

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.

Dora María López Poveda¹

Araín Ramón Talavera Godoy²

Jubraham Manuel Moreno Ledesma³

RESUMEN

El presente trabajo investigativo, tuvo como propósito determinar el potencial energético de las especies forestales 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. 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 conocer las especies forestales más utilizadas como el Carbón y Guácimo, así como las más demandadas para cocinar como Roble. Mediante los análisis estadísticos, se logró determinar el contenido de humedad, densidad y poder calorífico de cada una de las especies. La investigación se concluye de manera satisfactoria, demostrando 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.

¹ UNAN-Managua/FAREM-Estelí. **E-Mail:** lopez.dora8167@gmail.com

² UNAN-Managua/FAREM-Estelí. **E-Mail:** araintalavera@gmail.com

³ UNAN-Managua/FAREM-Estelí. **E-Mail:** jubraham@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the energy potential of the forest species used as fuel for domestic use in the El Pastoreo community of the city of Estelí. This study focuses on a mixed approach, since it is based on the systemic integration of qualitative and quantitative research methods and techniques. The instruments used were the survey, interviews, as well as the data collection record format. For the realization of tests, electric ovens, analytical scales, test tubes and calorimeter were used. The results obtained from the survey and statistical analysis, allowed to know the most used forest species such as Coal and Guácimo, as well as the most demanded to cook as Oak. Through statistical analysis, the moisture content, density and calorific value of each of the species can be determined. The investigation is concluded in a satisfactory way, demonstrating that the Humidity, Density and Caloric Power, are determining factors to measure the energetic potential and the efficiency of each of the forest species. In addition, that the Coal and the Oak, are the most efficient species to reduce the time and the quantity of resources for the preparation of the foods. Therefore, it complies with all the energy conditions for its use as fuel in the El Pastoreo community.

Keywords: biomass, forest species, humidity, density, calorific value.

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 comunidad El Pastoreo, ubicada dentro de la reserva natural Tisey-Estanzuela del departamento de Estelí, 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Es una investigación de tipo cuasi experimental y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura, 2006). 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).

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

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

- **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.

- **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.

Para alcanzar los objetivos planteados, se ha utilizado un proceso metodológico dividido:

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.

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 utilizada en las pruebas de poder calorífico, se



Figura 1. Encuestas en comunidad El Pastoreo.

recolectaron residuos las especies forestales obtenidas (Roble y Guácimo) como tallos, cáscaras y hojas los cuales fueron almacenados en bolsas con

Figura 2. Recolección de Tallos, Cáscaras y Hojas recolectadas.
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 4. Horno para Secado de Muestras a 105 °C.

- **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-



Figura 3. Balanza Analítica.



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

Para Masa Húmeda: $M_{rh} \% = \frac{M_h}{M_b} * 100\%$

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.



Figura 5. Muestras en Crisoles en Horno a 550 ° C.

- **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 6. Pesado de Cenizas

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 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.

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.

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.



Figura 7. Bomba Calorimétrica.

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.

Figura 8. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.

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 el volumen de las muestras.

La Densidad se calculó mediante la fórmula:

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

Donde ρ , es la densidad (gr/m³), m la masa (gr) y v volumen (m³).

- **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



Figura 9. Volumen de Muestras en Probetas con 250 ml.

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



Figura 10. Cronometrado de Tiempo de Combustión.

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 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

Figura 11. Recolección de Leña por habitantes.

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

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.

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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se abordará los resultados obtenidos:

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.

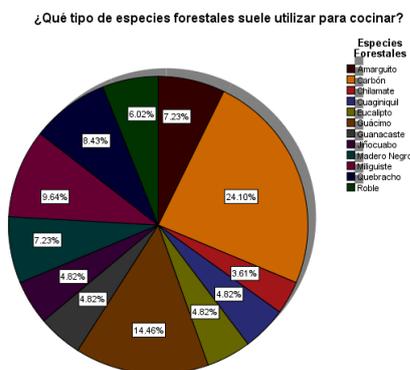
De esta manera se obtuvieron las especies forestales comúnmente utilizadas como combustible para la preparación de los alimentos.

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.

Nombre Común	Nombre Científico
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

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.



Gráfica 1. Especies Forestales utilizadas en la comunidad El Pastoreo.

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 demostrados 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.

La especie forestal mayormente demandada es el Roble, ya que según expresó la población es una de las más

Gráfica 3. Humedad de las Muestras

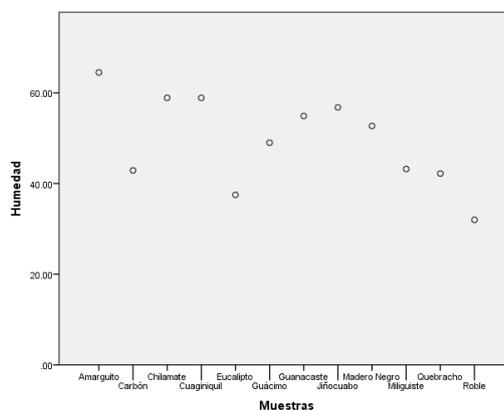


Gráfica 2. Especies Forestales demandadas en la comunidad El Pastoreo.

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**

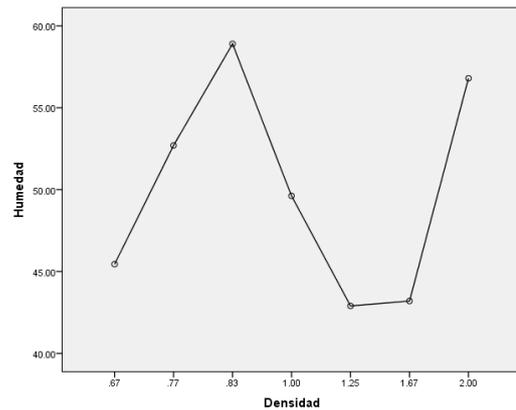


El Gráfico N° 3, muestra los niveles de humedad obtenidos de cada una de las pruebas a las muestras, los cuales oscilan en un rango entre 42% a 64%. Algunas especies forestales como Amarguito, Chilamate, Cuaginiquil y Guanacaste presentaron niveles de humedad mayores al 50%. En cambio, otras especies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

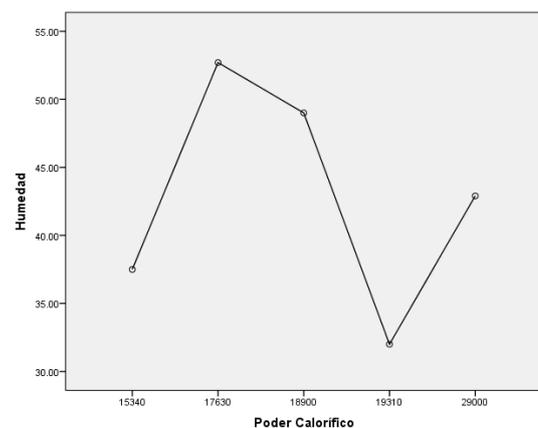
Los resultados obtenidos en las pruebas fueron de gran importancia, ya que según la Norma DIN 52182, el contenido de humedad máximo que puede tener la madera para quemar es de alrededor de 65% a 70%.

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.



Gráfica 4. Humedad - Densidad de las Muestras

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.



Gráfica 5. Humedad - Poder Calorífico

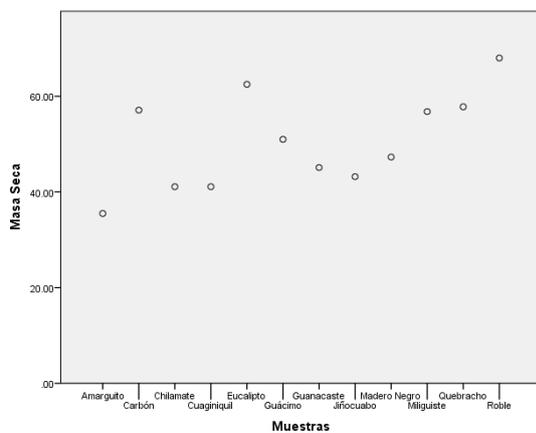
Mediante el Gráfico N° 5, se muestra la relación entre el contenido de humedad con el poder calorífico. Las especies forestales con menor humedad como el Roble y Carbón, presentaron un contenido de energía mayor. A diferencia, de otras

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



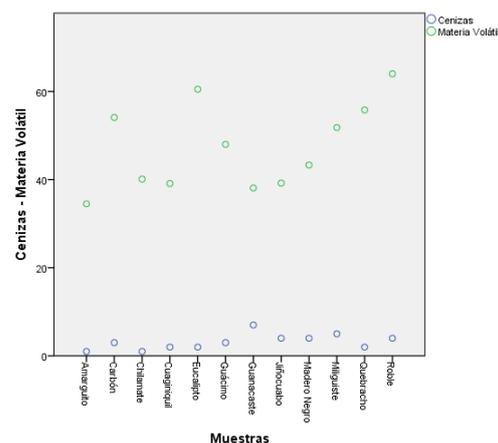
Gráfica 6. Masa Seca de las Muestras

de combustión.

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%.

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 ≤ 1.5 gr. Las especies forestales obtenidas dentro de este rango fueron Amarguito y Chilamate.

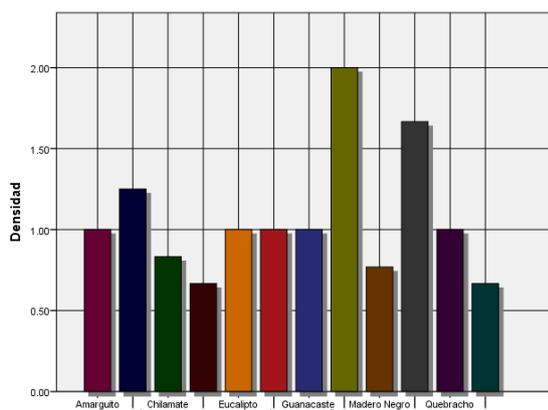


Gráfica 7. Materia Volátil y Cenizas de las Muestras

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 g/cm^3), Miligüiste (1.67 g/cm^3) y el Carbón (1.25 g/cm^3) las más densas. En cambio, otras especies forestales como Chilamate (0.83 gr/cm^3), Madero Negro (0.77 g/cm^3) y Roble (0.67 g/cm^3), presentaron menor concentración de densidad en la madera.



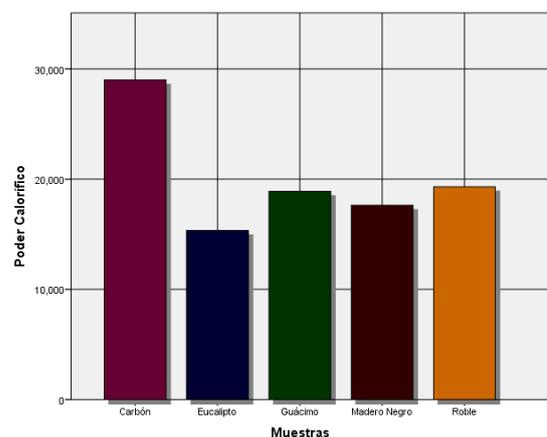
Gráfica 8. Densidad de las Muestras

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 g/cm^3 y 1.4 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.

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 promedio. A diferencia de esto Eucalipto (15,340 KJ/Kg) y Madero Negro (17,630 KJ/Kg), obtuvieron los valores menores de poder calorífico.



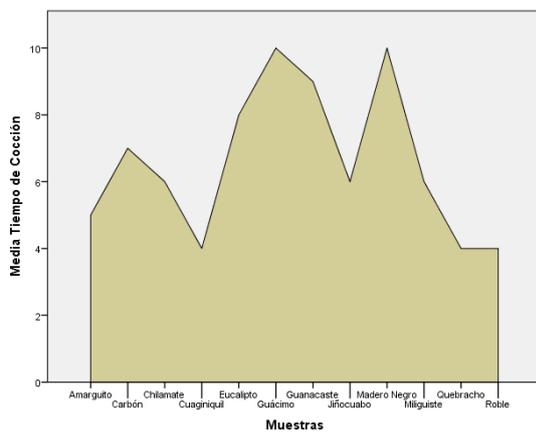
Gráfica 9. Poder Calorífico de las Muestras

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**

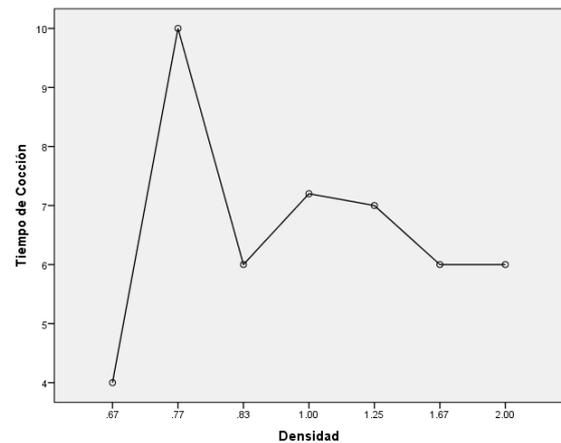
Los resultados de la prueba de cocción fueron analizados mediante un histograma, donde se muestra que especies forestales como el Roble, Quebracho y Cuaginiquil tomaron poco tiempo en llegar al punto de ebullición al agua. Sin embargo, el Madero Negro, Miligüiste y Guácimo requirieron de mayor tiempo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



Gráfica 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.

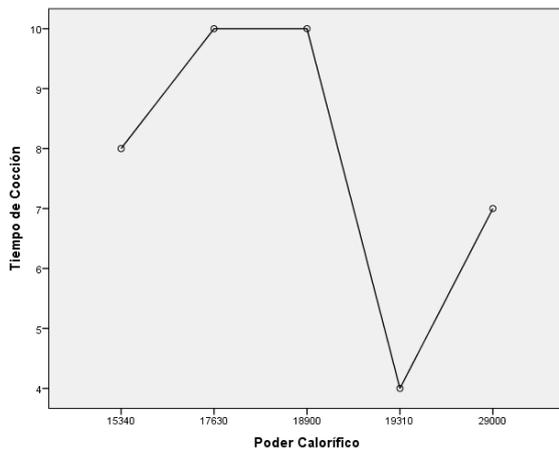


Gráfica 11. Densidad - Tiempo de Cocción

En cambio, las especies con densidad media presentaron tiempo de cocción promedio.

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.



Gráfica 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.

Correlación		Humedad	Densidad	Poder Calorífico
Tiempo de Cocción	Correlación de Pearson	.051	.017	-.28
	Sig. (bilateral)	.874	.959	.68
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	12.492	.163	-13144.00
	Covarianza	1.136	.015	-3286.00
	N	12	12	

Tabla 2. 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.

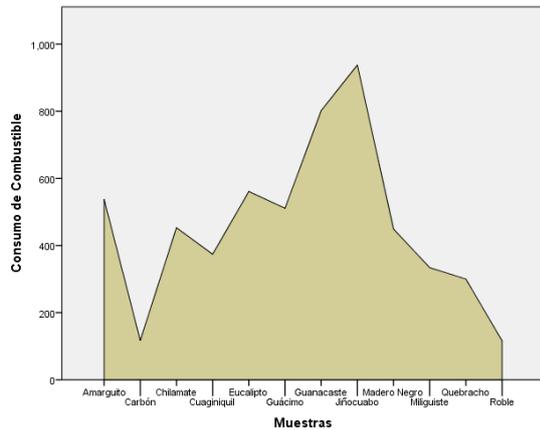


Gráfico 1 . Consumo de Combustible

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.

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.

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.

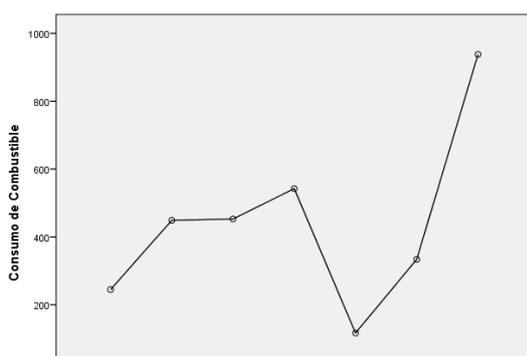


Gráfico 2. Densidad - Consumo de Combustible

Con respecto al poder calorífico, especies forestales como Eucalipto y Guácimo, las

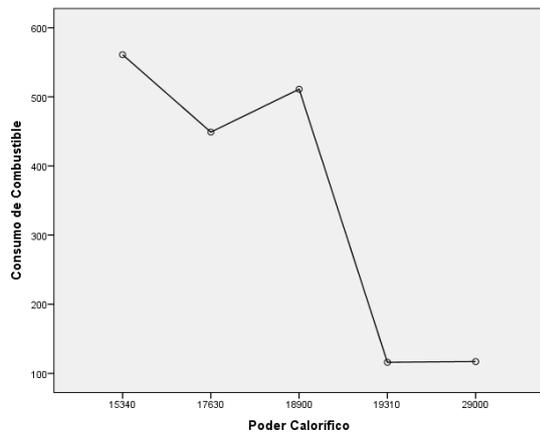


Gráfico 3 . Poder Calorífico - Consumo de Combustible

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.

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.

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.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Lucas Herguedas, A. I., & Peso Taranco, C. (2012). *Biomasa, Bio Combustibles y Sostenibilidad*. Madrid: Centro Tecnológico Agrario y Agro alimentario.

(1986). *DIN 51731. Determinación del Poder Calorífico de la Madera*.

(1977). *DIN 52182. Determinación del Contenido de Humedad de la Madera*.

(1976). *DIN 52183. Determinación de la Densidad de la Madera*.

FAO. (1997). *The role of wood energy in Europe*.

FIDER. (2003). *Plan de Manejo Reserva Natural Tisey Estanzuela*. Estelí, Nicaragua. Obtenido de http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MARENA/MARENA0195/Plan_ManTiseyEstanzuela.pdf

Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: MacGraw Hill.

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

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

Pineda, E., Alvarado, E. L., & Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación*.

Piura, J. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Managua: PAV, S.A.

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.