de las especies forestales y la cantidad de combustible para preparar los alimentos?

3. ¿De qué manera podrían ser utilizados eficientemente los recursos forestales de la comunidad El Pastoreo?

## **CAPÍTULO V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Evaluar el potencial energético de las especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad El Pastoreo.

### **5.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar las especies forestales utilizadas como combustible para la preparación de alimentos de la comunidad El Pastoreo.
2. Establecer la relación causa - efecto entre el potencial energético de las especies forestales y la cantidad de combustible para preparar los alimentos.
3. Proponer alternativas sostenibles para el uso eficiente de los recursos forestales de la comunidad El Pastoreo.

## CAPÍTULO VI. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Biomasa

Se define como Biomasa, la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biológica degradable de los residuos industriales y municipales. (Herguedas & Taranco, 2012).

La Biomasa, según (IDAE, 2011)<sup>3</sup> es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales que resultan de su transformación natural o artificial.

El término biomasa según (FAO, 2013)<sup>4</sup>, se alude a la energía solar, convertida en materia orgánica por la vegetación, que se puede recuperar por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles.

La biomasa, es la fuente de energía renovable que más ha contribuido al desarrollo tecnológico de la humanidad. En la actualidad, es la energía que presenta mejores posibilidades de uso a la hora de resolver los problemas energéticos de nuestros días, ya que puede emplearse como combustible en instalaciones que generan calor o electricidad. Además, en algunos casos puede transformarse para convertirse en un producto que puede emplearse como sustituto del petróleo en los motores de los coches (IDAE, 2013).

---

<sup>3</sup> IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

<sup>4</sup> FAO: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación

La energía de la Biomasa proviene de un proceso de fotosíntesis, en la que el dióxido de carbono presente en la atmósfera es capturado y combinado con el hidrógeno presente en el agua para formar diferentes macromoléculas que en su gran mayoría está compuesta por Hidrógeno, Carbono y Oxígeno (Jara, 2009).

## **6.2. Clasificación de la Biomasa**

La biomasa tiene una diversa gama de clasificación, para efectos de este estudio se retoman las propuesta de (FOCER, 2002)<sup>5</sup>.

### **6.2.1. Biomasa Natural**

La biomasa natural procede directamente de la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana, ésta se conforma por los restos de hojas y ramas que se desprenden de los árboles de los bosques.

Los restos de las podas naturales de los árboles, los árboles derribados por el viento, así como también los conos o piñas de las coníferas; constituyen ejemplos de este tipo de biomasa. Por ser generada de forma natural, no implica ningún costo en su obtención, sin embargo, su proceso de recolección y transporte, es lo que económicamente la inviabiliza en un proyecto de generación de energía.

La biomasa natural se ha constituido desde hace muchos años, como la fuente principal de combustible para la mayoría de países subdesarrollados y en el caso de Guatemala, principalmente para las comunidades rurales, ya que, por su facilidad de recolección y su libre acceso, es preferida a otras fuentes de energía. Por lo tanto, la leña obtenida mediante recolección de los bosques naturales, es un ejemplo claro de biomasa natural (Pérez, Biomasa Natural, 2007).

---

<sup>5</sup> **FOCER:** Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central

## **6.2.2. Biomasa Residual Seca**

Se trata de todos los residuos que se obtienen de las diferentes actividades agrícolas y forestales y que en muchos casos se les ha considerado como desperdicio o basura, pero que tienen la característica especial, de que es utilizada para la generación de energía, tanto térmica como eléctrica, por medio de su combustión. Contraria a la biomasa natural, en este caso si hay intervención directa del hombre en su producción (Toscano, 2009).

### **3.2.2.1. Biomasa Residual Forestal**

Son considerables los residuos que se producen en las limpiezas de los bosques naturales que se realizan para evitar la propagación de incendios y para aumentar el rendimiento del bosque. Estos residuos deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo importante para la propagación de plagas y de incendios forestales.

Los residuos forestales (incluyendo los residuos de las industrias de la transformación primaria de la madera). Todas las actividades industriales del sector de la madera también generan residuos susceptibles de ser empleados como combustible. La fabricación de productos elaborados de madera que también generan diversos tipos de residuos que pueden ser utilizados como combustible (Toscano, 2009).

### **3.2.2.2. Biomasa Residual Agrícola**

Los residuos agrícolas comprenden todas las partes de los cultivos alimentarios o industriales que no son consumibles o comercializables. Constituyen una serie muy heterogénea de productos, con el denominador común de una gran dificultad de eliminación, por tener como ya se ha mencionado, en muchos casos un elevado potencial contaminante.

Se pueden considerar los restos de los cultivos tales como el maíz, trigo, fíjol, y arroz, entre otros, después de obtener el producto principal como lo es el grano; así como también los de sombras de café y cacao, y las podas de frutales (Toscano, 2009).

### **3.2.2.3. Residuos de Industrias Agroalimentarias o de Transformación de la Madera**

Los residuos de las industrias agroalimentarias corresponden a aquellos de naturaleza orgánica que son producidos por las industrias derivadas de la agricultura como azucareras, fábricas de cervezas, destilerías y la ganadería mediante mataderos y lecherías.

Además, se encuentran los restos de actividades agroalimentarias como lo son, la pulpa del beneficiado de café, el bagazo de la caña de azúcar y el aserrín en el caso de los aserraderos (Pérez, Biomasa Residual Seca, 2007).

### **6.2.3. Biomasa Residual Húmeda**

Se le denomina biomasa residual húmeda a todos aquellos flujos residuales de origen orgánico resultantes de la actividad humana o animal, los cuales se pueden dar en las ciudades, industrias e instalaciones agropecuarias.

También se puede citar a los desechos sólidos urbanos o basura orgánica que por su alto contenido de humedad son tratados mediante procesos biológicos. Si a los desechos sólidos urbanos, se les da un tratamiento previo de secado, pasan a formar parte del grupo de la biomasa residual seca.



La biomasa residual húmeda, por su alto contenido de materia orgánica puede llegar a considerarse contaminante; ya que en su proceso de descomposición generan metano (CH<sub>4</sub>) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

La contaminación que este tipo de biomasa produce no es debida solamente a la generación de esos compuestos indicados anteriormente, sino que, al momento de ser vertida a los ríos o lagos, los microorganismos que la descomponen, utilizan el oxígeno disuelto en los mismos afectando al resto del ecosistema acuático.

Además, por las altas concentraciones de Nitrógeno producto de la formación de metano, se puede dar un crecimiento elevado de algas, el cual contribuye también al consumo del oxígeno disuelto, causando la muerte de otros seres vivos (Pérez Irungaray, 2017).

### **6.2.3.1. Residuos Sólidos Urbanos**

Son materiales procedentes de un proceso de fabricación, transformación, utilización y consumo cuyo poseedor los destina al abandono. Su tratamiento y eliminación son un problema cada vez mayor, debido a su continuo crecimiento.

Tienen composición muy variable, aunque, en general, se puede afirmar que en un 50% están compuestos de materia orgánica y, por tanto, son susceptibles de ser aprovechados, bien energéticamente o bien en industrias de reciclado.

Los residuos sólidos urbanos utilizables, por las características del proceso del aprovechamiento, provienen de núcleos de población de más de 100.000 habitantes (Toscano, 2009).

### **6.2.3.2. Agua Residual Urbana**

Es decir, líquidos contaminados en su utilización con sustancias orgánicas o inorgánicas. Su tratamiento constituye una necesidad medio ambiental para evitar mayores contaminaciones en los cauces receptores de dichos líquidos. El fango obtenido en la depuración de las aguas residuales tiene un alto contenido en materia orgánica y, por tanto, puede ser utilizado como residuo energético (Toscano, 2009).

### **6.2.3.3. Residuos Ganaderos**

Los residuos ganaderos, como el estiércol, que ha pasado, en gran medida, a ser un residuo al ser sustituido por abonos sintéticos.

## **6.3. Propiedades Energéticas de la Biomasa**

Las fuentes y productos energéticos se pueden medir por su masa o peso, o incluso su volumen, pero el factor esencial es el contenido de energía de esas fuentes y productos. El valor de la energía se evalúa con respecto a parámetros energéticos, utilizando siempre unidades normalizadas.

La estandarización de los biocombustibles está regulada por el conjunto de normas europeas CEN/TE 335, por la que se regulan terminología, descripción y especificaciones.

La eficiencia de cada uno de los procesos posibles para la utilización de residuos forestales depende de ciertos parámetros característicos o propiedades clave que indican la aptitud de un combustible para un uso específico (FAO, 1997).

<b>Propiedad de la Biomasa</b>	<b>Requerimiento</b>
Humedad	1 – 1.4 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad	≤ 65% - 70%
Poder Calorífico	≥ 18,000 KJ/Kg
Cenizas	≤ 1.5 gr
S	≤ 0.08%
N	≤ 0.3 %
Cl	≤ 0.03 %

**Tabla 1 . Propiedades Energéticas de Biomasa Norma CEN/TE 335**

Las propiedades de la biomasa combustible como considera (Jara, 2009) son las más relevantes a la hora de definir la calidad de un combustible:

- Contenido de Humedad
- Poder Calorífico
- Tamaño de Partícula
- Densidad
- Porcentaje de Cenizas
- Impurezas
- Composición Química
- Combustibilidad

### **6.3.1. Contenido de Humedad**

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua presente en la biomasa, expresada como un porcentaje del peso. Para combustibles de biomasa, este es el factor más crítico, ya que determina la energía que se puede obtener por medio de la combustión. Cuando se quema la biomasa, primero se necesita

evaporar el agua, antes de que el calor esté disponible y, por eso, cuanto más alto sea el contenido de humedad, menos poder calorífico.

En los sistemas de combustión de la biomasa es muy importante el porcentaje de humedad del combustible a quemar, ya que un elevado porcentaje produce una reducción de la eficiencia general del sistema y tiene una serie de consecuencias a niveles técnicos, medioambientales y económicos. Esto es porque la humedad reduce la temperatura de combustión por debajo de la óptima y, por tanto, el combustible tiene una combustión incompleta (Hidalgo, 2016).

### **6.3.2. Poder Calorífico**

Esta es la característica fundamental que define a un combustible como tal. Altos poderes caloríficos indican buenos combustibles y bajos poderes caloríficos señalan combustibles más discretos.

Esta propiedad depende de la composición química y del contenido de humedad que posea el material al momento de ser quemado, así el poder calorífico aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad. Por cual, el aserrín es utilizado limitadamente como combustible en forma directa, debiendo ser presecado para proporcionar mayor rendimiento calórico (Kollmann, 1959).

El poder calorífico superior (PCS) llamado también calor de combustión superior, es el valor desprendido por un kilogramo de biomasa forestal, y su valor se mide en bomba calorimétrica. La combustión se realiza a volumen constante.

El poder calorífico inferior (PCI) es el calor desprendido por un kilogramo de combustible, en una combustión en la que el agua del combustible se libera en forma de vapor (Camps, 2008).

Debido a que los gases producidos durante la combustión al final se encuentran a temperaturas bastante bajas y a alta presión, la mayor parte del agua presente en los productos se condensa, por lo cual el poder calorífico que se determina con el uso de la bomba calorimétrica es el superior. De los métodos de determinación del poder calorífico superior se considera que el de mayor exactitud es el de la bomba calorimétrica. (Martín, 2001).

### **6.3.3. Tamaño de Partícula**

La mayor parte de la biomasa disponible está en un tamaño inadecuado para su procesamiento en calderas y debe ser triturada o astillada. La tecnología a utilizar en el procesamiento de la biomasa permitirá un mayor o menor control de la granulometría, pero puede tener un impacto relevante en los costos de procesamiento.

Los astilladores o cuchillos generan una astilla muy homogénea y con un muy bajo contenido de finos, sin embargo, su costo de mantención se incrementa considerablemente si la biomasa tiene un alto contenido de arena o piedras.

Para este tipo de biomasa se recomienda un triturador de martillos que molerá indiscriminadamente, pero generará un mayor contenido de finos, que en algunos casos puede limitar el uso del combustible. El tipo de materia prima utilizada puede influir en la homogeneidad de las partículas generadas (Jara, 2009).

### **6.3.4. Densidad**

Se define como el peso por unidad de volumen del material. El combustible con alta densidad aparente es más chico y más pesado por lo tanto necesita equipos pequeños y dura más tiempo en la combustión. Los materiales con baja densidad aparente requieren de espacios más grandes para su almacenamiento y son más difíciles para transportar, resultando en un costo más alto (Guerrero, 2017).

La densidad de la biomasa combustible es un parámetro fundamental, ya que ya que indirectamente mide el contenido neto de energía de la biomasa. Habitualmente se utiliza la Densidad Estéreo, como parámetro de medición, para medir el contenido de biomasa seca astillada o triturada por unidad de volumen (Jara, 2009).

### **6.3.5. Porcentaje de Cenizas**

Indica la cantidad de materia sólida que no es combustible por kilogramo de biomasa. Saber el porcentaje de ceniza generado y su composición es importante, ya que es una indicación de la eficiencia del proceso de combustión y en algunos casos se puede utilizar la ceniza

En general, el contenido de cenizas de la mayoría de las biomásas no supera el 5% en peso, sin embargo, durante el procesamiento y manejo se puede contaminar con arena o tierra, elevando considerablemente el contenido de cenizas y reduciendo la energía neta disponible.

La composición de la ceniza y el punto de fusión pueden generar problemas de depósitos en las calderas y reducir la disponibilidad del equipo por fallas en sus sistemas de limpieza (Guerrero, 2017).

### **6.3.6. Impurezas**

Las impurezas como metales, piedras, concreto, arena, etc. dificultan el manejo de la biomasa y en muchos casos reducen la producción por fallas en los equipos de astillado y transporte.

Las contaminaciones normalmente se producen durante los manejos en el origen de la cadena de distribución y requiere especial atención si la planta térmica no dispone de un buen sistema de clasificación y limpieza (Jara, 2009).

### 6.3.7. Composición Química

Determinan el tipo de combustible o subproductos energéticos que se generan. Todos los materiales de la biomasa se dividen en tres partes; orgánica, inorgánica y agua.

En el proceso de la combustión se quema sólo lo orgánico, mientras lo inorgánico influye en el procedimiento de la combustión y se transforma en ceniza o desperdicio sólido. Los elementos químicos más importantes son el Carbono (C), Hidrogeno (H), Nitrógeno (N), Azufre (S), Cloro (Cl) y Oxígeno (O).

### 6.3.8. Combustibilidad

La combustibilidad, es uno de los parámetros más influyentes en el proceso de combustión de la biomasa. Se define como el coeficiente de conductividad térmica ya que tienen en cuenta las temperaturas y tiempos de inicio de combustión e inflamación. El coeficiente de Conductividad Térmica, mide la capacidad de una materia para conducir el calor. Depende de la temperatura a la que se encuentre el material (Herguedas & Taranco, 2012).

En relación a la combustión, se tienen en cuenta:

- **Tiempo de Combustión:** Indica el tiempo que tarda un elemento en entrar en combustión cuando se introduce en un horno, y depende de la temperatura.
- **La temperatura de Combustión:** Es aquella a la que un determinado material comienza a arder. Su valor depende de la naturaleza de la leña y es independiente de la temperatura del horno.

- **La Inflamabilidad:** Está determinada por el tiempo y la temperatura de inflamación. El tiempo de inflamación es el tiempo que tarda un determinado material para generar llamas. Depende de la temperatura del horno.
- **La Temperatura de Inflamación:** Es aquella temperatura mínima y necesaria para que se produzcan llamas en la combustión del combustible y depende de la temperatura del horno.
- **El Tiempo de Llama:** Es aquel durante el cual, una muestra de biomasa está emitiendo llama en condiciones de temperatura constantes. Este tiempo es mayor que el de combustión o el de inflamación. Depende del coeficiente de conductividad térmica, de la relación combustible/comburente y de la temperatura del horno.

#### **6.4. Biomasa Forestal**

La biomasa forestal, según (Gómez & Vergara, 2014) se define como la materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal, tanto por encima como por debajo del suelo.

La biomasa forestal es un recurso de proximidad, natural y renovable. Su aprovechamiento para la producción de calor, además de disminuir los costes energéticos y el riesgo de incendios forestales, puede ser una oportunidad de negocio para propietarios y empresas de servicios forestales, convirtiéndose en un motor de creación de empleo y desarrollo rural (Silva, 2012).

Los productos y residuos biodegradables procedentes de la vegetación de las áreas boscosas son considerados biomasa forestal. Su aprovechamiento tiene un gran potencial tanto para la obtención de energía limpia como para un simultáneo cuidado de los ecosistemas (Isan, 2013).



La biomasa forestal ha sido objeto de tratamiento desde la antigüedad, ya fuese, entre otros, como elemento de construcción o como materia para la obtención de calor, sirviendo Al día de hoy, estas características no han cambiado, si bien es cierto que ha surgido nuevas tecnificaciones que permiten un aprovechamiento mucho mayor a la vez que más rentable.

De esta forma nos encontramos con la posibilidad de emplear no sólo los troncos más desarrollados, sino las partes menos productivas como son las ramas de pequeño tamaño o incluso la corteza para fabricar tableros de múltiples variedades y usos, como los que se les da para la labor de construir o la fabricación de muebles.

De la misma forma se ha potenciado en los últimos años la utilización de estos mismos restos de podas y clareos en la producción de una energía de connotaciones medioambientales positivas, tanto para la producción de calor como de luz (Montero, Sánchez, & Ruiz, 2010).

## **6.5. Residuos Forestales**

Los residuos forestales son aquellos que se producen como consecuencia de actividades forestales principalmente destinadas al aprovechamiento de la madera y a prevenir plagas o incendios. Los residuos forestales, pueden proceder por una parte del mantenimiento y mejora de las montañas y masas forestales, cuando se hacen podas, limpiezas y por otra de los residuos resultantes de cortar los troncos de los árboles para hacer productos de madera (Ochoa, 2014).

Los residuos forestales pueden ser procedentes de:

- Poda de Árboles
- Industrias Forestales
- Explotaciones Forestales
- Aserraderos e Industrias de Muebles

- Residuos de la Limpieza de Montes

Estos residuos forestales han sido, durante varios siglos, la fuente energética más importante para uso doméstico y posteriormente, industrial. El bajo precio y la comodidad de manejo de otras fuentes de energía han ido transformando esta fuente de energía en residuos forestales (Cuadros, 2008).

El aprovechamiento de los residuos forestales, se hace crucial ya que su extracción supone la forma más efectiva en la prevención del inicio y propagación de los incendios forestales, que tantos estragos ocasiona en las economías locales de las áreas afectadas. Además, se crea empleo en aquellas zonas y se rentabilizan las labores forestales (Agenex, 2013)<sup>6</sup>.

## **6.6. Beneficios de la Biomasa**

### **6.6.1. Beneficios Ambientales**

Si normalmente a los sistemas de producción de energías renovables se les otorga un beneficio claro, la disminución de la carga contaminante provocada por los combustibles fósiles, en el caso de la biomasa existen otros beneficios como propiciar el desarrollo rural y proporcionar el tratamiento adecuado de residuos, en algunos casos contaminantes, o gestionar los residuos procedentes de podas y limpiezas de bosques limitando la propagación de incendios.

El aprovechamiento de la masa forestal residual como combustible para calderas de biomasa es una de las soluciones para facilitar el saneamiento de los bosques. En este último caso podrían incluirse los rastrojos y podas agrícolas, cuya quema tradicional en el campo conlleva un riesgo añadido de incendios, y que pueden encontrar un nuevo mercado en la producción de energía.

---

<sup>6</sup> **AGENEX:** Agencia Extremeña de la Energía

Otro aspecto a tener en cuenta es la posible reforestación de tierras agrícolas o desforestadas con cultivos energéticos, herbáceos o leñosos, con destino a la producción de biomasa, que aumentarían la retención de agua y la disminución de la degradación y erosión del suelo (IDAE, 2007).

### **6.6.2. Beneficios Socio Económicos**

El fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales, sobre la base de un mercado con una demanda continua y sin fluctuaciones, que genera puestos de trabajo estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales.

Por otro lado, la contribución a una menor dependencia externa en el suministro de combustibles, es una de los beneficios más sobresalientes de la energía procedente de la biomasa.

Tanto el uso de biomasa en calefacciones de viviendas unifamiliares, como en calefacciones centralizadas de edificios o en redes de calefacción centralizadas son alternativas viables al consumo de gas natural y otros combustibles fósiles (IDAE, 2007).

## **CAPÍTULO VII. HIPÓTESIS**

El aprovechamiento de las especies forestales en la comunidad El Pastoreo, para ser utilizadas como combustible doméstico, podría depender de sus propiedades energéticas (humedad, materia volátil, densidad y poder calorífico).

## **CAPÍTULO VIII. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **8.1. Tipo de Estudio**

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es Cuasi-Experimental (Pacheco, 1993) y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura, 2006)

De acuerdo a la clasificación de (Hernández, Baptista, & Fernández, 2014), el tipo de estudio es Correlacional y debido al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es Prospectivo.

Por el período y secuencia del estudio es Transversal y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es Analítico y Predictivo (Pineda, Alvarado, & Canales, 1994).

En cuanto al enfoque filosófico, por el uso de los instrumentos de recolección de la información, análisis y vinculación de datos, el presente estudio se fundamenta en la integración sistémica de los métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas de investigación, por tanto, se realiza mediante un enfoque mixto de investigación (Hernández, Baptista, & Fernández, 2014).

## 8.2. Área de Estudio

La comunidad El Pastoreo, se ubica en la micro cuenca Río Jocote Pando, dentro del área de amortiguamiento de la Reserva Natural Tisey - Estanzuela declarada área protegida, bajo el Decreto N° 42-91 publicada en la Gaceta N° 207 del 4 de noviembre de 1991.

La comunidad se localiza al sur oeste del municipio de Estelí a una distancia de 4 km, entre las coordenadas 57°70'41" Norte y 14°43'20.7" Oeste, con una extensión de 2,514.90 hectáreas y una densidad poblacional de 0.006 hab/km<sup>2</sup> representando el 1.88 % de la sub cuenca.

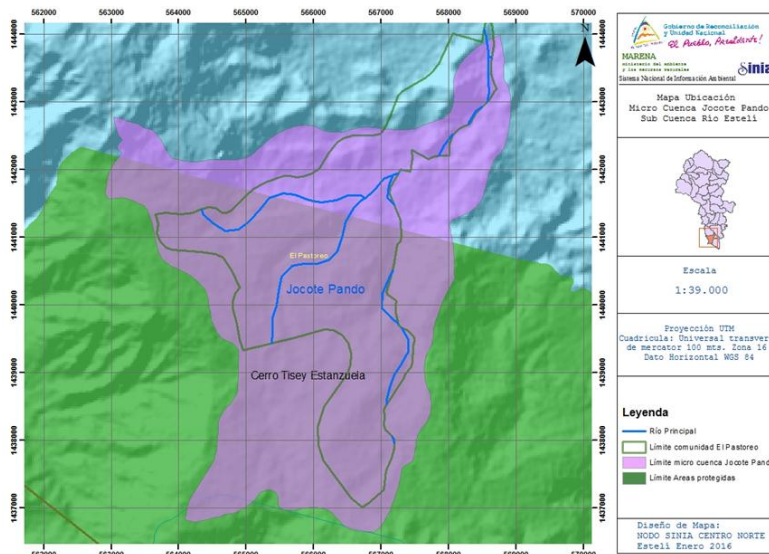


Figura 1. Mapa de Ubicación de la Comunidad El Pastoreo.

Los límites establecidos son al norte con la comunidad Paso Ancho, al sur con la comunidad Potrero Grande, al este con la comunidad el Limón NORTE y al oeste con la comunidad Agua fría.

En la comunidad se registran precipitaciones promedio anuales de 900 mm, temperaturas anuales variables que oscilan entre los 33°C y la temperatura media anual de 21.5 °C.

La comunidad El Pastoreo tiene acceso con un camino en regular estado, debido a que no hay servicio de transporte colectivo. Cuenta con un 46 % de casas con servicio de agua potable y el resto de casas se abastece de puestos públicos (MARENA, 2012)<sup>7</sup>.

### **8.3. Área de Conocimiento**

El área de estudio a la que pertenece el tema de la presente investigación es Energías Renovables y responde a la Línea de Investigación N° III Biomasa, dentro del CIER<sup>8</sup>.

### **8.4. Universo y Muestra**

El universo de este estudio lo constituyen 22 especies forestales de la comunidad El Pastoreo, utilizadas en las actividades diarias de la comunidad.

La población objeto de estudio, está definida por todos los individuos que pertenecen a la comunidad El Pastoreo, los cuales usan o han usado estas especies forestales para la cocción de alimentos.

La muestra cuenta con doce tratamientos, los cuales se sometieron a pruebas y análisis en un laboratorio para determinar su Poder Calorífico, Porcentaje de Humedad y Materia Volátil.

Para la selección de la muestra se tomó como criterio los resultados de la encuesta aplicada, lo que permitió identificar las especies comúnmente más utilizadas por la población y las especies más demandadas en la comunidad para la preparación de los alimentos.

---

<sup>7</sup> **MARENA:** Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

<sup>8</sup> **CIER:** Centro de Investigación de Energías Renovables

Para el tamaño de la muestra, se utilizaron 454 gramos de residuos astillados de tallos, hojas y cascaras de árboles, que fueron recolectados en la comunidad El Pastoreo.

## 8.5. Cálculo de la Muestra

El cálculo de la muestra se delimitó de forma representativa a la población a ser encuestada en la comunidad, donde se realizó el estudio de referencia. El nivel del estudio para la población y muestra, fue igual al resultado obtenido aplicando la ecuación de la población finita, la cual permitió determinar el número de personas entrevistadas.

<b>Variab</b> les	<b>Parámetros</b>	<b>Datos</b>
<b>N</b>	Población o Universo.	60
<b>P</b>	Estimación Proporcional de la Población.	0.5
<b>Q</b>	Diferencia de la estimación proporcional de la población.	0.5
<b>E</b>	Margen de Error.	5%
<b>NC</b>	Nivel de Confianza.	95%
<b>Z</b>	Valor Estadístico.	1.96

Debido a que las encuestas del estudio están dirigidas a las mujeres de la comunidad, por ser las usuarias directas del recurso forestal, ya que se les ha impuesto el rol de las labores domésticas; se determinó la cantidad de familias, por medio de la población total equivalente a 480 habitantes de la comunidad, realizando un estimado de 5 miembros por hogar, para un total de 96 familias.

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{(N - 1) * e^2 * Z^2 * P * Q}$$



$$n = \frac{(60) * (1.96^2) * 0.5 * 0.5}{(60 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{57.624}{1.1079}$$

$$n = 52$$

El tipo de muestreo es aleatorio, debido a que todas las especies forestales utilizadas en la comunidad El Pastoreo, tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas para el estudio.

## 8.6. Operacionalización de Variables

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Sub Variables	Variable Operativa	Escala de Medición	Técnica De Recolección
Identificar las especies forestales utilizadas como combustible para la preparación de alimentos de la comunidad El Pastoreo.	Recursos Forestales de la Comunidad El Pastoreo.	Especies Forestales.	Tipo de Especies Forestales.	Cuantitativa	Encuesta.
Establecer la relación causa - efecto entre el potencial energético de las especies forestales y la cantidad de combustible para preparar los alimentos.	Potencial Energético de la Biomasa.	Parámetros de Potencial Energético.	Humedad.	Cuantitativa.	Formato de Registro de Datos.
			Materia Volátil.		
			Cenizas.		
			Poder Calorífico.		
			Densidad.		
Combustibilidad.					
Proponer alternativas sostenibles para el uso eficiente de los recursos forestales de la comunidad El Pastoreo.	Alternativas Sostenible para el uso eficiente de los Recursos Forestales.	Recomendaciones para el uso sostenible de los Recursos Forestales.	Propuesta para el uso de los Recursos Forestales de la comunidad el Pastoreo.	Cualitativa.	Entrevista.

## **8.7. Métodos, Técnicas e Instrumentos para la recolección de Datos e Información**

Los métodos, técnicas e instrumentos utilizados para recoger, validar y analizar la información necesaria para lograr los objetivos de la investigación se fundamentan en:

### **8.7.1. Cuantitativo**

- **Encuesta:** La encuesta fue la herramienta utilizada para recolectar información sobre las especies utilizadas como combustible, así como las especies con mayor demanda en la comunidad.
- **Formato de Registro de Datos:** Por medio de formatos físicos y digitales se recolectaron los datos de cada uno de los parámetros a medir para cada muestra de especies forestales.

### **8.7.2. Cualitativo**

- **Entrevista:** La entrevista se implementó con el fin de recopilar la diversidad de perspectivas, visiones y opiniones de la población de la comunidad El Pastoreo, para construir una visión compartida con los habitantes y líderes comunitarios sobre el uso y manejo de los recursos forestales.

## 8.8. Procedimientos para la recolección de Datos e Información

**OE1: Identificar las especies forestales utilizadas como combustible para la preparación de alimentos de la comunidad El Pastoreo.**

En esta etapa, se visitó la comunidad El Pastoreo para realizar encuestas a mujeres dedicadas a labores domésticas y demás individuos que utilizan este recurso como materia prima; con el fin de recopilar información y datos sobre los recursos forestales disponibles, el uso que hacen de estos y las especies de árboles más utilizadas como combustible para cocinar.



**Figura 2. Encuestas en comunidad El Pastoreo.**

Mediante la información recopilada en las encuestas, se identificaron las especies forestales a utilizar para la preparación de las muestras y se llevó a cabo la recolección de residuos de árboles como tallos, hojas y cáscaras, las cuales fueron analizadas para determinar su potencial energético.

**OE2: Establecer la relación causa - efecto entre el potencial energético de las especies forestales y la cantidad de combustible para preparar los alimentos.**

En esta etapa, se realizaron pruebas y análisis a las muestras recolectadas en la comunidad El Pastoreo, en un laboratorio para determinar su potencial energético mediante parámetros como Humedad, Materia Volátil y Poder Calorífico, que nos indicarán las especies forestales más eficientes para ser utilizadas como combustible doméstico.

- **Preparación de las Muestras**

Para llevar a cabo cada una de las pruebas, se realizó la preparación de las muestras según lo requería cada tipo de análisis.

Para la preparación de la muestra utilizadas en las pruebas de poder calorífico, se recolectaron residuos las especies forestales obtenidas (Roble y Guácimo) como tallos, cáscaras y hojas los cuales fueron almacenados en bolsas con etiquetas.

Una vez recolectados, se procedió a astillar los tallos separadamente en un aserradero y a moler las cáscaras con las hojas secas en un recipiente para luego mezclarlos y de esta manera obtener una muestra homogénea compuesta de tallos, cáscaras y hojas para cada tipo de especie.

En cambio, para las muestras utilizadas en las pruebas de Humedad, Materia Volátil, Cenizas y Densidad, se recolectaron únicamente los tallos de las distintas especies.



**Figura 3. Recolección de Tallos, Cáscaras y Hojas recolectadas.**



**Figura 4. Aserrado de Residuos de Tallos.**



**Figura 5. Preparación de Mezcla Homogénea.**

- **Contenido de Humedad**

Las muestras recolectadas fueron evaluadas en el Laboratorio de Energías Renovables de la Facultad, donde se determinó el contenido de humedad, mediante el método de deshidratación de la Norma ASTM D-1442-92.

Una vez preparadas las muestras, se pesaron cada una de las muestras, las cuales se introdujeron a un horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas.

Luego se enfriaron a temperatura ambiente y posteriormente se aplicó el proceso de pesado en la balanza analítica para conocer el porcentaje de humedad y masa seca respectivamente.

El porcentaje de humedad, se determinó mediante la Ecuación N° 1.

$$M_b = M_h + M_s$$

Donde,  $M_b$  es la masa bruta o total,  $M_h$  la masa húmeda y  $M_s$  masa seca. El secado a 105 °C durante 24 horas se realiza para asegurar la evaporación del agua contenida en el material.

**Para Masa Seca:**  $M_{rs} \% = \frac{M_s}{M_b} * 100\%$



**Figura 6. Balanza Analítica.**



**Figura 7. Horno para Secado de Muestras a 105 °C.**

**Para Masa Húmeda:**  $M_{rh}\% = \frac{Mh}{Mb} * 100\%$

Para determinar los porcentajes contenidos de masa húmeda, que se pierde por evaporación tras el secado y de masa seca, se utilizaron las ecuaciones anteriores.

- **Determinación de Materia Volátil**

Después de introducir las muestras al horno, se introdujeron nuevamente 100 gramos en crisoles de porcelana dentro de un horno a una temperatura de 550 °C, por 6 horas.

Una vez frías, se procedió a la extracción de las muestras para volverlas a pesar y determinar el contenido de materia volátil y porcentaje de cenizas. Durante la gasificación de la materia las cenizas quedan, y los sólidos volátiles se escapan en forma de gas.



**Figura 8. Muestras en Crisoles en Horno a 550 ° C.**

Una vez finalizada la combustión del material se procederá a medir la masa de la ceniza. La diferencia a la masa seca menos la de cenizas es la masa de sólidos volátiles

$$M_{mv} = M_s - M_c$$

Donde,  $M_{mv}$  es la masa de materia volátil,  $M_s$  la masa seca y  $M_c$  la masa de las cenizas. Una vez encontrado el contenido de la masa, se calculan los



**Figura 9. Pesado de Cenizas**



porcentajes para los sólidos volátiles y las cenizas en base seca por medio de las ecuaciones:

**Para Materia Volátil:**  $M_{rmv}\% = \frac{M_{mv}}{M_s} * 100\%$

**Para Porcentaje de Cenizas:**  $M_{rc}\% = \frac{M_c}{M_s} * 100\%$

- **Determinación Poder Calorífico**

Las muestras preparadas en una mezcla homogénea anteriormente, fueron llevadas a un Laboratorio, donde se sometieron a un proceso de secado dentro de un desecador, hasta obtener un contenido de humedad del 0%, para realizar una serie de pruebas en un Laboratorio, por medio de una bomba calorimétrica o calorímetro, la cual consiste en un dispositivo utilizado para estimar el poder calorífico de un combustible, cuando éste se quema a volumen constante.



**Figura 10. Muestras en Desecadores.**

Para realizar los análisis de poder calorífico se utilizó ½ gramo de cada una de las muestras, las cuales son compactadas en una prensa para luego introducirlas en una pastilla que se arma dentro de la camisa de la bomba.



**Figura 11. Compactación de ½ Gramo de Muestra.**

El proceso consiste en colocar la muestra



dentro de la bomba, para suministrar oxígeno proveniente de un cilindro regulado a 20 PSI, e iniciar la combustión de la muestra por medio de ignición, mediante un conductor eléctrico o resistencia en corto circuito.

Con el fin de absorber el calor liberado, la bomba se sumerge en una camisa de agua. El sistema está aislado térmicamente para evitar pérdidas de calor.

El calor liberado se mide teniendo en cuenta la diferencia de temperaturas del agua del calorímetro, la masa del combustible y la masa de la bomba calorimétrica aplicando algunos factores de corrección.

Una vez realizadas las pruebas en la bomba calorimétrica, se determinó el potencial energético aplicando algunos factores de corrección, por medio de una hoja de cálculo en Excel.

- **Densidad**

Para determinar la densidad de cada una de las especies forestales, se utilizaron 10 Gramos de masa seca los cuales fueron introducidos a un horno a 102 °C por 24 horas.

Una vez pesado los gramos, se procedió a introducir cada muestra de especies forestales dentro de una probeta con un contenido de 250 ml. Mediante el desplazamiento del agua en la probeta, se determinó



**Figura 12. Armado de conductor en camisa de bomba.**



**Figura 13. Bomba Calorimétrica.**



**Figura 14. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.**

el volumen de las muestras.

La Densidad se calculó mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde  $\rho$ , es la densidad ( $\text{gr}/\text{m}^3$ ),  $m$  la masa ( $\text{gr}$ ) y  $v$  volumen ( $\text{m}^3$ ).

- **Combustibilidad**

Se realizó una prueba de cocción, con cada una de las especies forestales evaluadas, con el fin de determinar su rendimiento como combustible, a través de parámetros como tiempo de cocción y cantidad de combustible consumido.

Para la realización del test, se utilizaron 1,000 ml de Agua y 1,114 gr de masa seca de cada una de las especies forestales, hasta llegar al punto de ebullición. Las cantidades de agua utilizadas en el método de cocinado, se repitió en cada una de las pruebas con las diferentes muestras.

De esa manera, se obtuvo el consumo específico de combustible, que indica cuántos gramos de combustible han sido necesarios para hervir el agua, así como el tiempo de cocción. Para obtener datos más exactos, se realizó la prueba haciendo uso del fogón tradicional, ya que es el tipo de



**Figura 15. Pesado de 1,114 gramos de Leña para Prueba de Cocción.**



**Figura 16. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.**



**Figura 17. Cronometrado de Tiempo de Combustión.**

cocina mayormente utilizado en la comunidad El Pastoreo.

**OE3: Proponer alternativas sostenibles para el uso eficiente de los recursos forestales de la comunidad El Pastoreo.**

Mediante una visita a la comunidad, se realizaron entrevistas a los líderes comunitarios, con el objetivo de recoger la diversidad de perspectivas, visiones y opiniones, las cuales permitieron conocer a profundidad la situación de la comunidad con respecto al uso y manejo de los recursos forestales

De esta manera, se propusieron medidas sostenibles a los habitantes de la comunidad, principalmente a las amas de casas, para el uso racional de éstos recursos mediante la utilización de la biomasa como la principal fuente de combustible para la cocción de los alimentos.



**Figura 18. Recolección de Leña por habitantes**

## 8.9. Plan de Tabulación y Análisis Estadístico

A partir de los datos que fueron recolectados a través de la encuesta, se diseñó la base de datos correspondientes, utilizando el software estadístico SPSS. Una vez los datos fueron registrados, se realizaron los análisis estadísticos pertinentes.

Mediante la interfaz, se realizó un análisis descriptivo y de frecuencia para analizar la diferencia entre los valores obtenidos en los parámetros evaluados en cada una de las especies forestales.

Para determinar la diferencia entre medias de estos parámetros, se aplicó el rango múltiple de Tukey, con un nivel de confianza de 95%. El modelo establecido es denotando mediante la fórmula:

$$Y_i = \mu + \beta_i * x_i + e_i$$

Donde  $Y_i$ , es la observación de porcentaje de Poder Calorífico,  $\mu$  es la media de observaciones,  $\beta_i$  el efecto de la especie y  $e_i$  el error.

Un segundo análisis estadístico aplicado, consistió en un análisis de correlación de Pearson para determinar el grado de significancia entre Humedad, Densidad y Poder Calorífico de cada una de las especies forestales con respecto al el tiempo de cocción y consumo de combustible.

## CAPÍTULO IX. RESULTADOS

**ROE1:** Identificar las especies forestales utilizadas como combustible para la preparación de alimentos de la comunidad El Pastoreo.

Mediante la encuesta a líderes comunitarios, mujeres dedicadas a labores domésticas y demás individuos, se recopiló la información sobre el uso y manejo de los recursos forestales disponibles en la comunidad El Pastoreo. De esta manera se obtuvieron las especies forestales comúnmente utilizadas como combustible para la preparación de los alimentos.

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Quebracho	Schinopsis Lorentzii
Madero Negro	Gliricidia Sepium
Eucalipto	Eucalyptus
Guanacaste	Enterolobium Cyclocarpum
Carbón	Carbon Lignis
Amarguito	Tecoma Stans
Chilamate	Ficus Insipida
Cuaginiquil	Inga Spuria
Jiñocuabo	Bursera Simaruba
Miligüiste	Caesalpinia Velutina
Roble	Quercus Robur
Guácimo	Guazuma Ulmifolia

**Tabla 2 . . Especies Forestales de la comunidad El Pastoreo.**

En base a los resultados obtenidos, se elaboró una base de datos en el software estadístico IBM SPSS. De esta manera a través de un análisis de frecuencia se obtuvo que las especies forestales con mayor utilización en la comunidad El Pastoreo son el Carbón y Guácimo.

Esto se debe a que estas especies, son las más abundantes dentro del área de la Reserva Natural El Tisey, a la cual pertenece la comunidad, por lo tanto, son las más comúnmente utilizadas como combustible.



Gráfico 1

Forestales utilizadas en la comunidad El Pastoreo.

.Especies

A través de los análisis estadísticos, se realizó la selección de la muestra. En este caso se utilizó únicamente el Guácimo para realizar los análisis de Poder Calorífico, ya que es una especie que ha sido muy poco estudiada y analizada. A diferencia de esto, el carbón vegetal ha sido utilizado en estudios que han demostrado que como combustible es altamente eficiente tanto por su alto contenido de poder calorífico como densidad.

Para la selección de la segunda muestra para el análisis de Poder Calorífico, se utilizó los resultados estadísticos de la pregunta: ¿Qué otro tipo de especies forestales le gustaría utilizar para cocinar? De esta manera se obtuvieron los tipos de especies menos frecuentes en la comunidad, pero mayormente demandadas por la población.

¿Qué otro tipo de especies forestales le gustaría utilizar para cocinar?

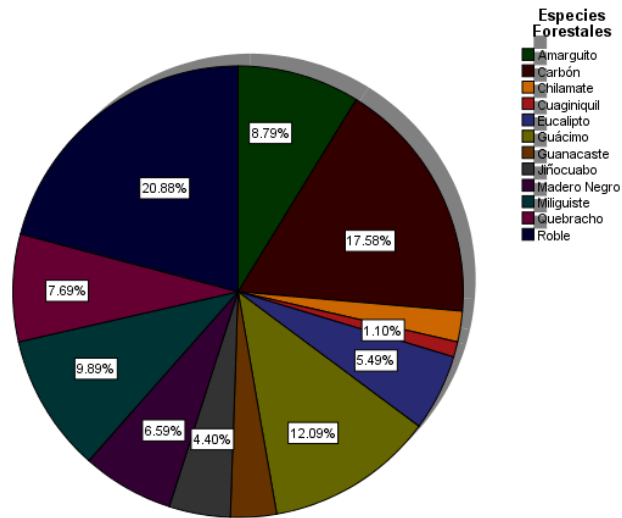
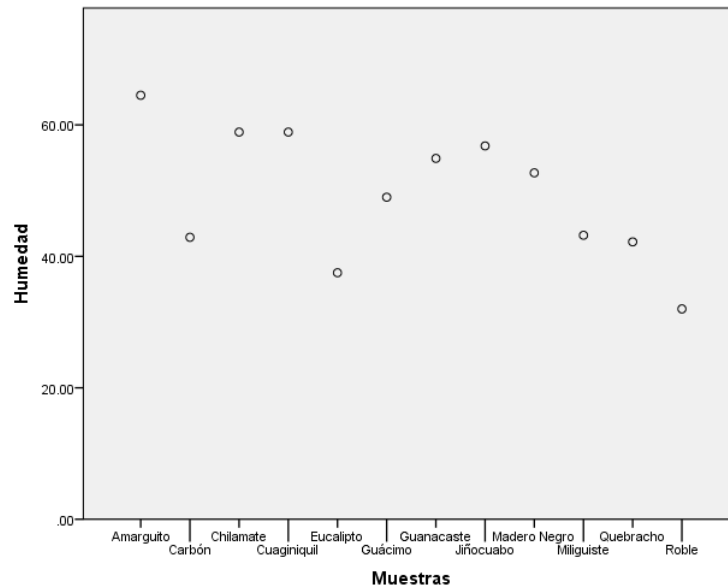


Gráfico 2 .Especies Forestales con mayor demanda en la comunidad El Pastoreo.

La especie forestal mayormente demandada es el Roble, ya que según expresó la población es una de las más eficientes como combustible. Sin embargo, es una madera preciosa, protegida y poco común en la comunidad.

**ROE2:** Establecer la relación causa - efecto entre el potencial energético de las especies forestales y la cantidad de combustible para preparar los alimentos.

- **Contenido de Humedad**



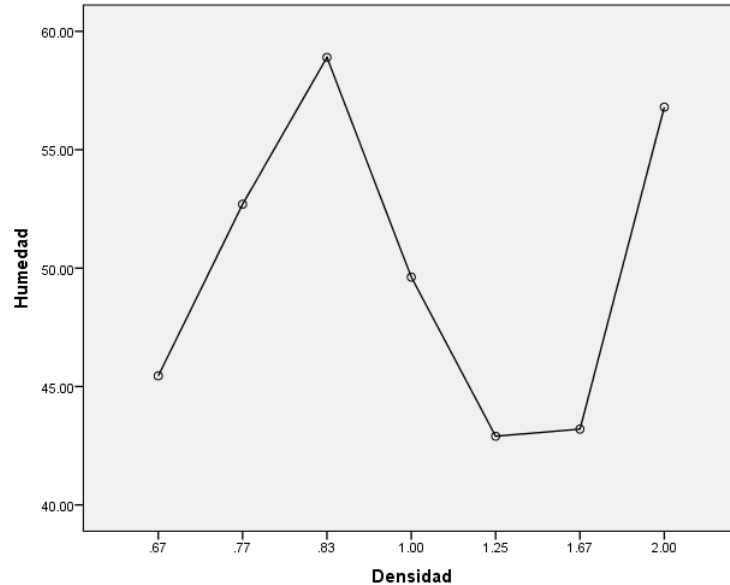
**Gráfico 3. Humedad de las Muestras**

El Gráfico N° 3, muestra los niveles de humedad obtenidos de cada una de las pruebas a las muestras, los cuales oscilan en un rango entre 42% a 64%. Algunas especies forestales como Amarguito, Chilamate, Cuaginiquil y Guanacaste presentaron niveles de humedad mayores al 50%. En cambio, otras especies como el Carbón, Roble y Eucalipto mostraron contenido de humedad relativamente bajo.

Cabe señalar que, para obtener resultados más exactos, las muestras utilizadas para los análisis fueron extraídas en verano, debido a que el contenido de humedad es un parámetro que varía con el clima y las diferentes estaciones del año.



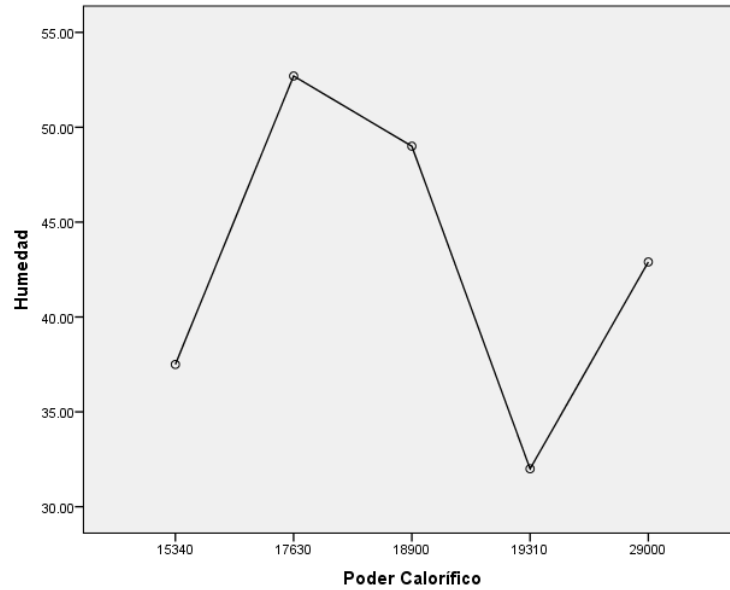
Los resultados obtenidos en las pruebas fueron de gran importancia, ya que según la Norma DIN 52182, el contenido de humedad máximo que puede tener la madera para quemar es de alrededor de 65% a 70%.



**Gráfico 4 . Humedad - Densidad de las Muestras**

El análisis demostró mediante el Gráfico N° 4, que las especies forestales más densas como el Jiñocuabo y Miligüiste, presentaron un alto contenido de humedad. A diferencia de las menos densas como el Roble y Carbón que obtuvieron un resultado menor.

Esto indica que la humedad es un parámetro indispensable de conocer, ya que el contenido de humedad puede variar considerablemente el volumen y masa, provocando el aumento o disminución de la densidad en la madera.



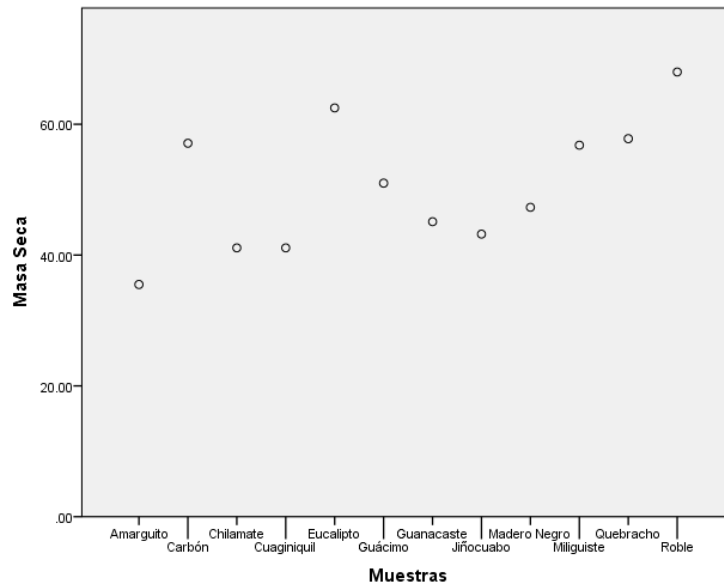
**Gráfico 5. Humedad – Poder Calorífico de las Muestras**

Mediante el Gráfico N° 5, se muestra la relación entre el contenido de humedad con el poder calorífico. Las especies forestales con menor humedad como el Roble y Carbón, presentaron un contenido de energía mayor. A diferencia, de otras especies con mayor contenido de humedad en la madera como Eucalipto, Madero Negro y Guácimo, las cuales tuvieron una concentración de poder calorífico inferior.

Esto demuestra que la cantidad de agua presente en la madera, afecta significativamente su propiedad calorífica, ya que se requiere de energía para disminuir el contenido de humedad y acondicionarla para que funcione como combustible.

- **Masa Seca, Materia Volátil y Cenizas**

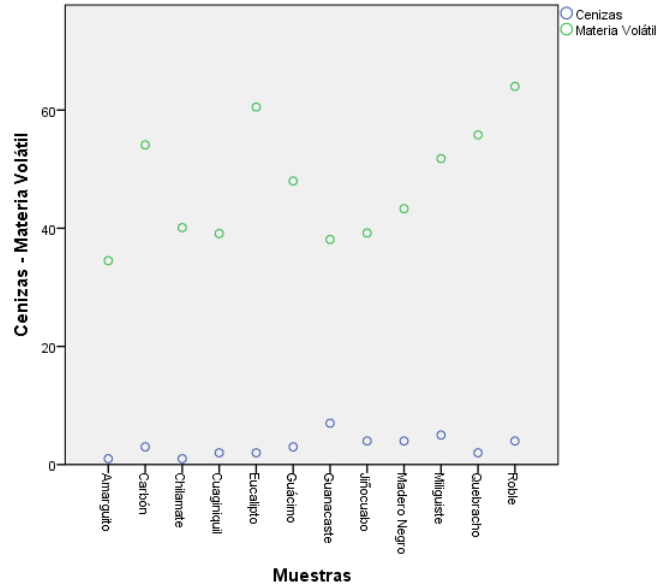
De igual manera, se analizaron los resultados de masa seca de cada una de las muestras sometidas al proceso de secado a horno. Esto es un indicador importante, ya que las especies con mayor contenido de masa seca como el Carbón y Roble, son comúnmente utilizadas por ser consideradas más eficientes en el proceso de combustión.



**Gráfico 6. Masa Seca de las Muestras**

Los resultados de Materia Volátil y Cenizas de las muestras, obtenidos del proceso de combustión a 550 °C, fueron analizados mediante método de frecuencia para comparar la media de los valores en cada una de las especies forestales, como se muestra en el gráfico de dispersión.

En cuanto a Materia Volátil especies como Chilamate, Eucalipto y Amarguito presentaron mayor gasificación de la materia durante las pruebas de combustión en el horno. En general todas las especies evaluadas obtuvieron rangos altos de contenido volátil entre un 84% y 97%.

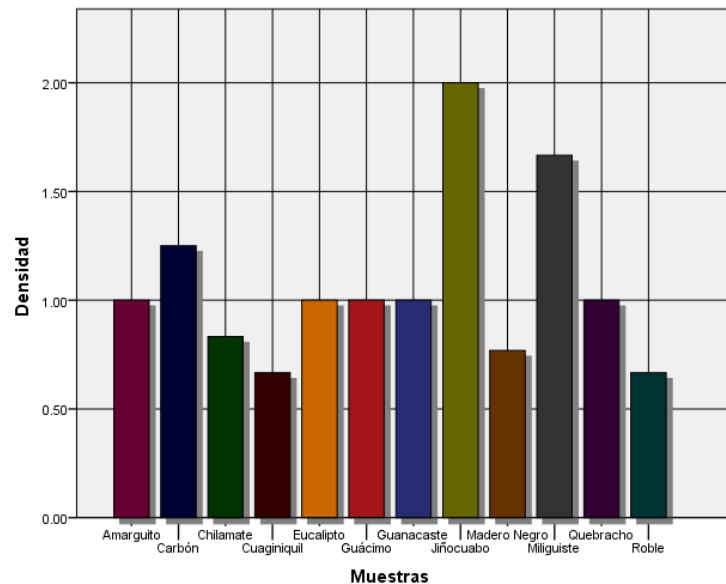


**Gráfico 7. Materia Volátil y Cenizas de las Muestras**

La Gráfica N° 7, indica la relación entre el contenido de materia volátil y cenizas de cada una de las muestras. En relación, a uso energético según la Norma DIN 52182, la cantidad de cenizas deber ser  $\leq 1.5$  gr. Las especies forestales obtenidas dentro de este rango fueron Amarguito y Chilamate. Sin embargo, otras especies como Quebracho, Carbón y Guácimo, obtuvieron valores cercanos al nivel estándar.

- **Densidad**

En la Gráfica N° 8, se muestra el análisis de densidad de cada una de las especies forestales, siendo el Jiñocuabo ( $2 \text{ g/cm}^3$ ), Miligüiste ( $1.67 \text{ g/cm}^3$ ) y el Carbón ( $1.25 \text{ g/cm}^3$ ) las más densas. En cambio, otras especies forestales como Chilamate ( $0.83 \text{ g/cm}^3$ ), Madero Negro ( $0.77 \text{ g/cm}^3$ ) y Roble ( $0.67 \text{ g/cm}^3$ ), presentaron menor concentración de densidad en la madera.



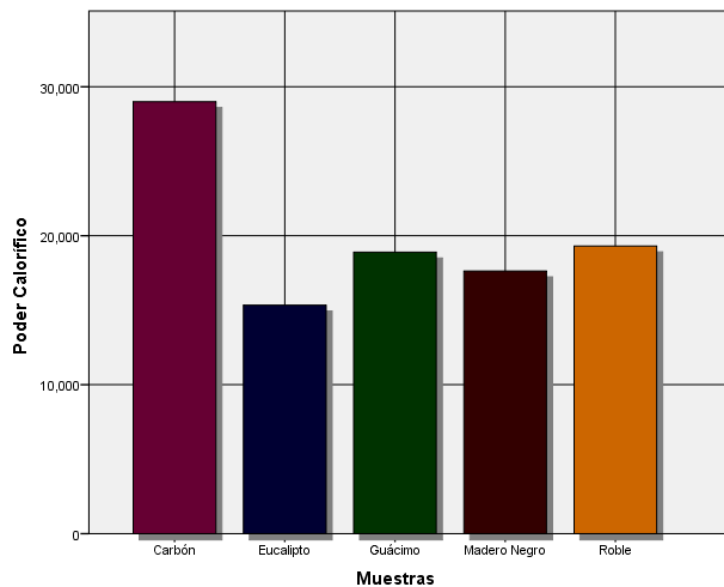
**Gráfico 8. Densidad de las Muestras**

Los valores promedio obtenidos en las pruebas permiten clasificar las especies forestales como de densidades bajas, media y altas. Según la Norma DIN 5218, el contenido de densidad en la madera debe mantenerse en un rango entre  $1 \text{ g/cm}^3$  y  $1.4 \text{ g/cm}^3$  para su uso como biocombustible.

Es por ello, que únicamente las especies forestales con valores de densidad media son consideradas eficientes en el proceso de combustión. Esto se debe a que el uso de maderas con densidades bajas, implica una quema rápida y una menor producción de energía por unidad de volumen. Además, las maderas con alta densidad implican dificultad para iniciar la combustión del material.

- **Poder Calorífico**

En la Gráfica N° 9, se muestran los poderes caloríficos de cada una de las muestras, siendo el Carbón la especie con el máximo poder calorífico equivalente a 29,000 KJ/Kg. Otras especies como Roble (19,310 KJ/Kg) y Guácimo (18,900 KJ/Kg) presentaron valores promedios. A diferencia de esto Eucalipto (15,340 KJ/Kg) y Madero Negro (17,630 KJ/Kg), obtuvieron los valores menores de poder calorífico.

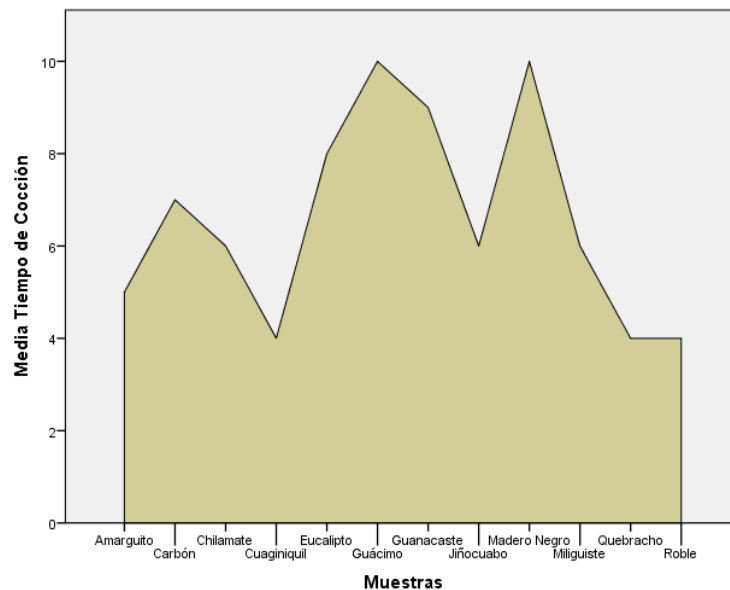


**Gráfico 9 . Poder Calorífico de Muestras**

Los resultados obtenidos de poder calorífico de la madera, son importante de conocer para el uso de las especies para la producción de energía, ya que especies como Carbón, Roble y Guácimo presentaron valores en contenido de poder calorífico mayores a 18,000 KJ/Kg, que según la Norma DIN 51731, es el nivel estándar requerido por la madera para su uso como biocombustible.

- **Tiempo de Cocción**

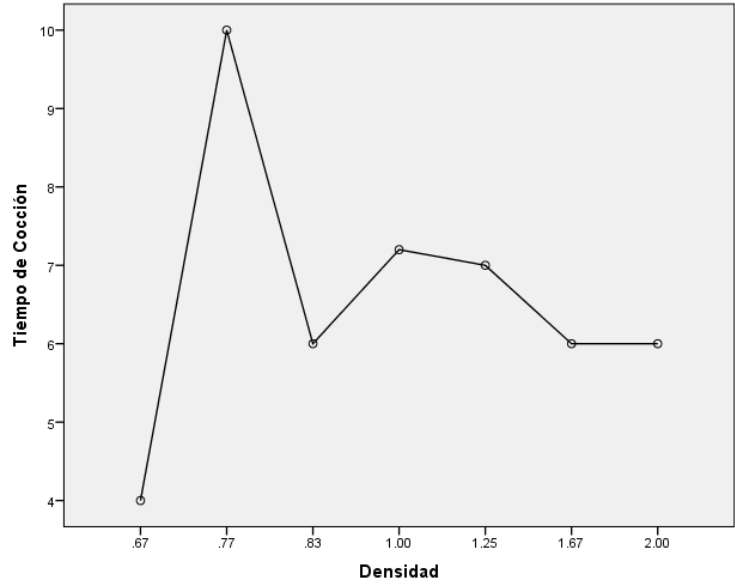
Los resultados de la prueba de cocción fueron analizados mediante un histograma, donde se muestra que especies forestales como el Roble, Quebracho y Cuaginiquil tomaron poco tiempo en llegar al punto de ebullición al agua. Sin embargo, el Madero Negro, Miligüiste y Guácimo requirieron de mayor tiempo y esfuerzo.



**Gráfico 10 . Tiempo de Cocción**

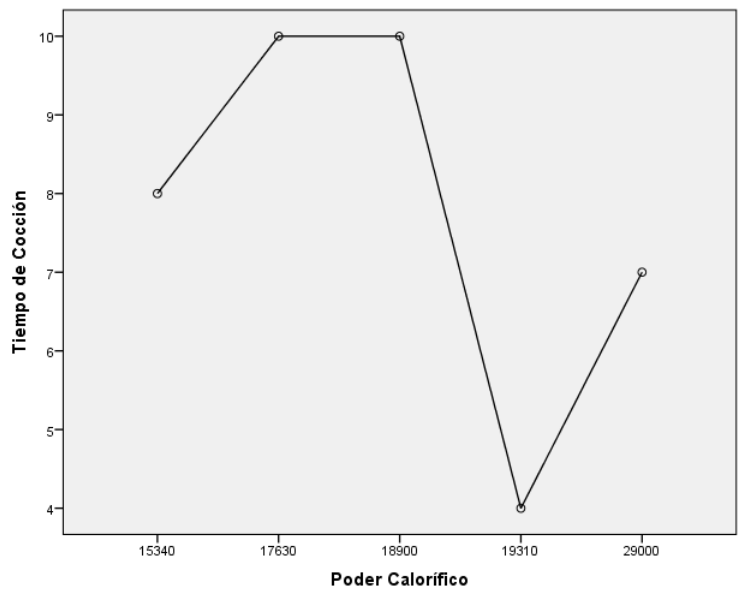
De esta manera, se realizaron análisis para comprobar la relación entre los valores obtenidos de las pruebas de tiempo de cocción con cada una de las especies forestales con respecto a los principales parámetros como humedad, densidad y poder calorífico.

Mediante la gráfica de regresión, se muestra que las especies menos densas como el Cuaginiquil presentaron un tiempo de cocción breve menor a 5 minutos. A diferencia de las especies con alta densidad como Miligüiste y Jiñocuabo que tuvieron un tiempo de cocción mayor a 5 minutos. En cambio, las especies con densidad media presentaron tiempo de cocción promedio.



**Gráfico 11 . Densidad - Tiempo de Cocción**

En cuanto a poder calorífico, las especies forestales como Eucalipto y Madero Negro, las cuales poseen un contenido de energía inferior al nivel establecido en normas internacionales, presentaron tiempo de cocción prologando, lo cual es indicador de baja eficiencia para su uso como combustible.



**Gráfico 12 . Poder Calorífico - Tiempo de Cocción**



En cambio, otras especies forestales con alto contenido energético como Roble y Carbón, tuvieron un tiempo de cocción relativamente breve durante las pruebas realizadas.

Mediante la realización de una prueba de correlación de Pearson, se determinó la relación entre el tiempo de cocción con respecto a otros parámetros como la humedad, densidad y poder calorífico de cada una de las especies evaluadas.

<b>Correlación</b>		<b>Humedad</b>	<b>Densidad</b>	<b>Poder Calorífico</b>
<b>Tiempo de Cocción</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	.051	.017	-.252
	<b>Sig. (bilateral)</b>	.874	.959	.683
	<b>Suma de cuadrados y productos vectoriales</b>	12.492	.163	-13144.000
	<b>Covarianza</b>	1.136	.015	-3286.000
	<b>N</b>	12	12	5

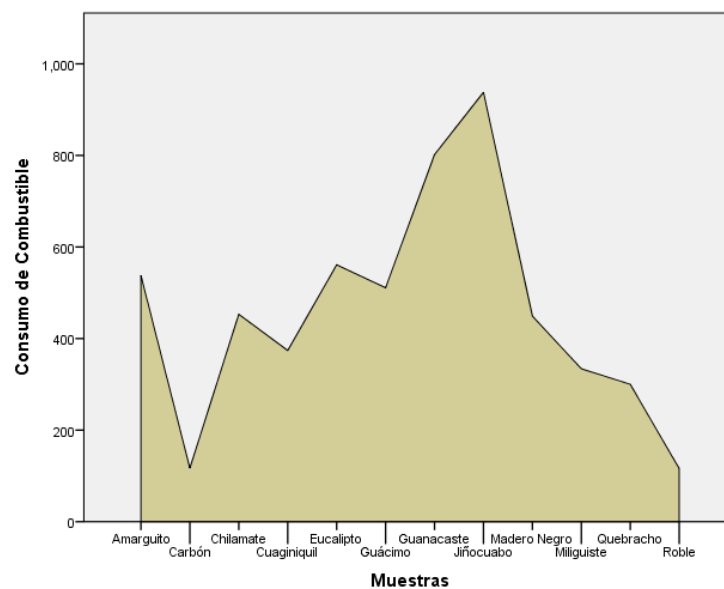
**Tabla 3 . Análisis de Correlación de Pearson Tiempo de Cocción**

Dado el resultado obtenido de un  $p= 0.051$ ,  $p= 0.017$  y  $p= -0.252$ , el cual es menor o igual que el nivel crítico de comparación establecido de  $\alpha = 0.05$ , se demostró que existe una correlación de significancia entre la humedad, densidad y poder calorífico sobre la variable respuesta tiempo de cocción.

El tiempo de cocción de los alimentos fue diferente con cada una de las especies forestales, debido a que como lo demostraron la prueba de correlación de Pearson y demás análisis estadísticos, posee alta dependencia de parámetros como la humedad, densidad y poder calorífico de la madera utilizada como combustible.

- **Consumo de Combustible**

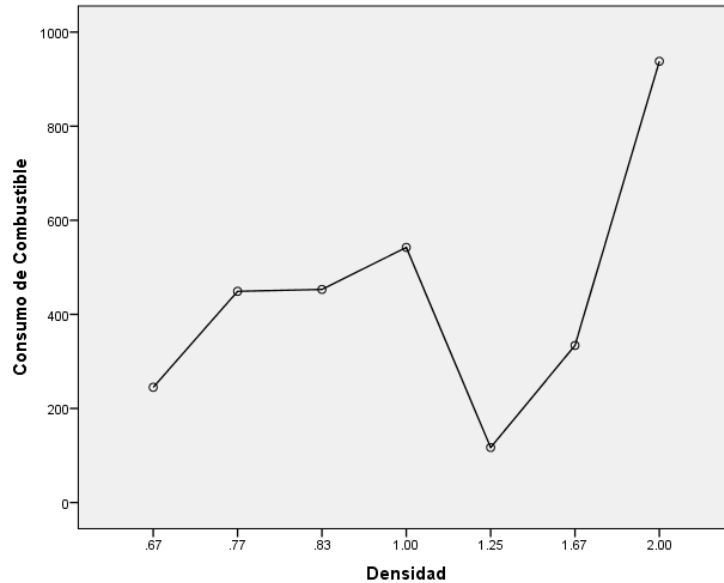
El consumo de combustible, es uno de los parámetros más importante del estudio, ya que nos permite identificar las especies forestales con alta eficiencia para la reducción de la cantidad de recurso utilizado en el proceso de combustión. Mediante el análisis realizado se observó que el Carbón y Roble son las muestras que presentaron menor consumo durante el proceso de combustión, quemándose únicamente 115 gramos, equivalentes al 10.4 % de la materia total.



**Gráfico 13 . Consumo de Combustible**

Las muestras que obtuvieron un mayor consumo de combustible fueron el Jiñocuabo y Guanacaste, quemándose la madera en su totalidad. Otras especies como Guácimo, Quebracho, Miligüiste y Cuaginiquil, presentaron consumos promedios.

De igual manera, se realizaron análisis para comprobar la relación entre los valores del consumo de combustible obtenido en las pruebas con cada una de las especies forestales, con respecto a los principales parámetros como humedad, densidad y poder calorífico.

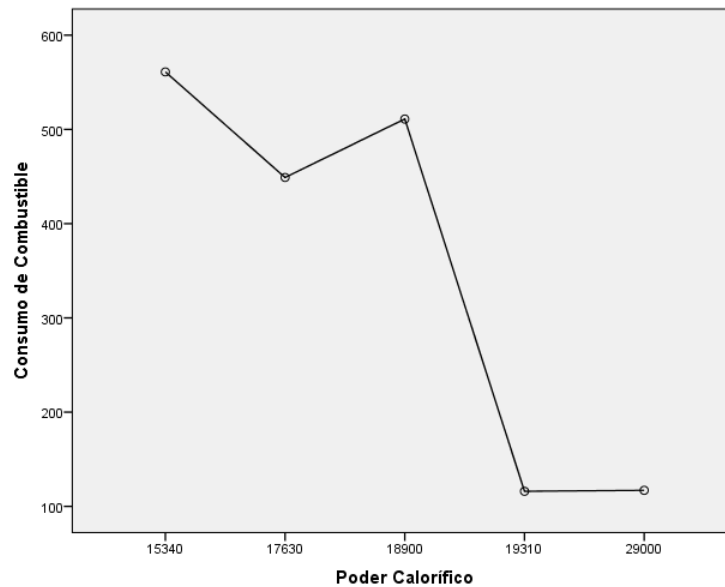


**Gráfico 14. Densidad - Consumo de Combustible**

Mediante la gráfica de regresión, se muestra que las especies menos densas como el Cuaginiquil, Madero Negro y Chilamate, presentaron un consumo de combustible alto, pero moderado entre 300 gr a 500 gr, quemándose aproximadamente un 40% del recurso utilizado.

A diferencia las especies con alta densidad como Guanacaste y Jiñocuabo, tuvieron un consumo de combustible mayor entre los 800 gr y 1,000 gr, utilizando casi el 75% de la totalidad del recurso. En cambio, otras especies con densidad media como el Carbón, presentaron el menor consumo de combustible al quemarse únicamente el 10% de la madera.

Con respecto al poder calorífico, especies forestales como Eucalipto y Guácimo, las cuales poseen un contenido de energía menor, presentaron un alto consumo de combustible entre 500 gr a 600 gr, utilizándose el 50% de recurso forestal durante el proceso de combustión.



**Gráfico 15 . Poder Calorífico - Consumo de Combustible**

Las especies forestales con mayor concentración de poder calorífico, demostraron un consumo de combustible menor que las demás especies. Esto indica que las especies forestales de mayor contenido energético permitieron reducir la cantidad de recursos forestales utilizado como combustible.

Mediante la realización de una prueba de correlación de Pearson, se determinó la relación entre el consumo de combustible con respecto a otros parámetros como la humedad, densidad y poder calorífico de cada una de las especies evaluadas.

Correlaciones		Humedad	Densidad	Poder Calorífico
Consumo de Combustible	Correlación de Pearson	.551	.429	-.730
	Sig. (bilateral)	.063	.164	.162
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	14603.775	457.207	- 3330674.0 00
	Covarianza	1327.616	41.564	- 832668.50 0
	N	12	12	5

**Tabla 4 . Análisis de Correlación de Pearson de Consumo de Combustible**

Dado el resultado obtenido de un  $p= 0.551$ ,  $p= 0.429$  y  $p= -0.730$ , el cual es menor o igual que el nivel crítico de comparación establecido de  $\alpha = 0.05$ , se demostró que existe una correlación de significancia entre la humedad, densidad y poder calorífico sobre la variable respuesta consumo de combustible.

Sin embargo, aunque la densidad y el poder calorífico fueron factores indispensables para determinar la eficiencia de las especies forestales, tanto en la disminución del tiempo de cocción de los alimentos como en la cantidad de combustible utilizado, ambos parámetros no presentan relación o dependencia alguna.

<b>Poder Calorífico</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Entre grupos</b>	103675320 .000	3	34558440. 000	5.454	.303
<b>Dentro de grupos</b>	6336800.0 00	1	6336800.0 00		
<b>Total</b>	110012120 .000	4			

**Tabla 5 . Análisis de Rango Múltiple de Tukey**

Mediante la prueba de rango múltiple de Tukey, la cual sigue una distribución de F de Fisher, se obtuvo un **f= 0.303**, con un nivel de significación menor a 0.5, el cual indica que el factor Densidad no influye en la variable dependiente Poder Calorífico.

Cabe señalar que, aunque no hay una correlación entre densidad y el poder calorífico, el volumen de madera que se quemará se relaciona positivamente con el contenido calórico de la madera.

**ROE3: Proponer alternativas sostenibles para el uso eficiente de los recursos forestales de la comunidad El Pastoreo.**

Con el fin de cumplir el objetivo planteado, se realizó una propuesta para la planificación y gestión de las actividades relacionadas con el uso eficiente de la Biomasa Forestal en la comunidad El Pastoreo.

Mediante un nuevo modelo que contemple entre sus ejes centrales el desarrollo sostenible de la comunidad, promoviendo el uso racional de los recursos forestales para la reducción de efectos no deseados como deforestación, deterioros de los suelos, sequías y otros factores relacionados.

El desconocimiento de la población sobre la importancia de los residuos forestales, muchas veces puede influir de una manera negativa, ya que por "costumbre" según expresa la población, estos son utilizados como abono o simplemente desechados en las quemadas.

La deforestación es una consecuencia directa de las actividades humanas que arrasa con los bosques y de forma masiva. El daño que esto genera es enorme tanto a escala local, como regional e, incluso planetaria.

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultados</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Responsables</b>
Reactivar el plan de reforestación, cuidado y manejo de los Bosques	Campañas de sensibilización para la conservación de las especies forestales protegidas.	Reducir el índice de deforestación.	Seis Meses.	Líderes Comunitarios.
	Brigadas de reforestación.	Aumento de la capa boscosa.	Seis Meses.	Gobierno Municipal.
	Prohibir la extracción de biomasa forestal en zonas de elevada pendiente y/o insuficiente profundidad del suelo, donde el riesgo de erosión es mayor.	Mantenimiento del suelo y manto acuífero.	Un Año.	Ministerio del Ambiente.
Elaborar briquetas con alto potencial energético utilizando la biomasa residual forestal de la comunidad.	Formulación de un plan de negocio.	Fortalecimiento de la organización comunitaria.	Un Año	Líderes Comunitarios.
	Creación de una cooperativa.	Nueva fuente de ingreso para la comunidad.	Un Año.	Organización Comunitaria.
Capacitar la comunidad sobre el majeo eficiente de la Biomasa Forestal.	Capacitaciones a los miembros de la comunidad.	Minimizar los riesgos y los impactos negativos.	Seis Meses.	Gobierno Municipal.
	Planificación de los trabajos de aprovechamiento de la biomasa de una forma correcta.	Mejorar sus condiciones de vida.	Seis Meses.	Líderes Comunitarios.



## **CAPÍTULO X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Para la obtención de los resultados se utilizó la interfaz SPSS Statistic. Los análisis estadísticos consistieron en comparar los valores medios obtenidos de cada una de las especies forestales y establecer posibles correlaciones entre las variables y el potencial energético.

Mediante análisis de frecuencia con los datos obtenidos de la encuesta aplicada se logró identificar que las especies forestales más utilizadas en la comunidad El Pastoreo, para su uso como combustible doméstico son el Carbón y Guácimo, así como que la especie mayormente demandada es el roble.

Por medio de la interfaz, se realizaron gráficos para demostrar de manera detallada los valores referentes a cada uno de los parámetros. El contenido de humedad en todas las especies se encontró en un rango de 42 a 64 %. La densidad mostró diferencias estadísticas significativas entre cada especie que permitieron clasificarlas en alta, media y baja. El poder calorífico se encontró en el rango de 17,630 KJ/Kg a 29,000 KJ/Kg.

De igual manera se realizó una prueba de hipótesis utilizando la correlación de Pearson, la cual es aceptada debido a que tanto la cantidad de combustible como el tiempo de cocción de los alimentos, fue diferente con cada una de las especies forestales.

Esto se debió a las características energéticas específicas de cada una de las muestras como el contenido de humedad, densidad y poder calorífico, de las cuales el consumo de combustible y tiempo como lo demostraron las pruebas de demás análisis estadísticos posee alta dependencia.

## **CAPÍTULO XI. CONCLUSIONES**

El estudio realizado en la comunidad El Pastoreo, demostró que las especies forestales mayormente utilizadas para la preparación de alimentos son el carbón y el Guácimo, ya que son las más abundantes y características en la región.

La especie con mayor demanda en la comunidad para su uso como combustible es el Roble. Sin embargo, por su poca predominancia en la comunidad y ser considerada una madera preciosa, es una de las especies protegidas, pertenecientes a la Reserva Natural del Tisey.

El contenido de humedad, fue uno de los factores de mayor influencia en la eficiencia de la madera para su uso como combustible, debido a que influyó tanto en la densidad de la madera como en la cantidad de energía contenida en el poder calorífico.

Las especies forestales con alto contenido de humedad, presentaron mayor densidad. Además, la cantidad de agua presente en la madera afectó significativamente su propiedad calorífica, por lo cual se requirió de mayor esfuerzo y tiempo para acondicionarla para que funcione como combustible.

La madera de especies con mayor poder calorífico como el Carbón y Roble, fueron altamente eficientes, ya que aceleraron el tiempo de cocción de los alimentos y redujeron el consumo de combustible en la cantidad de utilizase.

Las especies con menor densidad como el Madero Negro, consumieron menor cantidad de combustible y su tiempo de cocción para preparar los alimentos fue menor. Sin embargo, debido a su poco volumen y masa, fue necesario mayor cantidad de recursos forestales.

A diferencia de las anteriores, las especies con mayor densidad como Jiñocuabo, ocupan menor cantidad de recursos forestales y el tiempo para preparar los alimentos es mayor, pero el combustible se quema casi en su totalidad.

La madera con densidad media como el Carbón, fueron las más eficientes, ya que su consumo de combustible y tiempo de cocción fue menor, utilizando poca cantidad de recursos. Esta especie, cumple con las condiciones necesarias para su uso como biomasa forestal.

El Carbón y Roble son las especies más eficientes para el uso como combustible en la comunidad el pastoreo, ya que cumplen con todas las condiciones energéticas. Sin embargo, el Roble es una especie con menor abundancia en la región y protegida para su uso como leña. En cambio, otras especies como el Guanacaste y Jiñocuabo fueron las menos eficientes para su uso energético.

De esta manera, se pudo comprobar la Hipótesis, ya que la reducción el consumo de combustible y tiempo de cocción, presentó alta dependencia de parámetros específicos de potencial energético como Humedad, Densidad y Poder Calorífico en cada una de las muestras.

Sin embargo, aunque tanto la Densidad como el poder calorífico fueron factores determinantes en la eficiencia de una especie forestal, no presentaron relación de significancia alguna, lo cual es indicador que son variables completamente independientes.

## **CAPÍTULO XII. RECOMENDACIONES**

- Realizar más repeticiones en la unidad experimental para obtener valores de mayor significancia.
- Investigar y realizar pruebas de poder calorífico a especies forestales desconocidos.
- Evaluar otros parámetros como composición química y temperatura de combustión.
- Proponer a la facultad la obtención de más equipos como Calorímetros para realizar este tipo de investigaciones.
- Elaborar briquetas con residuos forestales de las especies con potencial energético mayor.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lucas Herguedas, A. I., & Peso Taranco, C. (2012). *Biomasa, Bio Combustibles y Sostenibilidad*. Madrid: Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario.
2. Agenex. (2013). *La Biomasa Forestal*. Agencia Extremeña de la Energía, San Francisco. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de <http://www.agenex.net/images/stories/deptos/la-biomas-forestal.pdf>
3. Camps, M. (2008). *Los Biocombustibles*. Madrid: Mundi Prensa.
4. Cuadros, S. (2008). *Residuos Agrícolas Forestales y Lodos*. Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45732/componente45730.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45732/componente45730.pdf)
5. (1986). *DIN 51731. Determinación del Poder Calorífico de la Madera*.
6. (1977). *DIN 52182. Determinación del Contenido de Humedad de la Madera*.
7. (1976). *DIN 52183. Determinación de la Densidad de la Madera*.
8. FAO. (1997). *The role of wood energy in Europe*.
9. FAO. (2013). *Producción de Biogas por Metanogénesis*. Managua. Recuperado el 4 de Junio de 2017
10. Fernández, J. F. (2012). *Poder Calorífico*. Catedra Máquinas Eléctricas, Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniería ElectroMecánica, Madrid, España. Recuperado el 4 de Mayo de 2017
11. FIDER. (2003). *Plan de Manejo Reserva Natural Tisey Estanzuela*. Estelí, Nicaragua. Obtenido de [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/MARENA/MARENA0195/PlanManTiseyEstanzuela.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MARENA/MARENA0195/PlanManTiseyEstanzuela.pdf)

12. FOCER. (2002). *Manuales sobre Energía Renovable: Biomasa*. Fortalecimiento de la Capacidad de Energía Renovable para América Central, San José, Costa Rica. Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/\\$FILE/Manuales\\_sobre\\_energ%C3%ADa\\_renovableBIOMASA.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/$FILE/Manuales_sobre_energ%C3%ADa_renovableBIOMASA.pdf)
13. García Garrido, S. (2009). *Centrales Termoeléctricas de Biomasa*. Madrid. Recuperado el 6 de Junio de 2017
14. Giménez, A. M., Moglia, J. G., & Ríos, N. M. (27 de Julio de 2015). Relación Albura - Duramen en tres Especies Arbóreas. (ISSN, Ed.) *Revista de Ciencias Forestales*(008), 57. Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de [https://www.researchgate.net/profile/Juana\\_Moglia/publication/242310278\\_Relacion\\_albura-duramen\\_en\\_tres\\_especies\\_arboreas\\_de\\_la\\_Region\\_Chaquena\\_Seca\\_Relationship\\_between\\_sapwood\\_and\\_heartwood\\_in\\_three\\_woody\\_species\\_of\\_the\\_dry\\_Chaco\\_Region/links/55b6363208](https://www.researchgate.net/profile/Juana_Moglia/publication/242310278_Relacion_albura-duramen_en_tres_especies_arboreas_de_la_Region_Chaquena_Seca_Relationship_between_sapwood_and_heartwood_in_three_woody_species_of_the_dry_Chaco_Region/links/55b6363208)
15. Gómez, T., & Vergara, M. (2014). *Biomasa Forestal*. Seminario de Electrónica Industrial. Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/InformeBiomasa.pdf>
16. Guerrero, L. (2012 de Septiembre de 2017). *About Español*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de <https://www.aboutespanol.com/caracteristicas-de-la-biomasa-3417679>
17. Herguedas, A. I., & Taranco, C. (2012). *Biomasa, BioCombustible y Sostenibilidad*. Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. Madrid, España: Graficolor Palencia S.L. Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
18. Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: MacGraw Hill.

19. Hidalgo, X. I. (2016). La Humedad en la Biomasa: Herramientas de Medida y Control. *Energética XXI*. Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de [https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj9hLvzqP\\_VAhUF7iYKHxj9AGMQFggmMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.energetica21.com%2Fdescargar.php%3Fseccion%3Darticulos%26archivo%3DkrrMI1uxULvYQ6WQ6DrPPnEQWBDEa0AAprMxh7k2](https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj9hLvzqP_VAhUF7iYKHxj9AGMQFggmMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.energetica21.com%2Fdescargar.php%3Fseccion%3Darticulos%26archivo%3DkrrMI1uxULvYQ6WQ6DrPPnEQWBDEa0AAprMxh7k2)
20. IDAE. (2007). *Energía de la Biomasa*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, España. Recuperado el 8 de Mayo de 2017, de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10374\\_Energia\\_de\\_la\\_biomasa\\_07\\_28e17c9c.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf)
21. IDAE. (2011). *Evaluación del Potencial de Energía de la Biomasa*. Estudio Técnico, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid. Recuperado el 28 de Abril de 2017, de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e14\\_biomasa\\_A\\_8d51bf1c.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf)
22. IDAE. (2013). *La Biomasa*. Ficha de Alumnos, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, España. Recuperado el 2 de Junio de 2017, de <http://www.solarizate.org/pdf/castellano/fichasalumnos/ficha11.pdf>
23. Irina. (2009). *Energía Biomasa*. Obtenido de Historia de la Biomasa: <http://energiabiomasa-09.blogspot.com/2009/09/historia-de-la-biomasa.html>
24. Isan, A. (16 de Octubre de 2013). *Energía Renovada*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de <https://energiasrenovadas.com/es-biomasa-forestal/>
25. Jara, H. (2009). Biomasa y sus Propiedades como Combustible. *Revista Celulosa y Papel*, 25-28. Obtenido de [http://www.atcp.cl/privado/docs/revistas/17/rev\\_154100243301.pdf](http://www.atcp.cl/privado/docs/revistas/17/rev_154100243301.pdf)

26. Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Ministerio de Agricultura, Madrid.
27. MARENA. (2008). *Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica Jocote Pando*. Estelí.
28. MARENA. (2012). *Caracterización y Diagnóstico de la Cuenca del Río Estelí*. Estelí.
29. Martín, F. (2001). *Biocombustibles Sólidos de Origen Forestal*. Madrid, España: AENOR.
30. Minue. (2 de Noviembre de 2011). *Directo al Paladar*. Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de <https://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/historia-del-fuego-en-la-cocina>
31. Montero, G., Sánchez, V., & Ruiz, R. (2010). *La Biomasa Forestal: Gestión y Viabilidad*. Centro de Investigación Forestal del Instituto Nacional y Tecnología Agraria Alimentaria. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de [http://www.fundacionhabitat.com/comunes/recursos/99884/pub127224\\_La\\_Biomasa\\_Forestal,\\_Gestion\\_y\\_Viabilidad.pdf](http://www.fundacionhabitat.com/comunes/recursos/99884/pub127224_La_Biomasa_Forestal,_Gestion_y_Viabilidad.pdf)
32. Nadal, N. (2003). *Evaluación del Potencial para generación de electricidad a partir de Biomasa de residuos agrícolas y forestales en Sébaco*. Universidad Nacional Agraria, Ingeniería Forestal, Matagalpa.
33. Ochoa, M. A. (7 de Mayo de 2014). *Prezi*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de <https://prezi.com/plrfeadz5wnt/residuos-forestales/>
34. Pacheco, H. (1993). *Fundamentos de Experimentación Agrícola*. Editora de Arte, S.A.
35. Palacios, G. C. (2015). *Caracterización de las condiciones socioeconómicas y ambientales en la comunidad El Pastoreo*. Estelí.



36. Pérez Irungaray, G. E. (Mayo de 2017). *Hablemos Sobre Energías Renovables*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de Blogspot: <http://geroperez.blogspot.com/search/label/4.2.3%20Biomasa%20residual%20h%C3%BAmeda>
37. Pérez, G. (Mayo de 2007). *Biomasa Residual Seca*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de Hablemos Sobre Energías Renovables: <http://geroperez.blogspot.com/search/label/2.4.2%20Biomasa%20residual%20seca>
38. Pérez, G. (2007). *Hablemos sobre las Energías Renovables*. Recuperado el 29 de Agosto de 2017, de Blogspot: <http://geroperez.blogspot.com/search/label/2.4.1%20Biomasa%20natural>
39. Pineda, E., Alvarado, E. L., & Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación*.
40. Piura, J. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Managua: PAV, S.A.
41. Quiroz, J., & Orellana, R. (2009). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712010000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200004)
42. Rodríguez, K., & Medina, I. (2016). *Caracterización de la comunidad El Pastoreo Microcuenca del Jocote Pando para la adaptación ante el Cambio Climático y la Gestión de Riesgos*. Estelí.
43. Silva, J. (6 de Diciembre de 2012). *Silva Plus*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de <http://www.silvaplus.com/es/>
44. Toscano, L. A. (2009). *Análisis de los Parámetros y selección de Hornos para la combustión de Biomasa*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción , Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10768/2/TESIS%20BIOMASA.pdf>

45. Zelada, C. (2012). *Determinación del Poder Calorífico de Especies Forestales utilizadas como Sombra de Café en la Cuenca Alta y Media del río Reventazón, Cartago, Costa Rica*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Formato de Registro de Datos



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria

FAREM – Estelí

Ingeniería en Energías Renovables

### Formato de Registro de Datos

Muestra	Masa Bruta	Masa Seca	Masa Húmeda	Masa Seca %	Masa Húmeda %	Cenizas	Materia Volátil	Materia Volátil %	Cenizas %
Quebracho	100 gr.	57.8 gr.	42.2 gr.	57.80 %	42.20 %	2 gr.	55.8 gr.	96.54 %	3.46 %
Madero Negro	100 gr.	47.3 gr.	52.7 gr.	47.30 %	52.70 %	4 gr.	43.3 gr.	91.54 %	8.46 %
Eucalipto	100 gr.	62.5 gr.	37.5 gr.	62.50 %	37.50 %	2 gr.	60.5 gr.	96.80 %	3.20 %
Guanacaste	100 gr.	45.1 gr.	54.9 gr.	45.10 %	54.90 %	7 gr.	38.1 gr.	84.48 %	15.52 %
Carbón	100 gr.	57.1 gr.	42.9 gr.	57.10 %	42.90 %	3 gr.	54.1 gr.	94.75 %	5.25 %
Amarguito	100 gr.	35.5 gr.	64.5 gr.	35.50 %	64.50 %	1 gr.	34.5 gr.	97.18 %	2.82 %
Chilamate	100 gr.	41.1 gr.	58.9 gr.	41.10 %	58.90 %	1 gr.	40.1 gr.	97.57 %	2.43 %
Cuaginiquil	100 gr.	41.1 gr.	58.9 gr.	41.10 %	58.90 %	2 gr.	39.1 gr.	95.13 %	4.87 %
Jiñocuabo	100 gr.	43.2 gr.	56.8 gr.	43.20 %	56.80 %	4 gr.	39.2 gr.	90.74 %	9.26 %
Miligüiste	100 gr.	56.8 gr.	43.2 gr.	56.80 %	43.20 %	5 gr.	51.8 gr.	91.20 %	8.80 %
Roble	100 gr.	68 gr.	32 gr.	68.00 %	32.00 %	4 gr.	64 gr.	94.12 %	5.88 %
Guácimo	100 gr.	51 gr.	49 gr.	51.00 %	49.00 %	3 gr.	48 gr.	94.12 %	5.88 %

## Anexo 2. Formato De Registro De Datos



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria

FAREM – Estelí

Ingeniería en Energías Renovables

### Formato de Registro de Datos II

Muestra	Masa	Volumen Inicial	Volumen Final	Volumen Muestra	Densidad
Quebracho	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	260 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1.00 gr/cm <sup>3</sup>
Madero Negro	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	263 cm <sup>3</sup>	13 cm <sup>3</sup>	0.77 gr/cm <sup>3</sup>
Eucalipto	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	260 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1.00 gr/cm <sup>3</sup>
Guanacaste	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	260 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1.00 gr/cm <sup>3</sup>
Carbón	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	258 cm <sup>3</sup>	8 cm <sup>3</sup>	1.25 gr/cm <sup>3</sup>
Amarguito	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	260 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1.00 gr/cm <sup>3</sup>
Chilamate	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	262 cm <sup>3</sup>	12 cm <sup>3</sup>	0.83 gr/cm <sup>3</sup>
Cuaginiquil	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	265 cm <sup>3</sup>	15 cm <sup>3</sup>	0.67 gr/cm <sup>3</sup>
Jiñocuabo	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	255 cm <sup>3</sup>	5 cm <sup>3</sup>	2.00 gr/cm <sup>3</sup>
Miligüiste	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	256 cm <sup>3</sup>	6 cm <sup>3</sup>	1.67 gr/cm <sup>3</sup>

Roble	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	265 cm <sup>3</sup>	15 cm <sup>3</sup>	0.67 gr/cm <sup>3</sup>
Guácimo	10 gr.	250 cm <sup>3</sup>	260 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1.00 gr/cm <sup>3</sup>

### Anexo 3. Formato de Registro de Datos



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria  
FAREM – Estelí  
Ingeniería en Energías Renovables

#### Formato de Registro de Datos

<b>Muestra</b>	<b>Combustible Inicial</b>	<b>Combustible Final</b>	<b>Consumo Combustible</b>	<b>Tiempo de Cocción</b>
Quebracho	1,114 gr.	814 gr.	300 gr.	4 min.
Madero Negro	1,114 gr.	665 gr.	449 gr.	10 min.
Eucalipto	1,114 gr.	553 gr.	561 gr.	8 min.
Guanacaste	1,114 gr.	312 gr.	802 gr.	9 min.
Carbón	1,114 gr.	997 gr.	117 gr.	7 min.
Amarguito	1,114 gr.	576 gr.	538 gr.	5 min.
Chilamate	1,114 gr.	661 gr.	453 gr.	6 min.
Cuaginiquil	1,114 gr.	740 gr.	374 gr.	4 min.
Jiñocuabo	1,114 gr.	176 gr.	938 gr.	6 min.
Miliguiste	1,114 gr.	780 gr.	334 gr.	6 min.
Roble	1,114 gr.	998 gr.	116 gr.	4 min.
Guácimo	1,114 gr.	603 gr.	511gr.	10 min.

## Anexo 4. Informe de Análisis



Universidad Nacional de Ingeniería  
UNI – RUPAP  
Programa de Vinculación e Innovación  
P-VIT/Biomasa

### Informe de Análisis

Este informe refleja los cálculos y factores de corrección de los resultados obtenidos en las pruebas con la bomba calorimétrica con cada una de las muestras.

#### a) Análisis Muestra Roble

##### Determinación de Masa

<b>Masa de la Muestra</b>	0.4907 Gr.
<b>Masa del Hilo de Hierro</b>	0.0090 Gr.
<b>Masa de la Pastilla (Muestra + Hilo de Hierro)</b>	0.4997 Gr.
<b>Masa de Residuo del Hilo</b>	0.0062 Gr.

<b>m<sub>Muestra</sub></b>	Masa de la Muestra Combusta	0.4907 Gr
	Masa de la Pastilla – Masa del Hilo	

<b>m<sub>Fe</sub></b>	Masa del Hilo de Hierro Combusto	0.4907
	Masa del Hilo de Hierro – Masa del Residuo de Hilo	Gr



### Determinación de la Temperatura

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>Inicio de la Combustión</b>	24.92 °C
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>Después de la Combustión</b>	25.80 °C
<b>ΔT</b>	<b>Variación de la Temperatura</b>	0.88 °C

### Determinación de Calor de Combustión de Muestra

<b>C<sub>v</sub></b>	<b>Capacidad Térmica del Calorímetro</b>	-10.78969 KJ/°K
<b>ΔU<sub>Fe</sub></b>	<b>Calor de Combustión del Hilo de Hierro</b>	-6.68 KJ/Gr

Temperatur

a en el Transcurso de la reacción de Combustión de la Muestra

<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>
0 Min	26.45 °C
4.5 Min	27.75 °C
10 Min	27.93 °C

### Determinación de Poder Calorífico de Roble

<b>ΔU</b>	-19.3116435 KJ/Kg
<b>Muestra</b>	-4,613.388317 Kcal/Kg

### b) Análisis Muestra Guácimo

#### Determinación de Masa

<b>Masa de la Muestra</b>	0.5584 Gr.
<b>Masa del Hilo de Hierro</b>	0.0095 Gr.
<b>Masa de la Pastilla (Muestra + Hilo de Hierro)</b>	0.5679 Gr.
<b>Masa de Residuo del Hilo</b>	0.0072 Gr.

<b>m<sub>Muestra</sub></b>	Masa de la Muestra Combusta	0.5584 Gr
	Masa de la Pastilla – Masa del Hilo	

<b>m<sub>Fe</sub></b>	Masa del Hilo de Hierro Combusto	0.0023 Gr
	Masa del Hilo de Hierro – Masa del Residuo de Hilo	

### Determinación de la Temperatura

<b>T<sub>1</sub></b>	<b>Inicio de la Combustión</b>	24.83 °C
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>Después de la Combustión</b>	25.81 °C
<b>ΔT</b>	<b>Variación de la Temperatura</b>	0.98 °C

### Determinación de Calor de Combustión de Muestra

<b>C<sub>v</sub></b>	<b>Capacidad Térmica del Calorímetro</b>	-10.78969 KJ/°K
<b>ΔU<sub>Fe</sub></b>	<b>Calor de Combustión del Hilo de Hierro</b>	-6.68 KJ/Gr

### Temperatura en el Transcurso de la reacción de Combustión de la Muestra

<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>
0 Min	25.90 °C
4.5 Min	26.72 °C
10 Min	26.89 °C

### Determinación de Poder Calorífico de Guácimo

<b>ΔU</b>	-18.90854673 KJ/Kg
<b>Muestra</b>	-4,517.091909 Kcal/Kg

**c) Poder Calorífico de Especies Forestales**

<b>Muestra</b>	<b>Poder Calorífico</b>
Madero Negro	17,630 KJ/Kg
Eucalipto	15,340 KJ/Kg
Carbón	29,000 KJ/Kg
Roble	19,310 KJ/Kg
Guácimo	18,900 KJ/Kg

## Anexo 5. Encuesta



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria  
FAREM – Estelí  
Ingeniería en Energías Renovables

### Tema de Investigación

Evaluación del potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad “El Pastoreo”.

### Encuesta

Responsable: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de especies forestales suele utilizar para cocinar?	Quebracho <input type="checkbox"/>	Chilamate <input type="checkbox"/>
	Madero Negro <input type="checkbox"/>	Cuaginiquil <input type="checkbox"/>
	Eucalipto <input type="checkbox"/>	Chilamate <input type="checkbox"/>
	Guanacaste <input type="checkbox"/>	Jiñocuabo <input type="checkbox"/>
	Carbón <input type="checkbox"/>	Miligüiste <input type="checkbox"/>
	Amarguito <input type="checkbox"/>	Roble <input type="checkbox"/>
	Especifique: _____	
¿Qué otro tipo de especies forestales le gustaría utilizar para cocinar?	Quebracho <input type="checkbox"/>	Chilamate <input type="checkbox"/>
	Madero Negro <input type="checkbox"/>	Cuaginiquil <input type="checkbox"/>
	Eucalipto <input type="checkbox"/>	Chilamate <input type="checkbox"/>
	Guanacaste <input type="checkbox"/>	Jiñocuabo <input type="checkbox"/>
	Carbón <input type="checkbox"/>	Miligüiste <input type="checkbox"/>
	Amarguito <input type="checkbox"/>	Roble <input type="checkbox"/>
	Especifique: _____	

## Anexo 6. Entrevista



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria  
FAREM – Estelí  
Ingeniería en Energías Renovables

### Tema de Investigación

Evaluación del potencial energético de especies forestales utilizadas como combustible para uso doméstico en la comunidad “El Pastoreo”.

### Entrevista

Responsable: \_\_\_\_\_

Entrevistado (a): \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

1. ¿De dónde procede la leña utilizada en la comunidad?

\_\_\_\_\_

2. ¿Quiénes son los encargados de realizar las actividades de recolección de leña?

\_\_\_\_\_

3. ¿Con qué frecuencia se realizan las actividades de recolección de la leña?

\_\_\_\_\_

4. ¿Cuánto tiempo se invierte en recolectar la leña?

\_\_\_\_\_

5. ¿Cómo se transporta la leña?

\_\_\_\_\_

6. ¿Qué tipo de leña se suele utilizar para cocinar?

\_\_\_\_\_

7. ¿Se hace uso de los residuos forestales en las actividades diarias?

\_\_\_\_\_

8. ¿Cree usted que en los últimos años ha aumentado el tiempo dedicado a las actividades de recolección de la leña?

---

9. ¿Cree usted que en los últimos años ha aumentado distancia recorrida para recolectar la leña?

---

10. ¿Cree usted que ha habido un cambio en la diversidad de los recursos forestales de la comunidad?

## **Anexo 7. Abreviaturas y Acrónimos**

- **AGENEX:** Agencia Extremeña de la Energía
- **CIER:** Centro de Investigación de Energías Renovables
- **DCA:** Diseño Experimental Completamente al Azar
- **FAO:** Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
- **FIDER:** Fundación de Investigación y Desarrollo Rural
- **FOCER:** Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central
- **IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- **MARENA:** Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

### Anexo 8. Cronograma de Actividades

Etapa	Actividad	Periodo de Tiempo durante Meses del año 2017									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Etapa I</b>	Elaboración de Protocolo de Investigación.										
<b>Etapa II</b>	Defensa de Protocolo de Investigación.										
<b>Etapa III</b>	Ejecución del Protocolo (Recolección de Datos Cuantitativos y Cualitativos).										
<b>Etapa IV</b>	Elaboración y Depuración de la Base de Datos y Análisis Estadístico.										
<b>Etapa V</b>	Elaboración del Informe Final de Investigación.										
<b>Etapa VI</b>	Defensa de Informe final de Investigación.										



## Anexo 9. Fotos

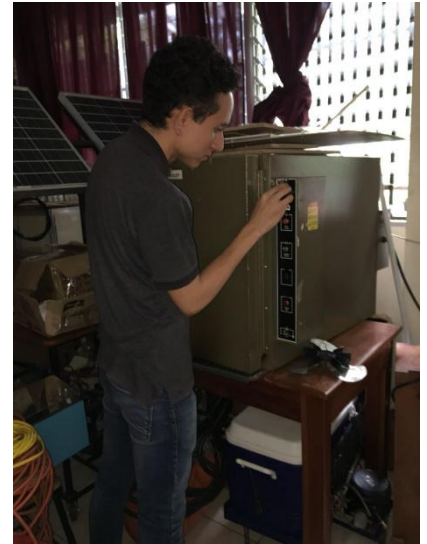


**Figura 19.** Residuos en comunidad E

**Figura 20.** Encuestas en comunidad El Pastoreo.



**Figura 21.** Determinación de Masa de las Muestras.



**Figura 22.** Secado de Muestras en Horno.



**Figura 23.** Determinación de Calorífico

**Figura 24.** Determinación de Densidad de las Muestras.




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
 VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
 Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica  
**LINEA BIOMASA**


**No. de cotización:** 1507      **Código:** 199-1507-10-17  
**Matriz de muestra:** Madera      **Tel:** (505) 86305528  
**Fuente:** Fines Didácticos (Monografía)      **Móvil:** 84799814  
**Cliente:** UNAN /ESTELI      **email:** lopez.dora81@yahoo.es  
**Atención:** Dora María López Poveda      **Dirección:** Esteli  
**Fecha:** 05/10/17      **Fecha de entrega:** 23/10/17

**INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS**

ANALISIS	Unidad	MUESTRA				
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Humedad	%	58.74	58.25			
Materia Volátil	%	82.43	80.42			
Poder calorífico	MJ/Kg	19.31	18.90			

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del Cliente a la(s) muestra(s) entregada(s) por él mismo.

El porcentaje de humedad es en base seca  $[\%H = ((mH - mS)/mS)*100]$

Muestra N° 1.- Madera de Roble  
 Muestra N° 2.- Madera de Guácimo

  
 Ing. Silvio Solórzano Moody  
 Analista

  
 Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.  
 Coordinador del Programa Biomasa



cc: Archivo Pag. 1/1

---

"P-VIT/BIOMASA" - UNI/RUPAP, Costado Sur de Villa Progreso, Semáforos Villa Progreso, 4 C, al Este, Managua, Nicaragua, email: vidalca62@yahoo.com, Cel: 88874573; biomasa@pviit.uni.edu.ni, Teléfono: (505)22490936-37

**Figura 25.** Informe de Análisis de Laboratorio.


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
 VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
 Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica  
**LINEA BIOMASA**


**COTIZACION DE SERVICIO DE ANALISIS**

**No. de cotización:** 1507      **Código:** 199-1507  
**Matriz de muestra:** Madera      **Tel:** 86305528/84799814  
**Fuente:** Fines Didácticos (Monografía)      **email:** lopez.dora81@yahoo.es  
**Cliente:** UNAN /ESTELI      **email:** ju@raham@outlook.com  
**Atención:** Dora María López Poveda      **Dirección:** Esteli  
**Fecha:** 05/10/17      **Validez:** Treinta días

**DETALLE DE ANALISIS Y PRECIOS**

ANALISIS	MUESTRA						Precio (US \$)	Precio total (CS \$)
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6		
Poder Calorífico	1	1					45	2,781.00
Porcentaje de Humedad	1	1					10	618.00
Materia Volátil	1	1					20	1,236.00
<b>Sub-Total</b>								<b>CS 4,635.00</b>


**Total en concepto de análisis** **CS 4,635.00**

Descripción de las muestras: La muestra será tomada y custodiada por el dueño.

Descripción de las muestras:

Muestra No. 1: Aserrín guácimo  
 Muestra No. 2: Aserrín Roble

  
 Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.  
 Coordinador del Programa Biomasa



cc: Archivo

---

"P-VIT/BIOMASA" - UNI/RUPAP, Costado Sur de Villa Progreso, Semáforos Villa Progreso, 4 C, al Este, Managua, Nicaragua, email: vidalca62@yahoo.com, Cel: 8874573; biomasa@pviit.uni.edu.ni, Teléfono: (505)22490936-37

**Figura 26.** Recibo de Análisis de Laboratorio.