

DISEÑO DE BRIQUETAS ECOLÓGICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGIA
CALÓRICA Y MEJORAMIENTO DE ECOSISTEMAS EN EL CORREGIMIENTO DE
NABUSIMAKE, MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO-CESAR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

ALEXANDER VERA VELASQUEZ

ASESOR:
DAMILETH DEARMAS DUARTE, MSC CIENCIAS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA –UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VALLEDUPAR
2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR

JURADO

JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedico a Dios, por permitirme vivir y por darme la oportunidad de lograr mis objetivos, a mis padres y mi esposa por su cariño, apoyo incondicional para culminar este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1	JUSTIFICACION	11
1.2	PROBLEMA.....	13
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Objetivo general	14
1.3.2	Objetivos específicos.....	14
2.	ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
2.1	UBICACIÓN	15
2.2	CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO	16
2.2.1	Suelo	16
2.2.2	Hidrografía.....	17
2.2.3	Climatología	17
2.2.4	Temperatura.....	18
2.2.5	Aire	18
2.3	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO.....	19
2.3.1	Flora.....	19
2.3.2	Fauna	19
2.4	CARACTERIZACIÓN SOCIOECONOMICA Y CULTURAL	20

2.4.1	Aspectos sociales	20
2.4.2	Aspectos económicos	21
2.4.3	Aspectos culturales	21
3.	MARCO TEÓRICO	22
3.1	Bases Teóricas	22
3.1.1	Biomasa	22
3.1.2	Tipos de Biomasa	22
3.1.3	Briqueta ecológica	22
3.1.4	Residuos forestales	23
3.1.5	Residuos agrícolas:	23
3.1.6	Poder Calorífico	23
3.1.7	Bomba de Parr o Equipo Calorimétrico	24
3.1.8	Balanza Analítica	24
3.1.9	Termómetro	24
3.1.10	Cisco de Café	24
3.1.11	Cascarilla de Arroz	24
3.1.12	Bagazo de Caña	25
3.1.13	Aserrín	25
3.2	CONSTRUCTO	26
3.3	MARCO CONCEPTUAL TEORICO	27

	3
3.4 MARCO CONCEPTUAL DE EVIDENCIAS	28
3.5 RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES	30
3.6 MAPA CONCEPTUAL DE METODOS DE ESTUDIO	32
4. ESTADO DEL ARTE	33
5. METODOLOGÍA	34
5.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS	34
5.1.1 TRABAJO DE CAMPO	36
5.1.2 Elaboración de aglomerante	36
5.1.3 Elaboración de Briquetas	37
5.1.4 Compactación de la Mezcla	40
5.1.5 Secado de los bloques experimentales	42
5.1.6 FLUJOGRAMA DE PROCESOS	44
5.1.7 DISEÑO EXPERIMENTAL TOTALMENTE ALEATORIO	45
5.1.8 TRABAJO DE LABORATORIO	48
5.1.9 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	50
6. RESULTADOS	50
6.1.1 TRABAJO DE CAMPO	51
6.1.2 4.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PRUEBA DE CAMPO, BRIQUETAS EXPERIMENTALES	53
6.1.3 TRABAJO EN LABORATORIO	55

6.2	Porcentaje de Cenizas	64
6.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	65
6.3.1	Calculo de la humedad de las briquetas.....	67
6.4	Análisis del impacto social, económico y ambiental	68
6.5	Percepción de la investigación sobre la comunidad beneficiada	70
6.6	CAPACITACIÓN A COMUNIDADES INDÍGENAS Y CAMPESINAS	71
7.	CONCLUSIONES	71
8.	RECOMENDACIONES	73
9.	COMENTARIOS	74
10.	ANEXOS.....	75
10.1	PRESUPUESTO	1
10.2	MANUAL PARA ELABORAR Y UTILIZAR BRIQUETAS ECOLOGICAS.....	1
11.	REFERENCIAS.....	1

TABLA DE ILUSTRACIONES

TABLA 1 PODERES CALORÍFICOS DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASA	29
TABLA 2. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE BIOMASA	30
TABLA 3 CONSUMO DE BIOMASA POR SECTORES.....	30
TABLA 4. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BIOMASA	31
TABLA 6. PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN	36
TABLA 7. PROPORCIONES BLOQUE EXPERIMENTAL 1	46
TABLA 8. PROPORCIONES BLOQUE EXPERIMENTAL 2	46
TABLA 9. PROPORCIONES BLOQUE EXPERIMENTAL 3	46
TABLA 10. ALEATORIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS A LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	47
TABLA 11. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS A LOS BLOQUES EXPERIMENTALES	51
TABLA 12. RESULTADOS OBTENIDOS PRUEBA DE COCCIÓN MEDIDO EN MINUTOS.	51
TABLA 15. PROMEDIO TIEMPO DE RENDIMIENTO	54
TABLA 13. TIEMPO DE EBULLICIÓN DE ACUERDO A PROTOTIPOS	¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 14. ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN SOLO FACTOR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 16. PRUEBA PRELIMINAR BE1	56
TABLA 17. PRUEBA PRINCIPAL BE1.....	56

TABLA 18. PRUEBA COMPLEMENTARIA BE1	56
TABLA 19. PRUEBA PRELIMINAR BE2	58
TABLA 20. PRUEBA PRINCIPAL BE2.....	58
TABLA 21. PRUEBA COMPLEMENTARIA BE2	59
TABLA 22. PRUEBA PRELIMINAR BE3	60
TABLA 23. PRUEBA PRINCIPAL BE3.....	60
TABLA 24. PRUEBA COMPLEMENTARIA BE3	61
TABLA 25. PRUEBA PRELIMINAR MUESTRA LEÑA	62
TABLA 26. PRUEBA PRINCIPAL MUESTRA LEÑA.....	62
TABLA 27. PODER CALORÍFICO Y CENIZAS EN BLOQUES EXPERIMENTALES Y MUESTRA DE LEÑA BRASIL.	65
TABLA 28. % DE HUMEDAD BLOQUES EXPERIMENTALES	67
TABLA 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	75

TABLA DE IMÁGENES

IMAGEN 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE NABUSIMAKE.....	15
IMAGEN 2. RELIEVE TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
IMAGEN 3 FLORA CARACTERÍSTICA DE NABUSIMAKE	19
IMAGEN 4 DIVISIÓN DE LA BIOMASA.....	28
IMAGEN 5 PROCESOS TÉRMICOS DE CONVERSIÓN	28
IMAGEN 6. PELADO DE YUCA	36
IMAGEN 7. ALMIDÓN EN POLVO OBTENIDO.....	37
IMAGEN 8. PREPARACIÓN DE AGLOMERANTE NATURAL	37
IMAGEN 9. BAGAZO DE CAÑA.....	39
IMAGEN 10. CISCO DE ARROZ.....	39
IMAGEN 11. CASCARILLA DE CAFÉ.....	40
IMAGEN 12 PRENSA HIDRÁULICA.....	41
IMAGEN 13 DIFERENTES FORMAS DE BRIQUETAS.....	41
IMAGEN 14 BRIQUETA MEJORADA.....	41
IMAGEN 15. MOLDE DE PVC, ÉMBOLO Y MEZCLA	42
IMAGEN 16. SECADO DE BRIQUETA EN MARQUESINA.....	43
IMAGEN 17. EQUIPO BOMBA DE PARR.....	48
IMAGEN 18. REALIZACIÓN PRUEBA CALORIMÉTRICA.....	49
IMAGEN 19. CAPACITACIÓN A POBLACIÓN RURAL.....	71

GRAFICOS

GRAFICO 1 TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLE	27
GRAFICO 2. PRUEBAS DE LABORATORIO	29
GRAFICO 3. MÉTODOS DE ESTUDIO	32
GRAFICO 4. ELABORACIÓN DE BLOQUES EXPERIMENTALES.	44
5. RENDIMIENTO MASA/TIEMPO DE EBULLICIÓN.....	52
GRAFICO 6. RENDIMIENTO MASA/TIEMPO DE EBULLICIÓN.	52
GRAFICO 7. RENDIMIENTO MASA/TIEMPO DE EBULLICIÓN.	53
GRAFICO 8. COMPARACIÓN DE PODER CALORÍFICO DE BLOQUES EXPERIMENTALES DE LAS BRIQUETAS Y LAS ESPECIES EMPLEADAS PARA LEÑA.....	66

1. INTRODUCCIÓN

El rápido incremento de las actividades humanas desde la revolución industrial ha causado un aumento descontrolado en los consumos de recursos naturales y energía en un corto plazo. Los consumos en masa y una mayor producción influyen en la ecología y todos los procesos biológicos de la tierra, más el incremento desbordado de recursos no renovables causan problemas ambientales relacionados con la contaminación del aire, el agua y el suelo (**Kania A, 2006**).

Actualmente Colombia abastece de energía eléctrica a su población, con el aprovechamiento de los combustibles fósiles, como el gas, carbón, fuel-oíl, combustóleo y ACPM, los que cada vez se vuelven más escasos y difíciles de encontrar. De esta manera En 2010 la generación de energía eléctrica en Colombia fue de 56.887,6 GWh, 1,6% por encima de la registrada en 2009 (55.965,6 GWh). (Ministerio de minas y energías , 2011).

La demanda de consumo energético es creciente en el país, lo que ha conllevado a que los actores principales realicen proyectos que permitan abastecer de manera significativa y de calidad a la población, aun sin importar todas las consecuencias y efectos negativos que estos tienen en el medio ambiente. El departamento del Cesar, no es ajeno a este tipo de producción, ya que en él se encuentran ubicadas varias de las empresas explotadoras de carbón más importantes del país, como lo son Drummond, Prodeco, CNR, Vale, entre otras. Además de esta problemática sumamos el hecho de que muchas comunidades indígenas y campesinos, recurren a la tala de árboles nativos como el Guayabo (*Feijoa Sellowiana*), Guacharaco (*Cupania Cinerea*), Peralejo (*Curatella americana*), Brasil (*Haematoxylum brasiletto*), y similares; para obtener leña y de ahí la fuente térmica para la cocción de sus alimentos, lo que ha conllevado a que en municipios como Pueblo Bello, en el caso particular de la Sierra Nevada se registren cifras en quemas de 220 (has) y tala

de más de 150 has por año de bosques (Viloria de la Hoz, 2005), lo que indica un alto grado de deforestación y aceleración en su deterioro, hasta el punto de considerarse en peligro su gran biodiversidad.

Sin embargo, existen diversas posibilidades de mitigar los impactos ambientales generados de las actividades humanas y productivas, que implican el desarrollo de buenas prácticas de desempeño y gestión ambiental, en donde, la implementación o aplicación de tecnologías limpias son fundamentales para garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Por ello, en el año 2013 se inició el desarrollo de un proyecto investigativo denominado “elaboración de briquetas ecológicas para la generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas”, logrando el diseño y estandarización de un biocombustible sólido mediante el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos y la incorporación de un aglomerante natural, sin el uso de aditivos o componentes tóxicos, como una fuente de energía alternativa viable y sostenible ambientalmente, teniendo en cuenta que su uso permite obtener un excelente rendimiento de masa/calor y la disminución de los porcentajes de emisiones en humo, olores y material particulado; así como del consumo de la leña utilizada en actividades domésticas de las zonas urbanas y rurales del municipio, además de contribuir significativamente a la preservación y conservación de los recursos naturales existentes.

1.1 JUSTIFICACION

El uso de la leña para la cocción de alimentos es habitual en los hogares campesinos e indígenas del municipio de Pueblo Bello Cesar, especialmente en el corregimiento de Nabusimake debido, a que estos no cuentan con otra fuente para suplir la necesidad de generar energía calórica, lo cual con el transcurrir del tiempo ha creado graves problemas ambientales por la disminución de la capa boscosa y aumento de las enfermedades respiratorias, esto se debe a los ineficientes procesos de combustión, ya que estas liberan compuestos tóxicos como dioxinas, monóxido de carbono, dióxidos de nitrógeno y dióxido de azufre que afectan especialmente a niños y población adulta de las zonas rurales.

Las estufas de leña emiten entre 10-180 gramos de monóxido de carbono (CO) por kg de leña. Los efectos del monóxido de carbono al mezclarse con la sangre son entre otros: disminución de los niveles de oxígeno, lo que afecta el corazón, y en concentraciones elevadas generan pérdida de conciencia, daño cerebral e incluso la muerte. El contacto con dióxido de nitrógeno (NO₂) durante temporadas prolongadas, origina enfermedades respiratorias, especialmente en los niños menores de 4 años. Por su parte, la exposición al dióxido de azufre (SO₂) produce tos, congestión en el pecho, bronquitis, reducción en las funciones pulmonares y aumento en el riesgo prematuro de muerte. Las partículas suspendidas producen pulmonía, asma y bronquitis (Mejia Barragán, 2011).

Por otro lado, las cifras por deforestación en estas zonas del departamento del Cesar son altas; debido, a que muchos pobladores deben recurrir a la tala de árboles, que después de deshidratados utilizan como leña para la preparación de alimentos. En un trabajo de campo realizado en corregimientos y veredas del municipio de Pueblo Bello, reveló que una familia deforesta un árbol tipo peralejo por semana, si por las estimaciones de las zonas rurales existen mínimo 200 familias

que elaboran alimentos con base en la leña, en promedio unos 9.600 árboles/año desaparecen de éste ecosistemas relevante. (Gutiérrez de Piñeres, 2009).

Es por ello que con el desarrollo de esta investigación se realiza un aporte significativo a las comunidades del municipio, especialmente los campesinos e indígenas ya que se aprovechan los residuos lignocelulósicos procedentes de los sectores agrícolas y manufactureros, los cuales serían transformados en un biocombustible sólido amigable con el medio ambiente, el cual reduce el problema energético, las enfermedades respiratorias y los altos costos de pipetas de gas propano.

De igual forma, el diseño de briquetas ecológicas representan un alternativa viable, significativa y ambientalmente sostenible para la generación de energía calórica, contribuyendo a la mejora de los ecosistemas, a la preservación y conservación de la vegetación boscosa nativa, a la disminución de las enfermedades producidas por el humo y gases de combustión incompleta, a la disminución de las emisiones generadas a la atmosfera y aportando a las estrategias en contra del cambio climático mediante la producción limpia.

1.2 PROBLEMA.

La madera es la principal fuente de energía de la humanidad, la cual es obtenida de los recursos forestales. De acuerdo con Singer “La leña es la fuente más antigua de calor utilizada por el hombre, lo que quizás se debe al hecho de que es mucho más accesible que otros combustibles y a que prende fácilmente. (Mejía Barragán, 2011). Lo cual hace que aún hoy día se siga utilizando en hogares urbanos y rurales de acuerdo con los métodos tradicionales.

El municipio de Pueblo Bello para el año 2012 según el DANE cuenta con una población total de 20.677 Habitantes, los cuales son principalmente rurales ya que en ésta zona se concentra el 75% de los mismos, representados en un 58% por etnias indígenas como la Arhuaca. Así mismo, es considerado el municipio con más alto porcentaje de Necesidades Básicas Insatisfechas del departamento del Cesar, donde cerca del 84% de los habitantes registran casos de desnutrición y déficit cualitativo de vivienda. (AlcaldíaMunicipal, 2012). Además, se encuentra el hecho de que no existe la interconexión de suministro de gas natural, de tal forma que los habitantes obtienen energía calórica a través del uso de pipetas de gas propano o del aprovechamiento de la leña para la cocción de sus alimentos, en donde esta última alternativa genera emisiones que afectan la vista, la piel y las vías respiratorias, especialmente en niños y amas de casa de las zonas rurales. Así como la degradación de los suelos y deterioro de los recursos naturales existentes.

Aun cuando no existe un informe de evaluación que permita conocer la situación actual del uso de la leña en esta región del departamento, es importante determinar que la crisis energética es alarmante, teniendo en cuenta que existe un agotamiento de los recursos naturales, especialmente la maderera y que la población dispone cada vez menos de la energía mínima requerida para la cocción de sus alimentos, originando así condiciones de higiene y nutrición lamentables para las

comunidades indígenas y campesinos del Municipio, debido a la preparación inadecuado de sus alimentos por falta de combustible y el cambio desbordado de sus ecosistemas a causa de la tala indiscriminada de árboles nativos para la obtención de la leña.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un prototipo de briqueta ecológica a partir de biomasa vegetal deshidratada para la generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello del Departamento del Cesar.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las variables relacionadas con las propiedades fisicoquímicas de las briquetas ecológicas, en donde se establezca la emisión de energía térmica, humedad, cenizas, mediante bloques experimentales en laboratorios pilotos.
- Determinar la mezcla ideal de materias primas provenientes de la zona de influencia, que mejor eficiencia de energía y durabilidad por masa presente en la combustión.
- Elaborar un aglomerante natural que ayude a mejorar el grado de adhesión entre las partículas que forman la briqueta.
- Capacitar personas pertenecientes a las comunidades indígenas y campesinos en la elaboración y comercialización de briquetas ecológicas en el corregimiento de Nabusimake, como estrategia de sostenimiento ambiental.

2. ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN

El Corregimiento de Nabusimake se encuentra ubicado en estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en el Municipio de Pueblo Bello, Departamento del Cesar, habitado especialmente por comunidades indígenas pertenecientes a la etnia Arhuaca y en la que este nombre significa “Tierra donde Nace el Sol”.

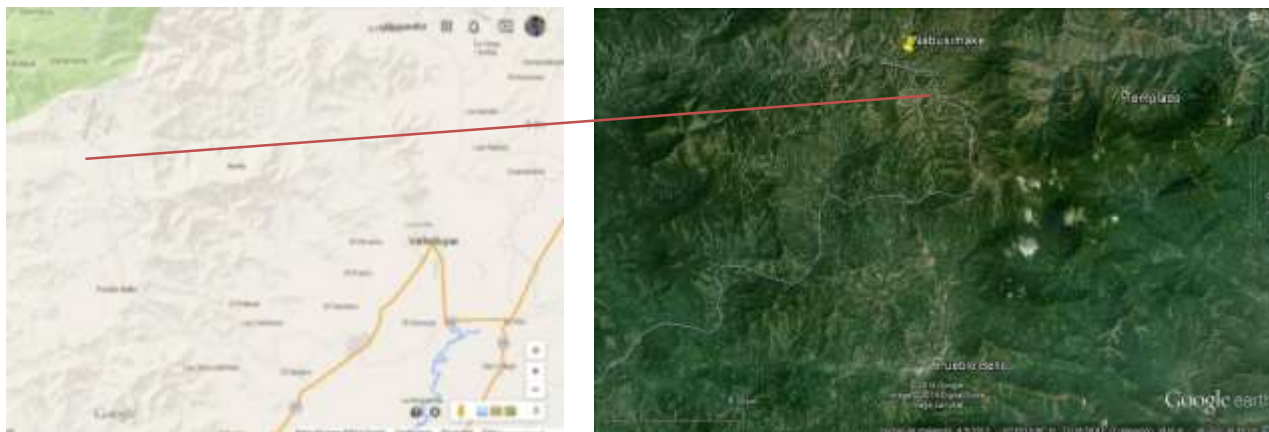
Su ubicación por coordenadas geográfica, según información de Google Earth es:

Latitud: 10°33'53.90"N

Longitud: 73°36'23.9"O

Este corregimiento cuenta con 14 entre las que se distinguen La Pradera, Kuaniman, La Granja, Atikimake, Sabana Larga, Tierras Nuevas, Arroyo Molino, Kurakata, San Francisco, Zirkairo, Tracameina, Makogeka, Togaza y Afecta.

Imagen 1. Ubicación Geográfica de Nabusimake



Fuente: Vera A. (2014)

2.2 CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO

2.2.1 Suelo

El área de estudio se centra en la cabecera corregimental de Nabusimake que cuenta con aproximadamente 61 hectáreas (Alcaldía Municipal, 2007), se encuentra a una altura de 2600 msnm, lo que indica que presenta características de relieves y zonas montañosas.

Las tierras son aprovechadas mayormente en la producción agrícola de cultivos como el café, el maíz y el guineo y la explotación de ovinos y bovinos así como la cría de peces.

Sus suelos se caracterizan por tener una textura limosa y arcillosa, poseen un alto contenido de materia orgánica, son en su mayoría de color oscuro, buena capacidad de retención de agua y altamente productivos.

Imagen 2. Relieve Topográfico del área de estudio



Fuente: Vera A, (2014)

El Resguardo indígena Arhuaco perteneciente al poblado de Nabusimake, área que se traslapa en el sector norte del municipio con el parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta. La posición estratégica que ocupa el municipio de Pueblo Bello, le permite formar parte de la Reserva Mundial de la Biosfera y a la vez Patrimonio de la Humanidad, categoría que le asignan la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de las Naciones Unidas (UNESCO) a la Sierra Nevada, respectivamente. (Alcaldía Municipal, 2007)

2.2.2 Hidrografía

Nabusimake cuenta con una cuenca hidrografía conocida por los pobladores como Piedras Lisas o San Sebastián que es fuente de abastecimiento de agua para la comunidad asentado en este corregimiento, así mismo se encuentran diferentes acequias que se localizan a lo ancho y largo del mismo.

2.2.3 Climatología

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo, lugar o región y controlado por los denominados factores farsantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, críosfera, biosfera y antropósfera).

Algunos elementos del clima son, la precipitación, temperatura, humedad, vientos, brillo solar, entre otros, siendo la precipitación y temperatura los factores más importantes, para la definición y clasificación del clima en una región dada.

En nuestro país contamos con tres tipos de clima como lo es el cálido, templado frío y paramo, lo cual en cada uno de ellos encontramos diferentes aspectos económicos, culturales, como además diversos tipos de topografía.

El corregimiento de Nabusimake cuenta con un clima Templado Frío ya que tiene una Temperatura media anual de alrededor de 15°C y precipitaciones de aprox. 1880 mm. El mes con más precipitaciones es Octubre y el más seco es Enero, la temperatura más elevada se registra en el mes de Abril.

Precipitación

El régimen pluviométrico de esta zona es de carácter bimodal, es decir, se presentan dos periodos de mayor pluviosidad que van de Marzo a Junio, el primero; y de Agosto a noviembre el segundo, siendo octubre el mes más lluvioso. Los meses restantes pertenecen a épocas de verano. (Vera A. 2013)

2.2.4 Temperatura

Este parámetro se mantiene constante a lo largo del año y solo sufre variaciones ligeras inferiores a los 10°C, el mayor valor de la temperatura se presenta en Junio con 20.5°C (Alcaldía Municipal, 2007). El clima de la subregión es templado frío y oscila entre 15° y 18° C.

2.2.5 Aire

En el corregimiento de Nabusimake los vientos no son predominantes, teniendo en cuenta su cabecera se encuentra situada en un Valle, rodeada de un sistema montañoso espeso. En la zona se ha visto incrementado la quema de bosques para la implementación de cultivos dejando como resultado partículas que se suspende en el aire, este hecho ha originado un impacto en la salud a la comunidad del corregimiento de Nabusimake

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

2.3.1 Flora

Imagen 3 Flora característica de Nabusimake



Fuente: Vera A. (2013)

Nabusimake se caracteriza por tener una diversidad vegetal exuberante, en ella se puede encontrar desde las plantas de las tierras bajas hasta las estepas de los páramos. Los árboles más comunes son el Caracolí (*Anacardium exelsum*), Pomarroza (*Anacardium exelsum*), Mano de Tigre (*Schefflera morototon*) Zambo Cedro (*Guarea trichiloides*), Carbonero (*Albissia carbonaria*), entre otros. (Díaz A. 2014)

Los usos más comunes de las plantas que se dan en esta zona del país son medicinales, alimenticias y construcción.

2.3.2 Fauna

La fauna del corregimiento corresponde a Remanentes de especies representativas del Departamento del Cesar, hoy día, con sus poblaciones naturales disminuidas, producto de la reducción de los Ecosistemas, los grupos más representativos lo Constituyen: aves, reptiles y mamíferos y la Riqueza de especies de invertebrados, entre otros.

Los mamíferos más importantes son: Guartinaja (*Agouti paca*), Zaino (*Tayassus pecari*), Conejo (*Sylvilagus sp.*), Ardilla (*Sciurus granatensis*), Oso Hormiguero (*Tamandua mexicana*) y reptiles como: Serpiente Mapana (*SP Botrox*), Boa (*Boa constrictor*), Iguana (*Iguana*).

Las aves Constituyen uno de los grupos más variados entre las que se destacan azulejos, toches enjalmados, turpiales, sinsontes, cacique candela y reinitas, Al igual que muchísimos insectos como mariposas de vistosos colores, abejas angelitas, hormigas, y las chicharras.

2.4 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONOMICA Y CULTURAL

2.4.1 Aspectos sociales

De acuerdo al diagnóstico de vivienda y saneamiento del municipio de Pueblo Bello, la población proyectada del corregimiento de Nabusimake al año 2012 es de 1500 habitantes pertenecientes en casi su totalidad a la etnia indígena Arhuaca.

Este corregimiento tiene como actividad productiva la producción de cultivos agrícolas como el Café, Maíz, Plátano, Hortalizas y Frutas como la Fresa, Tomate de Árbol y Mora, además de explotar ovinos, bovinos y cría de peces. La población por su condición étnica y posición geográfica se caracteriza por tener un alto índice de Necesidades Básicas Insatisfechas, en donde no cuenta con servicio de energía eléctrica, agua potable y servicios de saneamiento, así mismo falta de vivienda digna, vías de acceso adecuadas y un servicio de salud óptimo.

Generalmente la mayoría de las familias se alimentan de lo que producen y compran el resto de alimentos a través del intercambio de sus productos. A pesar de que los diferentes entes territoriales y el sector privado intervienen en la zona para implementar programas de cooperación, estos han sido insuficientes ya que el nivel de pobreza de los indígenas es alta y en la mayoría de los casos extrema.

2.4.2 Aspectos económicos

El corregimiento de Nabusimake presenta una economía basada en el sector primario, a través de actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas. En ella se destacan los cultivos de maíz, frijol, guineo, fresa y café, en donde este último está constituido como la principal actividad económica. Aunque no se datan cifras exactas de su nivel de producción, se tiene como referencia el Municipio de Pueblo Bello quien tiene una capacidad conjunta de producción de 10.000 sacos de café verde cosechados entre los meses de noviembre y abril (Café de Colombia, 2012).

Los pobladores subsisten de lo que producen, de los intercambios que realizan con los comercializadores de la Región y de los beneficios o subsidios otorgados por el Gobierno, en ella no existen empresas que generen empleos formales para la comunidad.

2.4.3 Aspectos culturales

La tierra es considerada como la "madre" y brinda los productos que alimentan a sus hijos (hombres). Cada familia dispone de dos o más parcelas, localizadas en distintos pisos térmicos. La propiedad sobre la tierra del resguardo es de tipo colectivo y corresponde al Cabildo Gobernador la asignación de tierras dentro de esta jurisdicción, proceso que se basa en mecanismos de consulta y concertación interna. A nivel comunitario, existen diversas prácticas de apoyo y reciprocidad en el trabajo entre las diferentes unidades de producción (generalmente familiar) e igualmente en cuanto se hace a las labores comunitarias. (DDHH, 2010)

La cabeza de la estructura social está representada en la figura del Mamo, hombre de conocimiento y jerarquía social del pueblo, estos encabezan la estructura de los cabildos, es el que toma las decisiones y ejerce justicia. En su ejercicio, cuenta con unos ayudantes - comisarios, cabos mayores y cabos menores - mediante los cuales se ejecutan sus decisiones.

La familia nuclear es considerada como una estructura básica de la organización social, alrededor del cual se ha ido dando un proceso de autoafirmación en cuanto a la pertenencia a linajes y castas. (DDHH, 2010)

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Bases Teóricas

3.1.1 Biomasa

Se entiende por tal al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO₂ del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol. (Secretaría de Energía, 2008)

3.1.2 Tipos de Biomasa

La biomasa que podremos usar como fuente de energía se encuentra, principalmente, de dos formas: como cultivos con un aprovechamiento claramente orientado a la producción de energía o como un residuo de los trabajos forestales y agrícolas, o de sus industrias asociadas. (Secretaría de Energía, 2008)

3.1.3 Briqueta ecológica

Las briquetas son bloques sólidos, utilizados como biocombustibles, provenientes de distintos materiales residuales conocidos como biomasa, tipo cascarilla de arroz, de café, caña de azúcar, pulpa de papel, cáscaras de coco, cartón, carbón, aserrín, entre otros, usados por la industria para generar energía calórica (Barrera Otálora, 2011). El término de Briqueta es un poco confuso,

debido a que se fabrica con varios materiales compactados, en forma de cilindro, rectangular y redondas con el fin de sustituir la leña. La materia prima para la elaboración de briquetas puede ser de biomasa forestal, industrial residual, carbón vegetal o la mezcla de todas ellas.

Estas leñas compactadas son utilizadas para cocción de alimentos, calefacción y uso industrial para la fabricación de ladrillos, cal, cemento, metalurgias, secadores, tostadores y demás procesos que consumen grandes cantidades de madera. (Da Silva Arce, 2013).

3.1.4 **Residuos forestales**

Los residuos del aprovechamiento de nuestros bosques son una fuente muy importante de recursos de biomasa. Entre ellos se encuentran restos de las podas, serrín, virutas, recortes y cortezas, que se generan tanto en el campo como en las industrias donde se aprovecha la madera, que son las principales consumidoras de este recurso con fines energéticos. (Solarízate, sfp)

3.1.5 **Residuos agrícolas:**

Son de muchos tipos, desde las podas de olivos, vides y frutales hasta los residuos de cultivos herbáceos, como la paja de cereales. Parte de estos residuos se queda en el campo, para recuperar los nutrientes de la tierra, pero otra parte puede ser usada como combustible (Solarízate, sfp)

3.1.6 **Poder Calorífico**

Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico de combustible al oxidarse en forma completa, es decir, cuando el carbono pase a anhídrido carbónico. Puede expresarse en Kcal/kg; Kcal/m³; BTU/lb; BTU/pe³. (Fernández J, sfp).

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. El poder calorífico depende fundamentalmente de la composición química del combustible.

3.1.7 **Bomba de Parr o Equipo Calorimétrico**

El calorímetro es un instrumento que sirve para medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por los cuerpos. Es decir, sirve para determinar el calor específico de un cuerpo, así como para medir las cantidades de calor que liberan o absorben los mismos. (IKA, 2011)

3.1.8 **Balanza Analítica**

Es una balanza (monoplato automática) que permite hacer pesadas con gran rapidez y exactitud, es muy utilizada en todos los laboratorios. (UTN, 2012)

3.1.9 **Termómetro**

Instrumento que sirve para medir la temperatura; el más habitual consiste en un tubo capilar de vidrio cerrado y terminado en un pequeño depósito que contiene una cierta cantidad de mercurio o alcohol, el cual se dilata al aumentar la temperatura o se contrae al disminuir y cuyas variaciones de volumen se leen en una escala graduada.

3.1.10 **Cisco de Café**

Es un subproducto del fruto del café que es utilizado en su mayor parte para la realización de abono orgánico.

3.1.11 **Cascarilla de Arroz**

Es un subproducto de la industria molinera que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato

orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte.

3.1.12 **Bagazo de Caña**

Se produce como consecuencia de la fabricación de azúcar y constituye un subproducto de esta producción. Es un combustible natural para producir vapor en las fábricas azucareras.

Es un material fibroso, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad, en las condiciones en que se obtiene del proceso de molienda de la caña.

3.1.13 **Aserrín**

El serrín o aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. A este material, que en principio es un residuo o desecho de las labores de corte de la madera, se le han buscado destinos diferentes con el paso del tiempo. Se ha usado como cama o lecho para animales, bien en bruto o bien tras su procesado, siendo aglutinado y pelletizado. En los últimos años ha aumentado su uso para la fabricación de pellets destinados a la alimentación de calderas de biomasa.

3.2 CONSTRUCTO.

APROVECHAMIENTO DE BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGIA CALORICA

Por su parte la Secretaria de Energía de Argentina (2008) ha analizado los usos que el hombre ha dado a la biomasa en pro del beneficio, para la realización de sus actividades desde todos los tiempos. Ella define este aprovechamiento como

...La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. Se utilizaba para la cocción, para calentar el hogar, para hacer cerámica, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII. (Coordinacion de energias, 2008).

Fernández J. () define el contexto energético de la biomasa como

...el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. (Fernandez, s.f.).

Estos autores consideran que el aprovechamiento de la biomasa es una fuente de energía renovable viable, por su gran contenido energético procedente de la energía solar que se fija en el proceso de fotosíntesis.

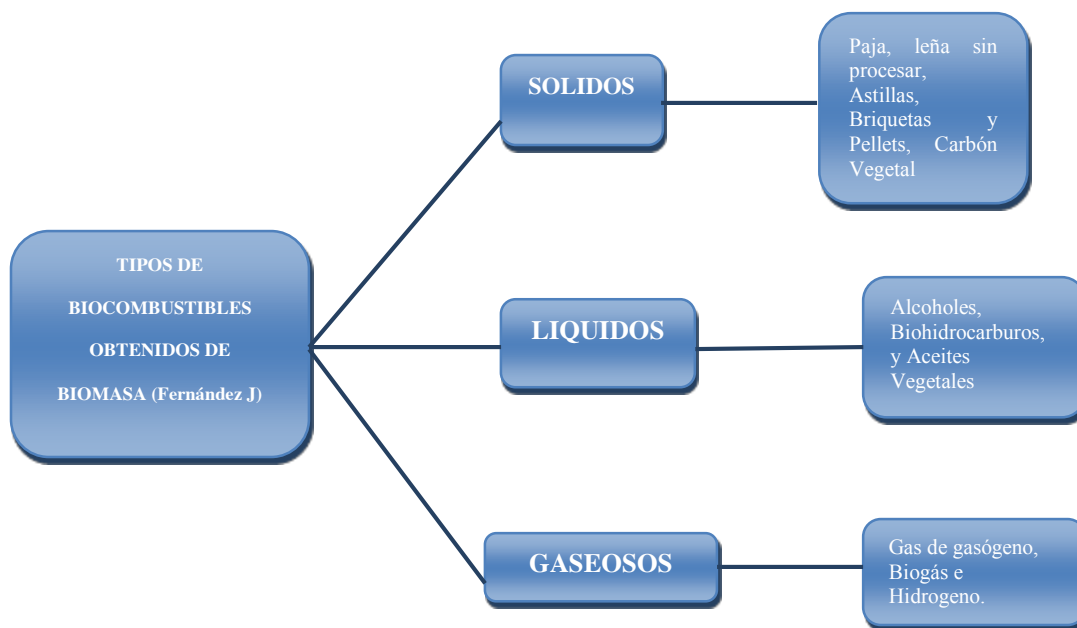
Uno de los referentes teóricos más importantes en relación con el constructo “aprovechamiento de la biomasa para la generación de energía calórica”, es el de Corpoica, quien ha realizado diferentes investigaciones documentales durante los últimos años. Ellos resaltan los beneficios del aprovechamiento de la biomasa de la siguiente manera

...La biomasa es una atractiva materia prima por tres principales razones: primero, es un recurso renovable, segundo tiene propiedades positivas ambientales resultando en menor liberación de emisiones de dióxido de carbono y bajo contenido de azufre. Y tercero, aparece como un potencial económicamente significativo. (Corpoica, s.f.).

3.3 MARCO CONCEPTUAL TEORICO

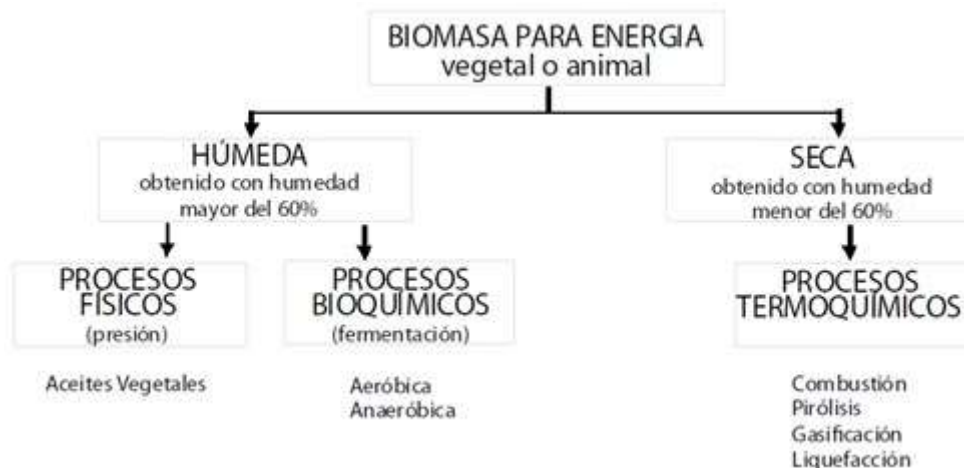
(Fernandez, s.f.) Desglosa el constructor de Aprovechamiento de biomasa para la generación de energía calórica, en varios tipos de biocombustibles que son referenciados a nivel mundial.

Grafico 1 Tipos de Biocombustible



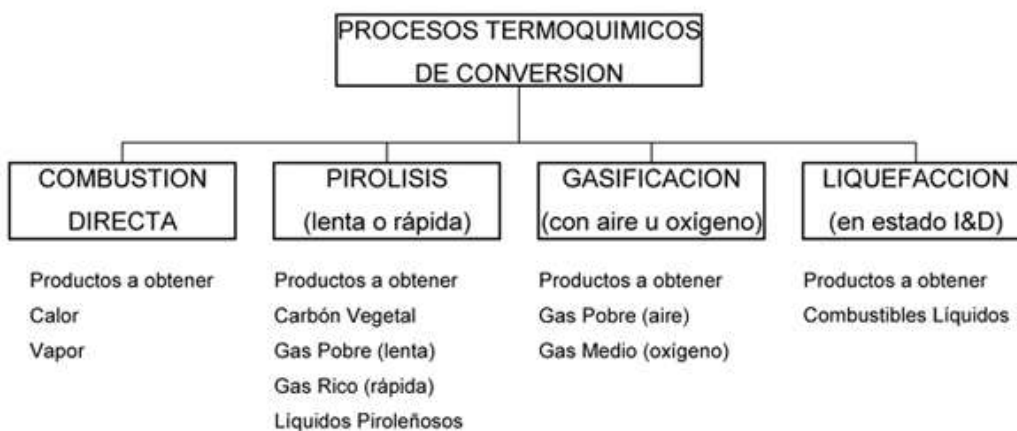
Fuente: Vera A. (2013)

Así mismo la secretaria de Energía de Argentina (2008) divide la biomasa en dos grandes grupos

Imagen 4 División de la biomasa

Fuente: Secretaria de Energía de Argentina (2008)

En el caso particular del objeto de la investigación, el cual es generar energía calórica mediante el aprovechamiento de materia lignocelulósica procedentes de la producción agrícola o de industrias que transforman y producen residuos de dicha naturaleza, comprende un proceso termoquímico sencillo como el de la Combustión, sin embargo la SEA (2008) clasifica dichos procesos de la siguiente manera

Imagen 5 Procesos Térmicos de Conversión

Fuente: SEA (2008)

3.4 MARCO CONCEPTUAL DE EVIDENCIAS

(Fernandez, s.f.) Cita un cuadro de pruebas calorimétricas de diferentes tipos de biomasa, que son utilizadas principalmente y de manera directa en los hogares para la cocción de sus alimentos o como calefacción. El precisa que las formas generales de uso de este tipo de biocombustibles son las astillas, briquetas y pellets.

Tabla 1 Poderes caloríficos de diferentes tipos de biomasa

Poderes caloríficos de diferentes tipos de biomasa				
TIPO DE BIOMASA	PCI			PCS
<i>Contenido en humedad (%)</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>0</i>
RESTOS DE CULTIVOS HERBÁCEOS				
■ Paja de cereales	4060	3630	3300	4420
■ Tallos de girasol	3700	3310	3090	4060
<i>Contenido en humedad (%)</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>40</i>	<i>0</i>
RESTOS DE CULTIVOS LEÑOSOS				
■ Sarmientos de vid	4200	3280	2310	4560
■ Ramas de poda del olivo	4240	3190	2135	4600
<i>Contenido en humedad (%)</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>40</i>	<i>0</i>
RESIDUOS FORESTALES				
■ Leñas y ramas				
■ Coníferas	4590	3590	2550	4950
■ Frondosas	4240	3310	2340	4600
■ Cortezas				
■ Coníferas	4670	3650	2650	5030
■ Frondosas	4310	3370	2380	4670
<i>Contenido en humedad (%)</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>0</i>
RESTOS DE AGROINDUSTRIAS				
■ Cáscara de Almendra	4400	3940	3690	4760
■ Cáscara de Avellana	4140	3710	3470	4500
■ Cáscara de Piñón		4570	4090	3830 4930
■ Cáscara de Cacahuete	3890	3480	3260	4250
■ Cascarilla de arroz		3770	3370	3150 4130
<i>Contenido en humedad (%)</i>	<i>0</i>	<i>15</i>	<i>35</i>	<i>0</i>
RESTOS DE INDUSTRIAS FORESTALES Serrines y virutas				
■ Coníferas	4880	4520	3796	4880
■ Frondosas de clima templado	4630	4270	3580	4630
■ Frondosas tropicales	4870	4520	3780	4870

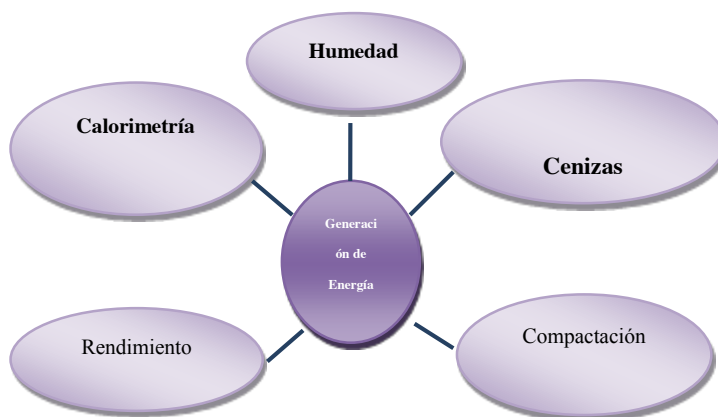
PCS: poder calorífico superior (en kcal/kg)
PCI: poder calorífico inferior (en kcal/kg).

Fuente: Elaboración del autor

Fuente: Fernández J. (sfp)

De igual manera encontramos que las pruebas más comunes realizadas a este tipo de biocombustibles, se definen en la siguiente grafica

Grafico 2. Pruebas de Laboratorio



Fuente: Vera A. (2013)

3.5 RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones encontradas con relación al constructo.

Jesús Fernández en su cuaderno de Energías Renovables (sfp) determino la evolución del consumo de biomasa sectorizado y en términos generales del país de España.

Tabla 2. Evolución del consumo de Biomasa

Evolución del consumo de biomasa (ktep) en España			
	Aplicación eléctrica	Aplicación térmica	Total
■ 1999	227	3.435	3.663
■ 2000	236	3.454	3.691
■ 2001	302	3.462	3.764
■ 2002	516	3.466	3.982
■ 2003	644	3.478	4.122
■ 2004	680	3.487	4.167
■ 2010*	5.311	4.318	9.629
■ 2010**	5.138	4.069	9.207

* Objetivo del PER de 1999
 ** Objetivo del PER de 2005

Fuente: Plan de Energías Renovables

Fuente: Fernández J. (sfp)

Tabla 3 Consumo de biomasa por sectores

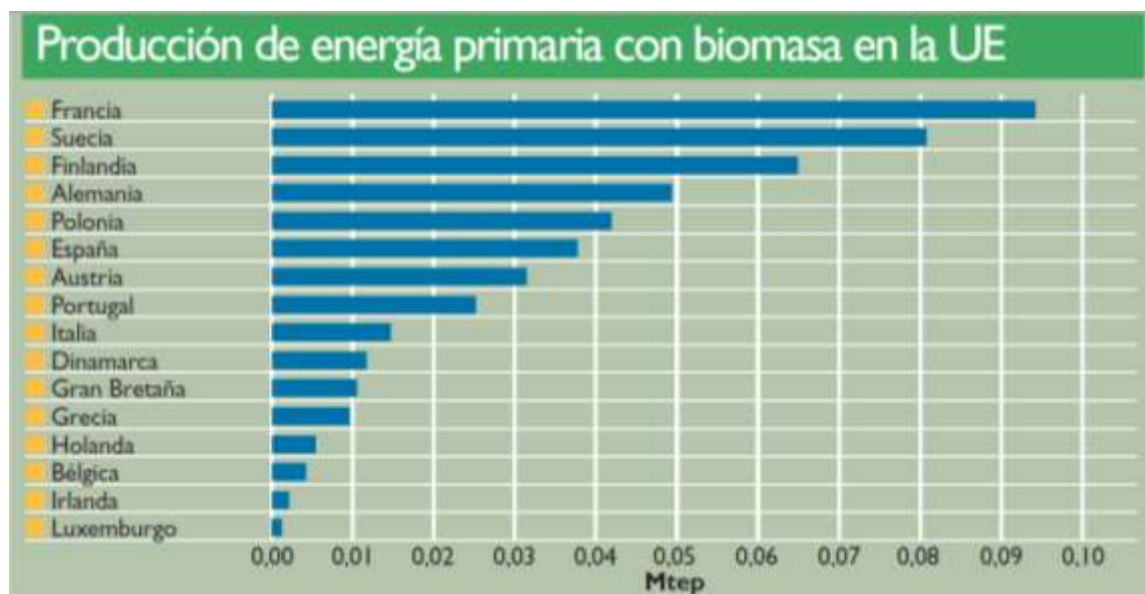
Consumo de biomasa en España por sectores

SECTOR	Tep	%
Doméstico	2.056.508	49,4
Pasta y pael	734.851	17,6
Madera, muebles y corcho	487.539	11,7
Alimentación, bebidas y tabaco	337.998	8,1
Cerámica, cemento y yesos	254.876	6,1
Otras actividades industriales	57.135	1,4
Hostelería	30.408	0,7
Agrícola y ganadero	21.407	0,5
Servicios	19.634	0,5
Productos químicos	16.772	0,4
Captación, depuración y distribución de aguas	15.642	0,4
Textil y cuero	5.252	0,1
TOTAL	4.167.035	

Fuente: Fernández J. (sfp)

Así mismo la producción de energía primaria con biomasa en la UE

Tabla 4. Producción de energía con biomasa



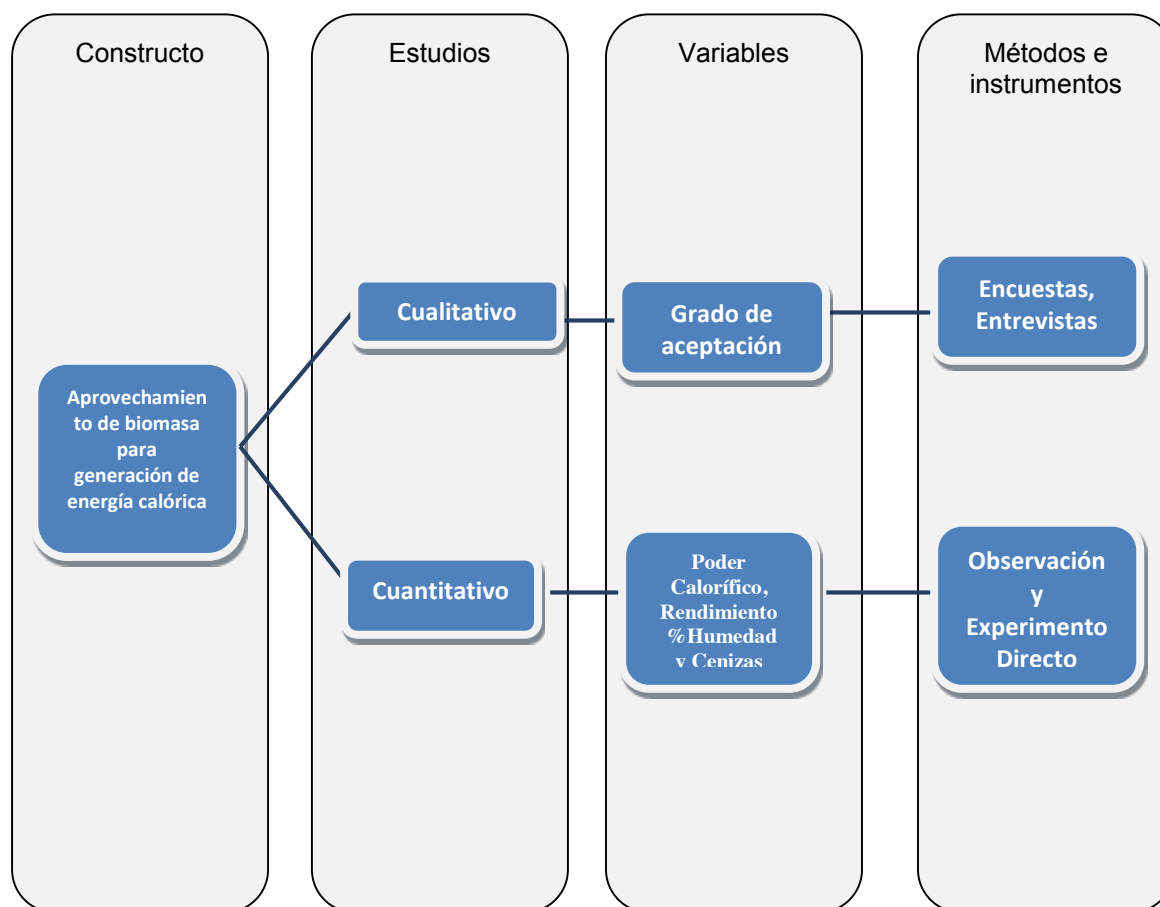
Fuente: Fernández J. (sfp)

Esto indica el incremento de consumo energético que existe y la necesidad palpante de la implementación de fuentes de energías renovables sustentables económicas y ambientalmente.

3.6 MAPA CONCEPTUAL DE METODOS DE ESTUDIO

El siguiente esquema permite identificar los métodos e instrumentos utilizados en la investigación del aprovechamiento de la biomasa para la generación de energía térmica.

Grafico 3. Métodos de Estudio



Fuente: Vera A. (2013)

4. ESTADO DEL ARTE

En Colombia el uso de la leña utilizada en la cocción de alimentos es tradicional, especialmente en los hogares campesinos y regiones apartadas, sin embargo, con el paso del tiempo esta actividad doméstica ha generado diversidad de problemas en los aspectos sociales y especialmente ambientales, entre los que más se destacan son la tala indiscriminada de bosques y la contaminación atmosférica.

Las problemáticas ambientales existentes han sido objeto de estudio por parte de diferentes organizaciones, con el fin de hallar o implementar estrategias que disminuyan el efecto negativo sobre el medio ambiente y contribuyan a la preservación y conservación de los recursos, dentro de estas estrategias podemos encontrar la implementación o uso de fuentes de energías renovables como la energía eólica, solar, mareomotriz y biomasa, esta última ha sido factor de investigación en países como España y Argentina, que prima el uso para actividades como calefacción, cocción y generadoras de vapor para las grandes industrias, aun cuando en la actualidad es baja la investigación que se ha realizado en este tema, se pudo establecer que desde al año 2012 el SENA, Regional Cesar en el centro de formación Biotecnológico del Caribe, ha venido desarrollando un proyecto formativo con el Instructor Líder Alexander Vera que enmarca la elaboración de briquetas en tres ecosistemas relevantes del Departamento del Cesar, como lo es la Ciénaga de Zapatosa, Serranía del Perijá y Sierra Nevada de Santa Marta, en donde la utilización de materia prima característica de las regiones es el componente principal del mismo. Además de ello se pudo conocer por medio de un artículo del periódico institucional que han sido expositores en ferias de suma importancia para el sector agropecuario y ambiental del país, como el caso de Agroexpo, en el que se formaron posibles alianzas comerciales con otros países como Suiza y Canadá, en el que

se afirma la capacitación de alrededor de 2800 personas pertenecientes a comunidades Indígenas y Campesinas sentadas en dichos ecosistemas.

Por parte de otras instituciones públicas y privadas en Colombia, los estudios se han limitado a la validación de conceptos, tipos y usos frecuentes, como en el caso del Centro Experimental del Café, CENICAFE que para el año 2009 desarrollo un artículo sobre el aprovechamiento de los subproductos del cultivo de café para la generación de energía, sin embargo este se limita únicamente a proporcionar información sobre el contenido energético de cada residuo. Por otra parte Universidades como la nacional de Colombia han destinado su interés en conocer el poder calorífico de los diferentes residuos forestales y agrícolas que son propios del país y las diversas formas de aprovechamiento. También es importante destacar que hay empresas que comercializan briquetas en nuestro país, como por ejemplo, una en Santander de Quilichao (valle del cauca) donde el año 2013 se construyó la primera fábrica de elaboración de Briquetas, pero no proporcionan información al público sobre la estandarización del producto.

5. METODOLOGÍA

5.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

El proyecto investigativo “*Diseño de briquetas ecológicas para le generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas*”; se desarrolló en tres fases disciplinarias, que consisten en un trabajo de campo, trabajo de laboratorio y transferencia de tecnología, los cuales se llevó a cabo en el Municipio de Pueblo Bello, teniendo en cuenta la problemática actual de los recursos naturales existentes además de la gran demanda de energía calórica y en el Centro Biotecnológico del Caribe, ya que cuenta con los ambientes y recursos necesarios respectivamente.

En base a lo anterior, se ha definido implementar un ***Tipo de estudio Correlacional***; ya que se medirá el grado de relación e interacción que tienen las variables objetos del experimento, como lo son el rendimiento masa/tiempo, % de humedad y poder calorífico, con el fin de analizar y determinar el prototipo de briqueta ecológica con mejores características fisicoquímicas y ambientales. Este tipo de estudio se realizara bajo un ***Enfoque Cuantitativo***; ya que estará fundamentada en la realidad, orientado a descubrir y describir un biocombustible sólido y nos permitirá obtener datos reales, dinámicos y profundos.

El trabajo de campo, consiste en la elaboración de un aglomerante natural obtenido del almidón de yuca y del diseño de tres prototipos de briquetas elaborados con tres importantes materiales bases y un elemento diferente, con un peso aproximado de 300 gramos, las cuales bajo un ***Diseño Experimental Totalmente Aleatorio***, serán utilizados en 9 hogares rurales para la cocción de sus alimentos, con el fin de analizar el comportamiento de la variable rendimiento masa/tiempo y determinar cuál de ellos posee un nivel superior o inferior de rendimiento con respecto al uso de la leña.

Así mismo, el estudio de otras variables, como él % de humedad, poder calorífico y % de cenizas, que se realizaran en el laboratorio agroambiental del Centro biotecnológico del Caribe, de esta manera la información que se obtendrá en el proceso investigativo será de carácter ***Primario***, ya que las técnicas de recolección utilizadas serán las de Observación y experimento directo, permitiendo que exista un alto nivel de comprobación de los resultados obtenidos con una ***Validez Interna*** en el mismo, que fueron sometidos a representaciones gráficas y tablas.

5.1.1 TRABAJO DE CAMPO

5.1.2 Elaboración de aglomerante

En la preparación del aglomerante natural, se utilizó yuca para fabricar almidón, de tipo (Manhiot utilissima), conocida como la venezolana y común en la Región Caribe, que se caracteriza por presentar altos niveles de glucósidos. El proceso consiste en el pelado y rayado de la misma incorporando agua y dejando secar al sol por 48 horas, después de ello se obtiene una sustancia polvosa conocida como almidón. Este almidón es incorporado en agua hasta obtener una solución viscosa, parecida al pegante.

Para determinar la proporción ideal de aglomerante, se realizaron varias repeticiones hasta lograr un producto con mayor viscosidad y eficiencia de adherencia, la proporción óptima fue la siguiente:

Tabla 5. Producción de Almidón

Yuca fresca utilizada / Kg	Cantidad de almidón producido	Cantidad de almidón utilizado por briqueta	Agua utilizada en la solución
1	230 g	50 g	300 ml

Fuente: Vera A (2013)

Imagen 6. Pelado de Yuca



Fuente: Vera A. (2013).

Imagen 7. Almidón en Polvo Obtenido



Fuente: Vera A. (2013)

Imagen 8. Preparación de Aglomerante natural



Fuente: Vera A (2013)

5.1.3 Elaboración de Briquetas

La elaboración de las briquetas comprende una serie de pasos que es de suma importancia describirlo, para ello se precisa:

Selección de los Materiales

Es importante mencionar que el Municipio de Pueblo Bello, especialmente el corregimiento de Nabusimake se caracteriza por ser un gran productor de café y en donde este se constituye como la actividad económica principal del mismo. Teniendo en cuenta que el proyecto se realiza con el fin de contribuir a la preservación de los recursos naturales y desarrollar un enfoque de sustentabilidad mediante el aprovechamiento de los residuos agrícolas propios de la Región, se

diseñaron cada uno de los tratamientos con un compuesto base que contara con el mayor poder calorífico analizado, evaluado y determinado en relación a información encontrada por revisión bibliográfica, en el que según la Universidad Nacional de Colombia, a través de un grupo de investigación determino que (Rincon, 2009):

- Cascarilla o cisco de café registra una capacidad calórica de 18,7 MJ/Kg.
- Bagazo de caño presenta una capacidad calórica de 17,9 MJ/Kg

En donde la Universidad de España determinó que (UNEX, sfp):

- Cascarilla de arroz posee un poder calorífico de 13,8 MJ/Kg
- Aserrín tiene una capacidad calórica de 13,4 MJ/kg

Además de ello y con el fin de complementar la información se realizó una prueba de ignición y duración de consumo de cada uno de los materiales que contaban con un peso aproximado a los 150 gr, estos fueron prendidos y con un cronometro se estableció que (Vera A. 2014):

- Cascarilla de café prendió de manera inmediata y registro un tiempo de duración de 5 minutos con 25 segundos
- Cascarilla de arroz demoro 35 segundos para prender pero registro una duración en tiempo de consumo de 4 minutos con 43 segundos
- Bagazo de caña prendió de manera inmediata pero se consumió en un tiempo de 3 minutos 17 segundos
- Estiércol de ganado demoro 2 minutos y 15 segundos para prender y se consumió en 3 minutos con 55 segundos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la cascarilla de café se utiliza como componente principal en la elaboración de las briquetas, así mismo el bagazo de caña es estándar en los prototipos por su alto contenido de humedad y fibra y debido a que son de mayor y fácil disponibilidad para los campesinos e indígenas de la zona de estudio. El tercer componente es sometido a variaciones en su tipo más no en su proporción teniendo en cuenta que el peso aproximado seco de las briquetas es de 250 gramos.

Proceso de Fabricación

Después de seleccionado los materiales y determinado su proporción para las briquetas experimentales, estos se muelen los materiales para que la granulometría sea homogénea, seguidamente se mezclan cada uno de ellos de acuerdo a las proporciones y porcentajes previamente establecidos, luego se procede a aplicar el aglomerante natural gradualmente hasta obtener una masa homogénea y pastosa.

Imagen 9. Bagazo de caña.



Fuente: Vera A (2013)

Imagen 10. Cisco de Arroz.



Fuente: Vera A. (2013)

Imagen 11. Cascarilla de Café



Fuente: Vera A. (2013)

5.1.4 Compactación de la Mezcla

Durante esta actividad del proyecto se diseñó y fabricaron moldes con tubos de PVC, con las siguientes dimensiones: Diámetro de 2", largo de 15 cm y un embolo de madera con el que se ejercía la presión a la mezcla sin la utilización de prensas, la cual es de 1.0 a 1.7 kPa, que es la fuerza que puede ejercer una persona en promedio (Valderrama, Herve, & Cesar, 2013). Además se dejaba una varilla de 3/16" para que la briqueta quedara con un orificio en el centro, esto con el fin de garantizar una mejor solidificación de la briqueta y mayor rendimiento.

En el proceso de diseño final de las briquetas no se consideró la utilización de una prensa, ya que en moldes anteriores por el uso de esta el aglomerante no se compactaba con la mezcla, sino que se escurría, lo que generaba briquetas sin resistencia a la ruptura. Además de considerar que los costos de adquisición de una prensa son elevados y no se contaba con los recursos económicos para adquirirla y la idea general del proyecto es que las comunidades aprovechen herramientas de fácil acceso para ellos.

Imagen 12 Prensa Hidráulica Compactando briqueta.



Fuente. Vera A, (2013)

Imagen 13 Diferentes formas de briquetas



Fuente: Vera A, (2013)

Imagen 14 Briqueta Mejorada



Fuente. Vera A, (2013)

Es importante mencionar que según Alexander Vera (2012) las briquetas ecológicas son potencialmente productivas cuando su tamaño es pequeño, ya que la concentración de energía calórica es mayor debido a la mejor compactación de la mezcla y a la granulometría de los mismos. En su trabajo de investigación se conoció que han elaborado briquetas de todos los tamaños y formas y se estableció que el tamaño ideal es de 15 cm con un diámetro de 2", por ello para el desarrollo de esta investigación se diseñó un molde que cumpliera dichas características.

En el proceso de compactación para una muestra de 60 briquetas, 20 para cada prototipo experimental, se registró una pérdida del 5%, sobre el volumen total.

Imagen 15. Molde de PVC, Émbolo y Mezcla



Fuente: Vera A. (2013).

5.1.5 Secado de los bloques experimentales

Para el secado de las briquetas se utilizó una Marquesina que funciona como un secador solar tipo modular, en esta estructura se aprovecha las condiciones climáticas de la zona que se caracteriza por una temperatura entre los 15° y 17° C y precipitación de 2.646 mm al año, con una altura de 2.600 msnm. El tiempo de secado fue de 4 días, pero si se proyecta la producción de briquetas industrialmente se aconseja utilizar el secado mecánico, ya que optimiza el proceso de deshidratación en cuanto al tiempo de duración y el volumen productivo de la empresa.

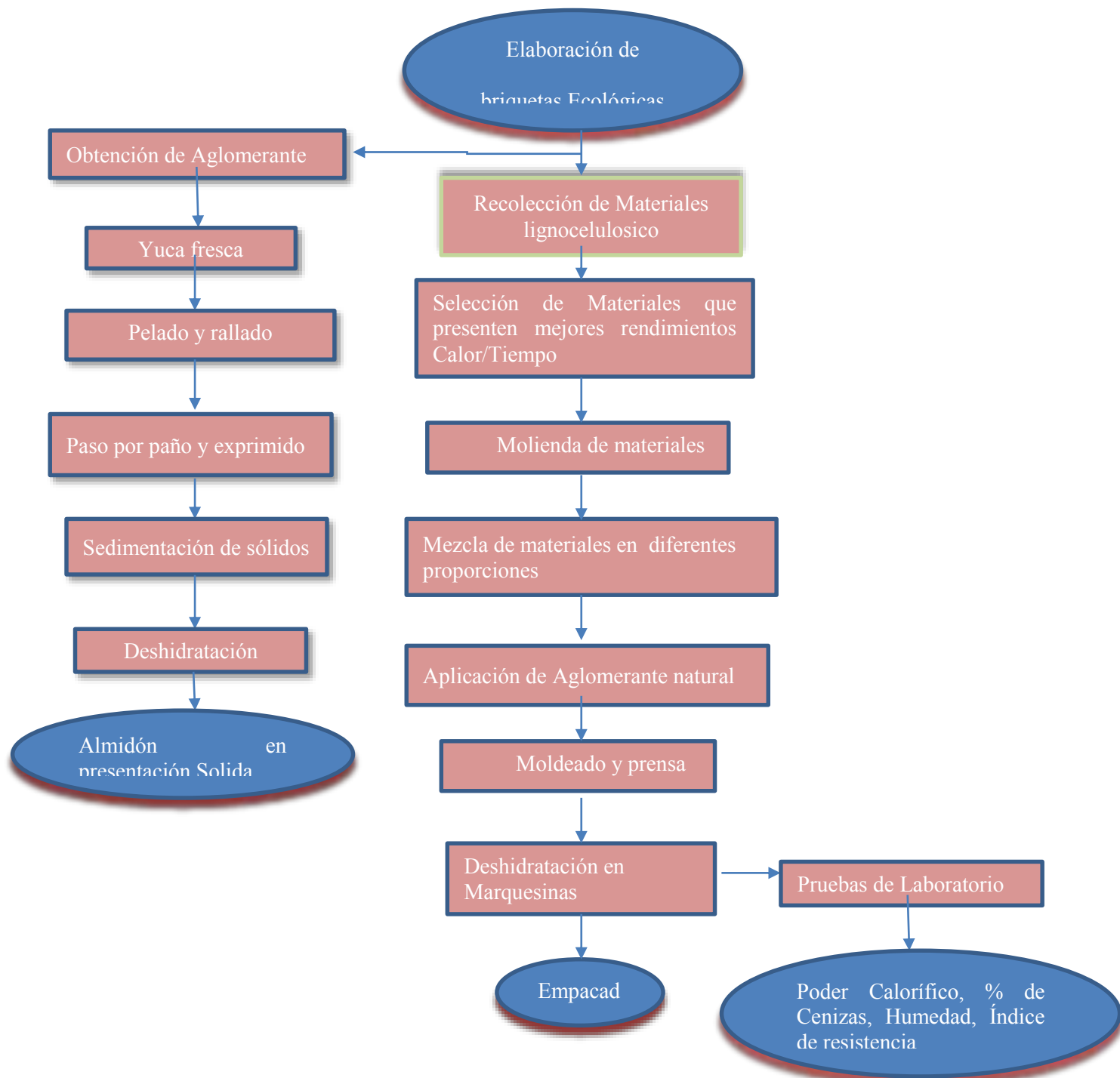
Imagen 16. Secado de Briqueta en Marquesina.

Fuente: Vera A. (2013)

Después de hacer las diferentes mezclas y aplicación de aglomerante natural en cada uno de los bloques experimentales, se dejan que se deshidraten en Marquesinas, aproximadamente 96 horas, para luego hacer la caracterización fisicoquímica.

5.1.6 FLUJOGRAMA DE PROCESOS.

Grafico 4. Elaboración de Bloques Experimentales.



Fuente: Vera A (2013)

Para el desarrollo de los bloques experimentales se tuvieron en cuenta parámetros como el Poder calorífico, porcentaje de cenizas y el grado de húmeda, de acuerdo a protocolos estandarizados por el laboratorio Agroambiental del Centro Biotecnológico del Caribe.

5.1.7 DISEÑO EXPERIMENTAL TOTALMENTE ALEATORIO

El corregimiento de Nabusimake cuenta con aproximadamente 1.500 habitantes, que se encuentran distribuidos a lo largo y ancho del mismo; sin embargo la cabecera del corregimiento cuenta únicamente con 48 viviendas pertenecientes al mismo número de familias con alrededor de 4 a 5 integrantes. Teniendo en cuenta lo anterior, el diseño experimental se desarrolló en la cabecera del poblado, con una muestra representativa de 9 hogares, correspondiente al 18.75 % del total de viviendas. Se designaron únicamente 9 casas, ya que el número de bloques experimentales es equivalente a 3 y así poder asignar los tratamientos en iguales proporciones y condiciones. Además que de esta manera se ejerce un bloqueo que permita controlar la variabilidad en los resultados.

Por otro lado, es importante mencionar que el Municipio de Pueblo Bello se caracteriza por ser un gran productor de café y en donde este se constituye como la actividad económica principal del mismo. Teniendo en cuenta que el proyecto se realiza con el fin de contribuir a la preservación de los recursos naturales y desarrollar un enfoque de sustentabilidad mediante el aprovechamiento de los residuos agrícolas propios de la Región, se diseñaron cada uno de los tratamientos con un compuesto base que contara con las propiedades fisicoquímicas necesarias para generar un buen rendimiento.

Tratamientos: 3 bloques de briquetas experimentales

Factores: Temperatura y Humedad

Unidad Experimental: 9 Viviendas rurales

Variable Dependiente: Rendimiento masa/tiempo

Bloqueo de control: Peso de los bloques experimentales (300 gr) y cantidad de litros de agua utilizados para la prueba de cocción (1000 ml)

Características de los tratamientos

Tabla 6. Proporciones briqueta 1

Briqueta Ecológica

MATERIALES	COMPOSICIÓN	%
Cascarilla de café	150g	60
Bagazo de caña	50g	20
Aserrín	50g	20
Aglomerante natural	300 ml	

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 7. Proporciones briqueta 2

Briqueta Ecológica

MATERIALES	COMPOSICIÓN	%
Cascarilla de café	150g	60
Bagazo de Caña	50g	20
Cisco de Arroz	50g	20
Aglomerante natural	300 ml	

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 8. Proporciones briqueta 3

Briqueta Ecológica

MATERIALES	COMPOSICIÓN	%
Cascarilla de café	150g	60
Bagazo de Caña	50g	20
Estiércol de ganado bovino	50g	20
Aglomerante natural	300 ml	

Fuente: Vera A. (2013)

5.1.7.1 Descripción de la Aleatorización del experimento

1. Se asignaron números a cada uno de los hogares experimentales del 1 al 9.
2. Se elaboraron cuadros de papel con los mismos números de los hogares (1 a 9) y fueron colocados en un recipiente.
3. Se tomaron al azar uno por uno los cuadros de papel del recipiente
4. Existen 3 tratamientos, que son los tres bloques de briquetas experimentales y como el número de réplicas es igual a tres, entonces los primeros tres números sacados que corresponden a los tres primeros hogares serán asignados al bloque experimental número uno.
5. Los segundos tres números sacados que corresponden a los segundos tres hogares serán asignados al bloque experimental número dos.
6. Y por último los tres números restantes sacados que corresponden a los tres últimos hogares, serán asignados al bloque experimental número tres.

El cual quedo distribuido de la siguiente manera:

Tabla 9. Aleatorización de los tratamientos a las unidades experimentales

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Hogar 1		X	
Hogar 2		X	
Hogar 3	X		
Hogar 4			X
Hogar 5			X
Hogar 6	X		
Hogar 7			X
Hogar 8	X		
Hogar 9		X	

Fuente: Vera A. (2013)

En cada hogar se utilizó el bloque de briqueta experimental correspondiente para la cocción de 1 litro de agua; con el fin de establecer el tiempo en que se consume una briqueta con respecto al tiempo de consumo de una astilla de leña.

5.1.8 TRABAJO DE LABORATORIO

Después de elaboradas las briquetas se procede a llevar muestras de cada uno de los bloques experimentales al laboratorio, además de astillas de leña comúnmente utilizada en la población como lo es el Brasil (*Haematoxylum brasiletto*), que se caracteriza por su gran capacidad de generación de energía y la que es utilizada en promedio 1 árbol/semana por familia, con el fin de realizar diferentes pruebas que permitan analizar y determinar las características fisicoquímicas inherentes al objetivo de la investigación.

Materiales y Equipos

- ✓ Bomba Calorimétrica de Parr
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Termómetro
- ✓ Bisturí
- ✓ Bala de oxígeno
- ✓ Muestra de bloques experimentales

Imagen 17. Equipo Bomba de Parr



Fuente: Vera A. (2013)

Las pruebas realizadas en laboratorio fueron:

5.1.8.1 Prueba de Calorimetría

Durante el desarrollo de la investigación se trabajó sobre 3 bloques experimentales, donde los materiales utilizados se mezclaban de acuerdo a diferentes proporciones para así analizar la cantidad de energía calórica que estos generan, seguidamente se halló el poder calorífico de un tipos de árbol utilizado como leña en la zona rural del municipio de Pueblo Bello, como lo es el Brasil (*Haematoxylum brasiletto*), para luego hacer la comparación respecto a los bloques experimentales y establecer la eficiencia de las briquetas frente a la leña.

Para la valoración de poder calorífico se utilizó el equipo calorimétrico de Parr, con el cual se determina la energía que genera un combustible cuando se quema.

Imagen 18. Realización prueba calorimétrica.



Fuente: Vera A. (2013)

5.1.8.2 Prueba de Humedad

Para determinar el contenido de humedad se utilizó una ecuación que consiste en hallar los valores de peso húmedo y seco de cada una de los bloques experimentales elaborados, en donde el resultado se muestra cómo % de contenido de humedad.

$$\% H = \frac{Peso_{humedo} - Peso_{seco}}{Peso_{Humedo}} * 100$$

5.1.8.3 Prueba de Cenizas

Con el fin de determinar el grado de cenizas que cada una de las briquetas producen en el proceso de combustión, se implementó la fórmula seguidamente descrita.

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{W \text{ del residuo de la muestra}}{W \text{ de la muestra}} * 100$$

5.1.9 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Capacitación a comunidades indígenas y campesino

Durante el desarrollo de la investigación se capacitaron a indígenas y campesinos en la elaboración de briquetas ecológicas con el fin de motivar la utilización de este biocombustible, se realizaron charlas y talleres prácticos donde se logró la apropiación y transferencia del conocimiento.

6. RESULTADOS

El experimento se desarrolló en tres fases una de campo, otra de laboratorio y finalmente la de transferencia tecnológica; por tanto los resultados obtenidos en cada una de ellas, se analizaron en principio de manera individual, permitiendo realizar una evaluación significativa de la información adquirida y el tratamiento de la misma, en gráficas, tablas, y otros sistemas. Después de ello, se realizó la correlación entre todas las variables (poder calorífico, %humedad, rendimiento masa/calor y granulometría), con el fin de determinar el prototipo de briqueta que posee las características fisicoquímicas adecuadas que corresponda al principio de viabilidad y sostenibilidad ambiental.

6.1.1 TRABAJO DE CAMPO

Teniendo en cuenta que en cada hogar se utilizó una briqueta experimental correspondiente a un tratamiento específico, para la cocción de 1 litro de agua; los resultados que se obtuvieron en relación al tiempo de duración de combustión de la misma, en comparación con el tiempo de consumo de una astilla de leña fueron:

Tabla 10. Descripción de tratamientos a las Briquetas Experimentales

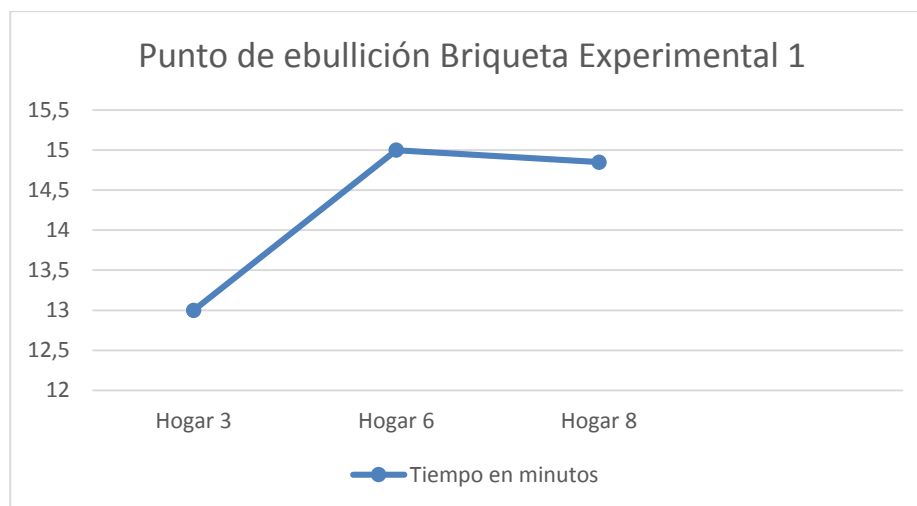
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Hogar 1		X	
Hogar 2		X	
Hogar 3	X		
Hogar 4			X
Hogar 5			X
Hogar 6	X		
Hogar 7			X
Hogar 8	X		
Hogar 9		X	

Fuente: Vera A. (2013)

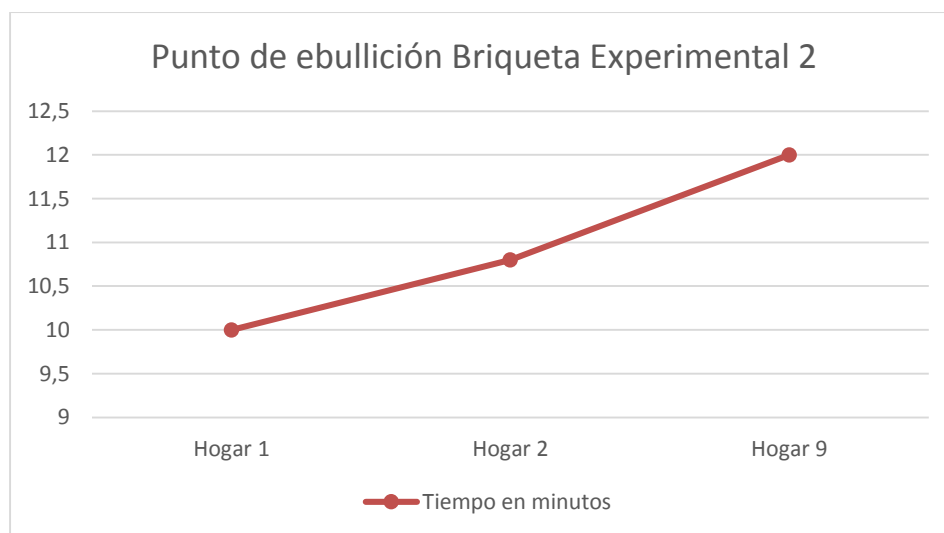
Tabla 11. Resultados obtenidos prueba de cocción medido en Minutos.

	Hogar 1	Hogar 2	Hogar 3	Hogar 4	Hogar 5	Hogar 6	Hogar 7	Hogar 8	Hogar 9
Briqueta experimental 1			13			15		14,8	
Briqueta experimental 2	10	10,8							12
Briqueta experimental 3				20	19		22		
Astilla de Leña Brasil (Haematoxylum brasiletto)	11								

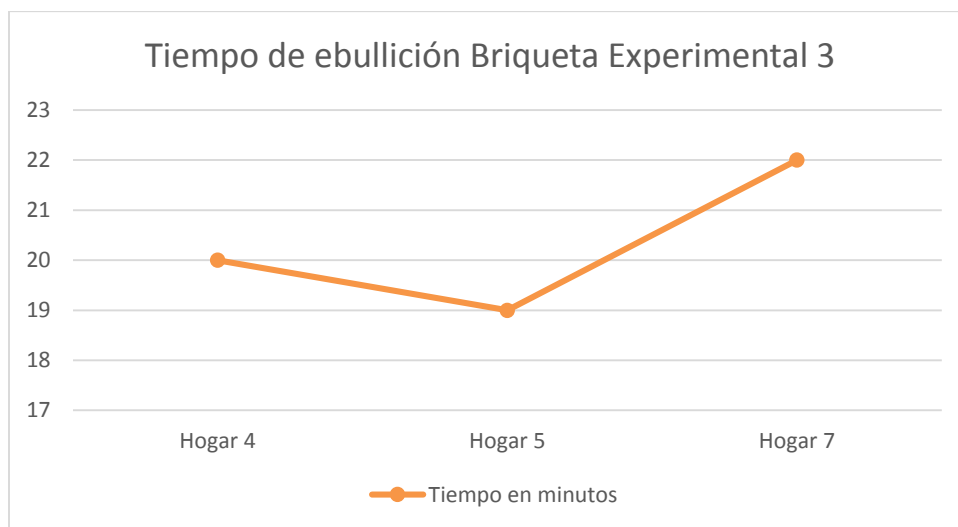
Fuente: Vera A. (2013)

Grafico 5. Rendimiento masa/tiempo de ebullición.

Fuente: Vera A. (2013)

Grafico 6. Rendimiento masa/tiempo de ebullición.

Fuente: Vera A. (2013)

Grafico 7. Rendimiento masa/tiempo de ebullición.

Fuente: Vera A. (2013)

6.1.2 4.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PRUEBA DE CAMPO, BRIQUETAS EXPERIMENTALES.

De acuerdo a las gráficas anteriores, se puede deducir que la Briqueta experimental número 2 cuyos materiales son cisco de arroz, cascarilla de café, bagazo de caña y aglomerante natural, presenta los mejores rendimientos en cuanto a masa y tiempo de cocción en un litro de agua, debido a que en el hogar número 1 demora 10 minutos para que el agua llegara al punto de ebullición, el hogar 2 registró un tiempo de 10, 8 y el hogar 9 un tiempo de 12 minutos; esta variación se presentó debido a las condiciones de temperatura que tenía cada fogón en el momento de la prueba, teniendo en cuenta que el Corregimiento de Nabusimake se caracteriza por estar situado a una altura de 2600 msnm, con una oscilación de temperaturas entre los 15 y 17° C que influye de manera indirecta sobre el proceso de ebullición. Por otro lado, la Briqueta experimental 1 presento

valores relativamente cercanos, como el hogar número 3 que el punto de ebullición se dio a los 14,8 minutos y para el hogar 6 y 8 valores de 13 y 15 minutos respectivamente.

En el caso de la briqueta experimental número 3 se obtuvo un rendimiento inferior en comparación a los anteriores prototipos descritos, ya que el punto de ebullición en los hogares 4,5 y 7 se logró en un tiempo de 20, 19 y 22 minutos respectivamente. Esto se puede atribuir al tipo de materiales que se utilizaron en la mezcla, como el estiércol de ganado bovino, el cual presenta un nivel de ignición bajo.

De igual forma, se determinó el tiempo promedio de cada uno de las Briquetas experimentales, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 12. Promedio Tiempo de rendimiento

Briqueta experimental	Tiempo promedio de rendimiento (min)
1	14,26
2	10,93
3	20,33

Fuente: Vera A. (2013)

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede determinar que la media de cada uno de los prototipos no es uniforme, debido a que en cada hogar hay variación en el tiempo de ebullición de un litro de agua, esto es debido a que en cada briqueta experimental se usó varios tipos de materiales, los cuales generan diferente cantidad de energía térmica, Además de las diferentes factores que influyen de manera directa e indirecta en los resultados del proceso, como los son la Temperatura ambiente de cada hogar, la concentración de humedad en los mismos, el diseño del fogón, la ubicación del recipiente que contenía el agua y las mismas condiciones físicas y químicas del agua a utilizar. Por ello, no se realizó un análisis ANOVA ya que existe variabilidad de resultados entre grupo y dentro de los grupos, no siendo uniforme y el cual si se realiza puede generar errores estadísticos que comprometan el trabajo investigativo.

6.1.3 TRABAJO EN LABORATORIO

Elaborados las tres briquetas ecológicas experimentales, se procedió a realizar la caracterización de las variables fisicoquímicas en el Laboratorio Agroambiental del Centro Biotecnológico del Caribe, para determinar el poder calorífico, % de humedad y granulometría de las mismas. Los resultados obtenidos fueron:

6.1.3.1 Prueba calorimétrica

El procedimiento de la prueba empezó con la selección de la muestra a la que se le desea determinar el poder calorífico, se tomó 1 gramo de la misma y se colocó en el crisol de la bomba calorimétrica. Adicionalmente se agrega el oxígeno necesario, en este caso 15 psi, para la combustión. La bomba calorimétrica se rodea de una camisa de agua que absorberá el calor liberado por el combustible. Esta prueba se realizó a los tres bloques experimentales y a la estilla de leña tipo Brasil (*Haematoxylum brasiletto*).

Para ello, se debe registrar una prueba preliminar, una principal y una complementaria, que arrojará los datos que permitieron la determinación de la constante de la bomba calorimétrica y el poder calorífico de los combustibles. En base a eso, se aplicó la ecuación:

$$\Delta T = \Delta T_{PRUEBA PRINCIPAL} + C \quad \text{donde} \quad C = m \cdot P_C + \frac{P_P + P_C}{2}$$

$$P_P = \frac{\text{Suma de diferencias de prueba preliminar}}{\text{Número lecturas de prueba preliminar}}$$

$$P_C = \frac{\text{Suma de diferencias de prueba complementaria}}{\text{Número lecturas de prueba complementaria}}$$

$$m = \text{Número de lecturas de la prueba principal}$$

6.1.3.2 Resultados obtenidos Briqueta experimental 1

Tabla 13. Prueba Preliminar BE1

Tiempo (minuto)	P Preliminar	
	T °C	Δt
0	30	
1	30,03	0,03
2	30,06	0,03
3	30,07	0,01
4	30,08	0,01
5	30,19	0,02
6	30,11	0,01
7	30,12	0,01
8	30,13	0,01
9	30,14	0,01
10	30,15	0,01
11	30,16	0,01
12	30,16	0
13	30,16	0

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 14. Prueba Principal BE1

Tiempo (minuto)	P Principal	
	T °C	Δt
14	31,48	
15	32,63	
16	33,1	
17	33,33	
18	33,46	
19	33,52	
20	33,58	
21	33,62	
22	33,64	
23	33,67	
24	33,68	
25	33,68	
26	33,68	

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 15. Prueba Complementaria BE1

Tiempo (minuto)	P Complementaria	
	T °C	Δ t
27	33,68	0
28	33,68	0
29	33,68	0

Fuente: Vera A. (2013)

De acuerdo a lo anterior se procedió a resolver:

$$\Delta T = \Delta T_{ppal} + N_{pp} * PC + (P_p + P_c / 2)$$

Donde

ΔT_{ppa} = Delta Temperatura prueba Principal

N_{pp} = Numero de lecturas de prueba preliminar

PC = Prueba complementaria

P_p = prueba preliminar

P_c = Prueba Complementaria

$$W_{muestra} = 1,2872g$$

$$W_{capsula} = 14,1982g$$

$$W_{cap+comb. res} = 14,2543g$$

$$W_{comb.res} = 0,0561g$$

$$W_{fusible} = 0,0162g$$

$$W_{fusible.residuo} = 0,0087g$$

$$W_{fusible.fundid} = 0,0075g$$

$$V_{H_2O} = 1.300ml$$

$$t_{H_2O} = 30,00^\circ C$$

$$d_{H_2O} = 0,99571g/ml$$

$$w_{H_2O} = 1294,425g$$

$$p_p = \Sigma \Delta p_p / N_{pp}$$

$$p_c = \Sigma \Delta t_{pc} / N_{pc}$$

Calculo de ΔT

$$\Delta T_{pprincipal} = (T_{26} - T_{13}) = (33,68 - 30,16)^\circ C$$

$$\Delta T_{pprincipal} = 3,52^\circ C$$

$$N_{p.pal} = 13$$

$$P_c = 0$$

$$P_p = 0,16 / 13 = 0,0126$$

$$N_{p.pal} * P_c = 0$$

$$P_p + P_c / 2 = 0,0123 / 2 = 0,0061$$

Reemplazando en la ecuación=

$$\Delta T = 3,5261^\circ C$$

Calculo del poder Calorífico BE1

Entonces:

$$Q_{\text{comb}} = Q_{\text{abs}} \cdot H_2\text{O} + Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} - Q_{\text{prod. fusible}} / W_{\text{muestra briqueta experimental 1}}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2\text{O} = m_{H_2\text{O}} \cdot C_p \cdot \Delta t = 1.294,42 \text{g} \cdot 1 \text{cal/g} \cdot (3,5261)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2\text{O} = 4.564,25 \text{cal}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = C_{\text{calorim}} \cdot \Delta t = 1773,23 \text{cal/}^\circ\text{C} \cdot (3,5261)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = 6.252,52 \text{cal}$$

$$Q_{\text{prod}} \cdot \text{fusible} = m_{\text{fusible fundido}} \cdot \lambda_f = 0,0075 \text{g} \cdot 1400 \text{cal/g}$$

$$Q_{\text{prod}} \cdot \text{fusible} = 10,5 \text{cal}$$

Reemplazando en la ecuación de calor de combustión o poder calorífico, tenemos:

$$Q_{\text{comb}} = 10.806 \text{cal} / 1,2872 \text{g} = \mathbf{8.395,22 \text{ cal/g}}$$

6.1.3.3 Resultados obtenidos Briqueta experimental 2

Tabla 16. Prueba Preliminar BE2

Tiempo (minuto)	P Preliminar	
	T °C	Δ t
0	29,67	
1	29,7	0,03
2	29,70,5	0,01
3	29,72	0,01
4	29,73	0,01
5	29,74	0,01
6	29,76	0,02
7	29,76	0
8	29,77	0,01

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 17. Prueba Principal BE2

Tiempo (minuto)	P Principal	
	T °C	Δ t
9	31,04	1,27
10	32,3	1,26
11	32,74	0,44
12	32,92	0,18
13	33,03	0,11
14	33,08	0,05
15	33,1	0,02
16	33,13	0,03
17	33,15	0,03
18	33,15	0
19	33,17	0,02

20	33,17	0
21	33,17	0

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 18. Prueba Complementaria BE2

Tiempo (minuto)	P Complementaria	
	T °C	Δ t
22	33,17	0
23	33,17	0
24	33,17	0

Fuente: Vera A. (2013)

$$\Delta T = \Delta T_{ppal} + N_{pp} * P_c + (P_p + P_c / 2)$$

$$W_{muestra} = 1,2173g$$

$$W_{capsula} = 14,1880g$$

$$W_{cap+comb. res} = 14,2789g$$

$$W_{comb.res} = 0,0979g$$

$$W_{fusible} = 0,0149g$$

$$W_{fusible.residuo} = 0,00173g$$

$$W_{fusible.fundid} = 0,01317g$$

$$V_{H_2O} = 1.300ml$$

$$t_{H_2O} = 29.65^{\circ}C$$

$$d_{H_2O} = 0,99581g/ml$$

$$w_{H_2O} = 1.294,55g$$

$$p_p = \Sigma \Delta p_p / N_{pp}$$

$$p_c = \Sigma \Delta t_{pc} / N_{pc}$$

Calculo de ΔT

$$\Delta T_{pprincipal} = (T_{19} - T_8) = (33,17 - 29,77)^{\circ}C$$

$$\Delta T_{pprincipal} = 3,40^{\circ}C$$

$$N_{p.pal} = 13$$

$$P_c = 0$$

$$P_p = 0,10/8 = 0,0125$$

$$N_{p.pal} * P_c = 0$$

$$P_p + P_c / 2 = 0,00625$$

Reemplazando en la ecuación=

$$\Delta T = 3,4062^{\circ}C$$

Calculo el Poder Calorífico del BE2

Entonces:

$$Q_{\text{comb}} = Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O + Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} - Q_{\text{prod.fusible}} / W \text{ muestra briqueta experimental 2}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O = m_{H_2 O} \cdot C_p \cdot \Delta t = 1.294,55 \text{g} \cdot 1 \text{cal/g} \cdot (3,4062)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O = 4409,49 \text{cal}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = C_{\text{calorim}} \cdot \Delta t = 1.773,23 \text{cal/}^\circ\text{C} \cdot (3,4062)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = 6.039,97 \text{cal}$$

$$Q_{\text{prod} \cdot \text{fusible}} = m_{\text{fusible fundido}} \cdot \lambda_f = 0,01317 \text{g} \cdot 1400 \text{cal/g}$$

$$Q_{\text{prod} \cdot \text{fusible}} = 18,438 \text{cal}$$

Reemplazando en la ecuación de calor de combustión o poder calorífico, tenemos:

$$Q_{\text{comb}} = 10.431,02 \text{cal} / 1,2773 \text{g} = \mathbf{8.568,98 \text{cal/g}}$$

6.1.3.4 Resultados Obtenidos Briqueta Experimental 3

Tabla 19. Prueba Preliminar BE3

Tiempo (minuto)	P Preliminar	
	T °C	Δ t
0	29,84	
1	29,86	0,02
2	29,88	0,02
3	29,9	0,02
4	29,9	0
5	29,92	0,02
6	29,92	0
7	29,92	0

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 20. Prueba Principal BE3

Tiempo (minuto)	P Principal	
	T °C	Δ t
8	31,04	1,12
9	31,76	0,72
10	32,01	0,25
11	32,14	0,13
12	32,2	0,06
13	32,26	0,06

14	32,28	0,03
15	32,3	0,02
16	32,32	0,02
17	32,32	0
18	32,32	0
19	32,33	0,01
20	32,34	0,01
21	32,34	0

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 21. Prueba Complementaria BE3

Tiempo (minuto)	P Complementaria	
	T °C	Δ t
22	32,33	-0,01
23	32,33	0
24	32,33	0
25	32,33	0
26	32,32	-0,01
27	32,32	0
28	32,32	0
29	32,32	0

Fuente: Vera A. (2013)

$$\Delta T = \Delta T_{ppal} + N_{pp} * PC + (P_p + P_c / 2)$$

$$W_{muestra} = 1,1912g$$

$$W_{capsula} = 14,2217g$$

$$W_{cap+comb. res} = 14,3739g$$

$$W_{comb.res} = 0,1522g$$

$$W_{fusible} = 0,0150g$$

$$W_{fusible.residuo} = 0,0030g$$

$$W_{fusible.fundid} = 0,012g$$

$$V_{H_2O} = 1.300ml$$

$$t_{H_2O} = 29.84^{\circ}C$$

$$d_{H_2O} = 0,99586g/ml$$

$$w_{H_2O} = 1.294,618$$

$$pp = \Sigma \Delta pp / N_{pp}$$

$$pc = \Sigma \Delta t_{pc} / N_{pc}$$

Calculo de ΔT

$$\Delta T_{pprincipal} = (T_{18} - T_7) = (32,34 - 29,77)^{\circ}C$$

$$\Delta T_{pprincipal} = 2,57^{\circ}C$$

$$\begin{aligned}
 N_{p.pal} &= 14 \\
 P_c &= -0,02/8 = -0,0025 \\
 P_p &= 0,08/7 = 0,0114 \\
 N_{p.pal} \cdot P_c &= 14(-0,0025) = -0,035 \\
 P_p + P_c/2 &= 0,00445
 \end{aligned}$$

Calculo del poder calorífico de la briqueta experimental 3

Entonces:

$$Q_{comb} = Q_{abs} \cdot H_2 O + Q_{abs} \cdot calorim - Q_{prod.fusible} / W_{muestrabriqueta \text{ experimental} \#3}$$

$$Q_{abs} \cdot H_2 O = m_{H_2 O} \cdot C_p \cdot \Delta t = 1.294,61 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot (2,5394)^\circ\text{C}$$

$$Q_{abs} \cdot H_2 O = 3287,59 \text{ cal}$$

$$Q_{abs} \cdot calorim = C_{calorim} \cdot \Delta t = 1.773,23 \text{ cal/}^\circ\text{C} (2,5394)^\circ\text{C}$$

$$Q_{abs} \cdot calorim = 4.502,94 \text{ cal}$$

$$Q_{prod} \cdot fusible = m_{fusible \text{ fundido}} \cdot \lambda_f = 0,012 \text{ g} \cdot 1400 \text{ cal/g}$$

$$Q_{prod} \cdot fusible = 16,8 \text{ cal}$$

Reemplazando en la ecuación de calor de combustión o poder calorífico, tenemos:

$$Q_{comb} = 7773,73 \text{ cal} / 1,1912 \text{ g} = \mathbf{6.525,96 \text{ cal/g}}$$

6.1.3.5 Resultados obtenidos Astilla de Leña Brasil

Tabla 22. Prueba Preliminar Muestra Leña

Tiempo (minuto)	P Preliminar	
	T °C	Δ t
0	29,04	
1	29,04	0
2	29,04	0
3	29,04	0
4	29,05	0,01
5	29,05	0
6	29,05	0

Fuente: Vera A. (2013)

Tabla 23. Prueba Principal Muestra Leña

Prueba Principal Estilla de Leña Brasil

Tiempo (minuto)	P Principal	
	T °C	Δ t
7	30,1	1,05
8	31,12	1,02

9	31,48	0,36
10	31,59	0,11
11	31,64	0,05
12	31,66	0,02
13	31,66	0
14	31,66	0
15	31,66	0
16	31,66	0
17	31,66	0
18	31,66	0
19	31,66	0
20	31,66	0

Fuente: Vera A. (2013)

W alambrefusible = 0,0161g

W muestra = 1,1640g

W capsula = 14,1393g

W fusible.residuo = 0,0120g

W fusible.fundid = 0,0041g

W casp+cenizas = 14,1730g

W cenizas = 0,0337g

V H₂O = 1.440ml

t H₂O = 29,04 °C

d H₂O = 0,99602g/ml

W H₂O=1.434,27g

$pp = \frac{\sum \Delta pp}{Npp}$

$pc = \frac{\sum \Delta tpc}{Npc}$

Calculo de ΔT

$\Delta TP_{principal} = (T_{12} - T_6) = 2,61^\circ C$

Pc= 0

Pp=0,01/6=0,0016

Npp.Pc=0

Npp=14

Reemplazando en la ecuación

$\Delta T = 2,61^\circ C$

Calculo del poder calorífico de la madera Brasil utilizada como material combustible sólido (leña) en la zona rural del municipio de Pueblo Bello.

Entonces:

$$Q_{\text{comb}} = Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O + Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} - Q_{\text{prod. fusible}} / W_{\text{muestra madera brasil}}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O = m_{H_2 O} \cdot C_p \cdot \Delta t = 1.434,27 \text{g} \cdot 1 \text{cal/g} \cdot (2,61)^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot H_2 O = 3.743,44 \text{cal}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = C_{\text{calorim}} \cdot \Delta t = 1.773,23 \text{cal/}^\circ \text{C} \cdot (2,61)^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{abs}} \cdot \text{calorim} = 4,628,13 \text{cal}$$

$$Q_{\text{prod}} \cdot \text{fusible} = m_{\text{fusible fundido}} \cdot \lambda_f = 0,0041 \text{g} \cdot 1400 \text{cal/g}$$

$$Q_{\text{prod}} \cdot \text{fusible} = 5.74 \text{cal}$$

Reemplazando en la ecuación se calcula el calor de combustión o poder calorífico, de la madera Brasil:

$$Q_{\text{comb}} = 8365 \text{cal} / 1,1640 \text{g/ml} = \mathbf{7.187,14 \text{ cal/g}}$$

6.2 Porcentaje de Cenizas

Luego de este procedimiento se determinó el % de cenizas en cada una de las muestras mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{W_{\text{del residuo de la muestra}}}{W_{\text{de la muestra}}} * 100$$

Briqueta Experimental 1

$$\% \text{ cenizas} = W_{\text{res}} / W_{\text{muestra}} * 100 = \mathbf{4,358 \%}$$

Briqueta experimental 2

$$\% \text{ cenizas} = W_{\text{res}} / W_{\text{muestra}} * 100 = \mathbf{8,04 \%}$$

Briqueta experimental 3

$$\% \text{ cenizas} = W_{\text{res}} / W_{\text{muestra}} * 100 = \mathbf{12,77 \%}$$

Astilla de Leña de Brasil

$$\text{Cenizas} = W_{\text{res}} / W_{\text{muestra}} * 100 = \mathbf{2.89 \%}$$

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla 24. Poder calorífico y cenizas en bloques experimentales y muestra de leña Brasil.

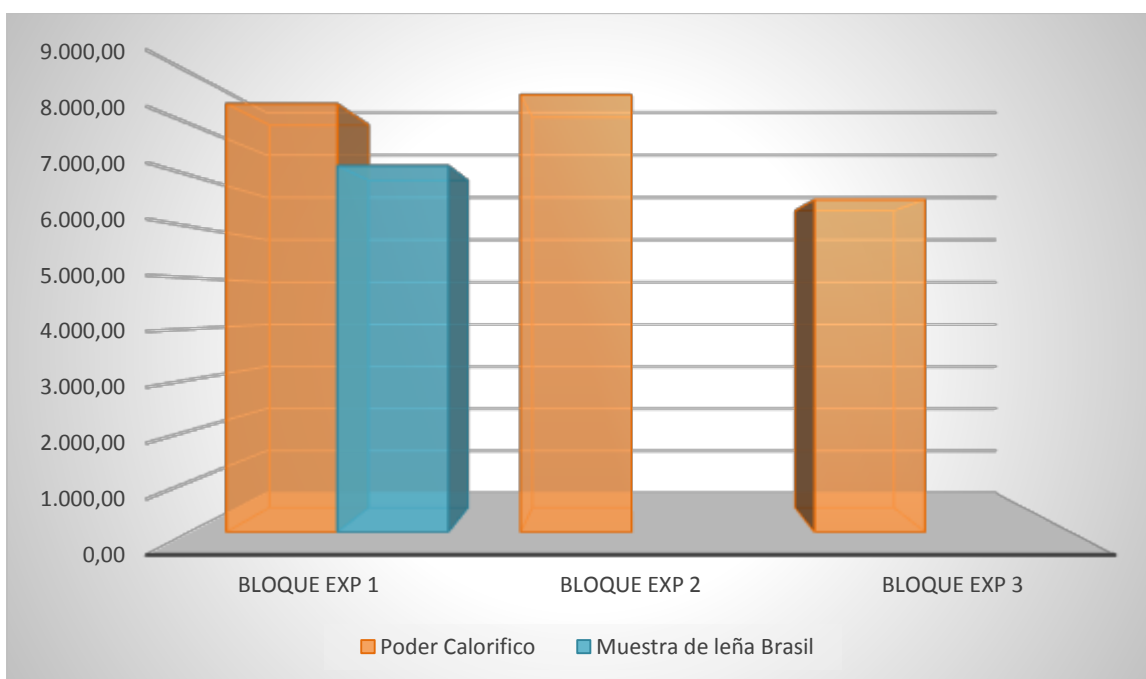
Briquetas	Materiales Briqueta	Poder Calorífico	Porcentaje de Cenizas
Briqueta Experimental 1	Cascarilla de café, Bagazo de caña, Aserrín y aglomerante Natural	8.395,22 cal/g	4,35 %
Briqueta Experimental 2	Cascarilla de Café, Cisco de Arroz, Bagazo de caña y aglomerante natural	8.568,98 cal/g	8,04 %
Briqueta Experimental 3	Bagazo de caña, estiércol de ganado, cascarilla de café y aglomerante natural	6.525,96 cal/g	12,77 %
Muestra Leña de Brasil		7.187,14 Cal/g	2,89 %

Fuente: Vera A. (2013)

En cuanto a la valoración de cenizas en todos las briquetas experimentales se puede establecer que el material que emiten es muy bajo con respecto a su peso, con excepción del prototipo experimental 3, aunque no sobrepasa el 20% de su masa, lo que indica que no se convierte en material volátil que sea transportado por el aire.

Por otro lado el poder calorífico de cada briqueta ecológica será evaluado mediante el siguiente gráfico.

Grafico 8. Comparación de poder calorífico de briquetas experimentales y especie empleada para leña



Del anterior gráfico se puede concluir que la briketa número 1 supera en 1.208,08 Cal/g al árbol de Brasil, obteniendo un poder calorífico total de 8.395,22 cal/g. Por otro lado, el prototipo experimental número 2, también supera en generación de energía calórica a las muestras de leña que se utilizan para dendroenergía en las zonas rurales del municipio y presenta una diferencia significativa de 1.381,84 Cal/g respecto al árbol de Brasil ya que obtuvo un valor total de 8568,98 Cal/g, para la briketa experimental número 3 se registró un poder calorífico de 6.525,96 Cal/g, el cual está por debajo del valor presentado en la muestra de leña.

Teniendo en cuenta lo anterior, la briketa experimental 2 fue la que presentó mayor generación de energía térmica con respecto a las demás y a la muestra de leña, lo cual confirma que el rendimiento masa/tiempo presentado en la prueba de campo es proporcional al poder calorífico registrado.

6.3.1 Cálculo de la humedad de las briquetas

El porcentaje (%) de humedad que se eliminó durante el proceso de secado en la Marquesina se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{Peso_{humedo} - Peso_{seco}}{Peso_{Humedo}} * 100$$

Tabla 25. % de Humedad Bloques Experimentales

Prototipo Experimental	Peso Húmedo	Peso Seco	% de Humedad	Tiempo de secado (días)
1	593 g	306 g	43.6	4
2	590 g	310 g	47.4	4
3	589 g	306 g	48	4

Con relación a la anterior tabla se pudo establecer que para cada briketa experimental varia el porcentaje de humedad, debido a la composición de materiales en cada briketa, no obstante este valor no representa rangos amplios, así mismo se puede mencionar que es importante aumentar el tiempo de duración en la marquesina para que el porcentaje de humedad sea mayor.

Por otro lado, el peso en base seca de cada briketa se vio afectada por el espacio de la varilla de 3/16 “, que tiene por objetivo perforar un orificio axial que permita la entrada del oxígeno.

6.4 Análisis del impacto social, económico y ambiental

En el municipio Pueblo Bello la deforestación por dendroenergía es silenciosamente alarmante, en efecto, muchas comunidades indígenas y campesinos como las situadas en el corregimiento de Nabusimake, deben recurrir a la tala de árboles nativos como el Guayabo (*Feijoa Sellowiana*), Grandillo (*Rhamnus alaternus*), Peralejo (*Curatella americana*), Brasil (*Haematoxylum brasiletto*), en donde estas poseen una cultura que enmarca el principio de protección a la madre tierra, sin embargo con el fin de subsistir, se han visto en la necesidad de talar árboles para poder realizar actividades básicas como cocinar o brindar calefacción teniendo en cuenta que esta zona del Municipio presenta temperaturas bajas.

Generalmente una familia tala 1 árbol/semana para usarlo como leña, si solo en la cabecera de Nabusimake existen 48 familias, en promedio son talados 2.304 árboles/año, lo que significa una cifra alarmante y realmente preocupante, en base a ello se desarrolló esta investigación, presentando una alternativa viable en la generación de energía, mediante el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para transformarlos en briquetas ecológicas, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible y a la implementación de una energía renovable.

Como se ha descrito anteriormente el Corregimiento de Nabusimake, se caracteriza por su gran capacidad de producción cafetera y en donde se estima que menos del 5% de la biomasa generada se aprovecha en la elaboración de la bebida, el resto queda en forma residual representado en materiales lignocelulósicos como hojas, ramas y tallos, generados en el proceso de renovación de los cafetales (Cenicafe, 2010). Además de ello, se puede inferir que en el proceso de trillado del café los residuos generados son poco aprovechados por los indígenas y campesinos de la Región, lo que conlleva al desperdicio de este subproducto, por tanto su aprovechamiento en la elaboración de briquetas ecológicas tiene una importancia significativa, dándole un valor agregado

a las plantaciones de café. Así mismo, los demás subproductos (bagazo de caña, cascarilla de café, aserrín, entre otros) serían incluidos en un nuevo ciclo económico y productivo, en donde pueden ser usados para diversos fines, como elaboración de abono orgánico, bloques o dietas nutricionales para animales, obtención de biogás e inclusive algunos de ellos para fines artesanales o decorativos.

La elaboración de un biocombustible sólido que sea sostenible energética y ambientalmente, significa una oportunidad de mejorar diferentes aspectos dentro de las comunidades, en donde la utilización masificada de briquetas ecológicas contribuye a la disminución de la tala de árboles, a la preservación de los bosques primarios existentes en la zona, a la mejora de la calidad del aire ya que estudios realizados demuestran que la biomasa emite menor cantidad de CO₂ hacia la atmósfera; a la protección de los recursos hídricos y a una salud humana óptima.

Las condiciones de vida de los pobladores mejorarían de manera notoria si existe un uso de las briquetas, ya que el humo generado por la leña ha ocasionado enfermedades respiratorias especialmente en mujeres y niños, siendo las primeras las más afectadas.

Así mismo representaría una oportunidad económica, en el sentido que el Municipio de Pueblo Bello no cuenta con gas domiciliario y muchas de los pobladores se abastecen de gas propano o de leña para las actividades propias del hogar, por tanto, se divulgo esta estrategia ante las comunidades indígenas y campesinas para que valoraran el mercado y desarrollaran la distribución y comercialización de las briquetas

6.5 Percepción de la investigación sobre la comunidad beneficiada

En entrevista realizada a un indígena perteneciente a la comunidad del Corregimiento de Nabusimake, manifiesta que la utilización de briquetas es amigable ambientalmente, ya que ellos realizan tala de árboles para poder tener la leña que usaran para la elaboración de sus alimentos. Además de ello, es importante mencionar que las enfermedades respiratorias ocasionadas por el humo disminuirían significativamente y las plantaciones de café tomarían un valor agregado.

Con fines de verificación se anexa link de percepción sobre el uso de briquetas por parte de la comunidad Indígena

<http://www.sena.edu.co/sala-de-prensa/escrita/Paginas/Noticias/Cocinas-ecologicas-para-disminuir-la-deforestacion.aspx>

6.6 CAPACITACIÓN A COMUNIDADES INDÍGENAS Y CAMPESINAS

Durante el desarrollo de la investigación se capacitaron a indígenas y campesinos en la elaboración de briquetas ecológicas con el fin de motivar la utilización de este biocombustible, se realizaron charlas y talleres prácticos donde se logró la apropiación y transferencia del conocimiento.

En donde la capacitación en formación complementaria sobre aprovechamiento de residuos, cooperativismo y emprendimiento fueron esenciales para el desarrollo efectivo de la transferencia. De igual manera se logró que los cabildos y líderes indígenas replicaran la información a aquellos que no pudieron participar e incentivar la elaboración y uso de briquetas.

Imagen 19. Capacitación a población rural



Fuente: Vera A. (2013)

7. CONCLUSIONES

- Se determinaron variables relacionadas con las propiedades fisicoquímicas de 3 briquetas, arrojando como resultado la estandarizaron de 2 tipos de briquetas ecológicas que presentan mayor generación de energía calórica frente a la leña utilizada en la cocción de alimentos en el Corregimiento de Nabusimake.

- La briqueta que presento un mayor poder calorífico fue la que se utilizó 60% de cascarilla de Café, 20% Cisco de Arroz y un 20 % de Bagazo de Caña, acompañada con 50 g de aglomerante.
- La concentración utilizada de aglomerante y el grado de compactación fue ideal, ya que los prototipos no presentaron ruptura durante y después del secado.
- Las briquetas donde se utilizó el estiércol de ganado fueron los que registraron menores poderes caloríficos con un promedio de 6.722,19 cal/g y los que mayor porcentaje de cenizas obtuvieron.
- Las briquetas ecológicas representan una alternativa 100% natural para sustituir la leña ya que son energías limpias y a la vez se involucran residuos nuevamente a un ciclo económico.
- La etnia indígena Arhuaca acepto positivamente la utilización de briquetas ecológicas en sus comunidades, afirman que la implementación de este tipo de proyectos mejoran las condiciones del medio ambiente y la salud de algunos pobladores, así mismo, la Alcaldía Municipio de Pueblo Bello se interesó con este tipo de investigaciones y proyectaron ejecutarlo en otras zonas de su territorio.

8. RECOMENDACIONES

- La prueba de laboratorio en relación con el poder calorífico de cada una de las briquetas experimentales, no fueron sometidas a una análisis estadístico como ANOVA ya que se requiere más de un resultado en referencia a un mismo tratamiento, esto debido a que el costo de una prueba calorimétrica es elevado y no se contaban con los recursos económicos suficientes. Por ello se invita a realizar una investigación más profunda sobre el tema que permita establecer la uniformidad, desviación y variabilidad existente entre los grupos de tratamiento del diseño experimental.
- Es importante determinar el poder calorífico de los materiales característicos de la Región, teniendo en cuenta que los seleccionados para esta investigación fueron analizados según estudios de la Universidad Nacional y el Centro de Investigación del Café, pueden variar de acuerdo a las diversas especies y a las condiciones climatológicas de las zonas provenientes. Por ello, se recomienda realizar pruebas de calorimetría que permitan establecer la generación de energía calórica en cada uno de ellos y obtener información primaria.

9. COMENTARIOS

De acuerdo a observaciones realizadas por el Jurado de la Tesis de Grado se determinó incluir en el Estado del Arte del Proyecto, información previa que el mismo Autor había obtenido con el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, para el desarrollo de esta investigación.

10. ANEXOS

6.1 Cronograma

El plan de trabajo del proyecto investigativo se definió según las etapas del proceso y su orden cronológico, para ello se utilizó el Diagrama de Gantt. Las actividades se desarrollaron entre el mes de Agosto del año 2013 y Mayo de 2014.

Tabla 26. Cronograma de Actividades.

ETAPAS	CRONOGRAMA DE TRABAJO									
1. Diseño de la Investigación	■									
2. Revisión de Fuentes	■									
3. Trabajo de campo		■	■	■	■					
4. Trabajo de laboratorio			■	■	■					
5. Clasificación de los resultados						■				
6. Tratamiento de la Información						■				
7. Análisis de la Información							■			
8. Transferencia tecnológica								■		
9. Conclusiones de resultados									■	
10. Redacción preliminar									■	
11. Presentación										■
TIEMPO EN MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Vera A. (2012)

10.1 PRESUPUESTO

Para la realización de la investigación, se contó con la participación del SENA- Regional Cesar, a través del Centro Biotecnológico del Caribe aportando recursos físicos, humanos y económicos para el logro de los objetivos planteados dentro de la misma.

Tabla 6. Presupuesto Proyecto.

Categoría / Ítem / Concepto	Categoría / Ítem / Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	PROPIOS		SENA		Total
					Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
Equipos / herramientas	Prensa Hidráulica	Unidad	1	\$ 350.000	\$ 350.000				\$ 350.000
	Molde de briqueta	Unidad	3	\$ 15.000	\$15.000				\$ 45.000
	Calorímetro de Parr	Pruebas	9	\$ 150.000			\$ 1.350.000		\$ 1.350.000
Materiales consumibles	Cisco de Arroz	kg	50	\$ 100	\$ 5.000				\$ 5.000
	Cisco de Café	Kg	50	\$ 100	\$ 5.000				\$ 5.000
	Aglomerante Natural	L	5	\$ 7.000	\$ 35.000				\$ 35.000
Transportes	Valledupar-Corregimiento de Nabusimake	Pasajes	6	\$ 50.000			\$ 300.000		\$ 300.000
Personal	Ingeniero Ambiental y Químico	Meses	4	2.000.000				\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
Subtotal			127	\$ 2.572.200	\$ 410.000		\$1.650.000	\$ 8.000.000	\$10.090.000

Fuente: Vera A. (2013)

El monto total del proyecto es equivalente a \$10.090.000, distribuidos en equipos, materiales consumibles, transporte y contratación de personal.

10.2 MANUAL PARA ELABORAR Y UTILIZAR BRIQUETAS ECOLOGICAS

Las briquetas ecológicas son un biocombustible que permite generar energía calórica de forma amigable con el medio ambiente, para la cocción de sus alimentos o para calefacción. Para elaborarlas de manera fácil y rápida debes contar con los siguientes elementos y materias primas:

- ✓ Peso
- ✓ Molino de cocina
- ✓ Elementos para mezclar como cucharas
- ✓ 1 Kilo de yuca
- ✓ 150 gramos de cascarilla de café
- ✓ 50 gramos de cascarilla de arroz
- ✓ 50 gramos de bagazo de caña
- ✓ Tubo de PVC de 2" de diámetro y 15 cm de largo, con un embolo de madera
- ✓ Varilla delgada

Listo los materiales procedes a realizar los siguientes pasos:

Elaboración de aglomerante, esta sustancia será como un pegante que te ayudara a que la mezcla de los materiales se compacte y cuando la briqueta esté lista no se rompa. Para ello deberás:

Pelar y rayar la yuca dejándola secar al sol por 48 horas

Cuando el almidón esté listo debes mezclarlo en 300 ml de agua pones al fuego hasta que quede una sustancia viscosa.



Elaboración de Briqueta

Para ello debes tomar cada una de las materias primas (cisco de café, cascarilla de arroz, y bagazo de caña) y molerlos individualmente.



Después de ello los mezclaras

hasta que quede homogénea y poco a poco vas adicionando el aglomerante que se hizo en el paso anterior, a medida que agregues el pegante vas mezclando con tus manos o una cuchara toda la mezcla, de manera que quede uniforme.

Compactación de la mezcla

Después de haber mezclado todas las materias primas y adicionado el aglomerante vas a introducirla poco a poco en el tubo de PVC de 2" de diámetro y 15 cm de largo. Cuando ya esté dentro del tubo ejercerás presión con el embolo y cuidadosamente iras sacando la briqueta hacia la superficie en donde la pondrás a secar.



Secado de briquetas

Estando listas las briquetas pondrás a secar en marquesina o en donde haya suficiente luz solar, el tiempo de secado será por 4 días.

De esta manera tenemos Briquetas listas para usar en los fogones o estufas de nuestros hogares.



Como usarlas...

Debes colocarlas en el fogón o estufa en donde habitualmente cocinas y con un fosforo o encendedor pendes la chispa, e inmediatamente ellas prenderán fuego e iniciara la cocción.



11. REFERENCIAS

- AlcaldiaMunicipal. (2012). *Plan de Desarrollo Alcaldia de Pueblo Bello, Oportunidad para Todos*. Pueblo Bello, Cesar.
- Barrera Otálora, J. (10 de 06 de 2011). Briquetas. *M & M*, págs. 66-72.
- Celedon Aponte, I. (6 de Abril de 2010). Implementacion de sistemas silvopastoriles en el Cesar . *Vanguardia Liberal* , pág. 4.
- Cenicafe. (2010). *Los subproductos del café: Fuentes de energía renovable*. Pograma de Investigacion científica, Fondo Nacional del Café.
- Coordinacion de energias, r. (s.f. de s.f. de 2008). *Energias Renovables 2008, Energia biomasa*.
Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/libro_energia_biomasa.pdf
- Corpoica. (s.f. de s.f. de s.f.). *Areas tematicas de Bionergia*. Obtenido de <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Documento/JatrophaContrataciones/QUEESLABI OENERGIA.pdf>
- Da silva Arce, D. (7 de 12 de 2013). Proyecto de Creacion de una fabrica de briquetas de aserrin. Santa rosa Aguray, Jose de San Martin, Paraguay.
- Fernandez, J. (s.f.). Energias renovables para todos. *Energias renovables*, 2.
- Gutierrez de Piñeres, C. (2009). Trabajo de campo sobre aspectos productivos rurales en la Sierra Nevada . *Informe Centro Biotecnologico del Caribe*, 7.
- Guzman Reyes, Bernardo;. (2010). *Informe Financiero Anual, Smurfit Kappa carton de Colombia* . Cali.
- IDEAM. (2001). *Estado actual de la informacion sobre el recurso forestal y cambio en el uso de la tierra*. Bogota.

- Kania A, S. M. (2006). Optimization as an alternative in search of sustainable technological processes. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 413-416.
- Mejia Barragán, F. (2011). Implicaciones ambientales en el uso de la leña como combustible domestico en la zona rural de Usme. Bogota, D.C., Colombia.
- Ministerio de minas y energias . (mayo de 2011). <http://www.minminas.gov.co>. Obtenido de http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2011/05-ENERGIA.pdf
- Ortiz, L. (1989). Compactacion de biomasa residual . Madrid, España.
- Rincon, S. (2009). *Generacion Energetica a partir de Biomasa Residual Colombiana*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Rojas Briales , E. (2013). Situacion de los bosques del mundo. *Revista virtual de investigacion y ciencia*, 11.
- Silva, J. (08 de 05 de 2013). Donde hay mas deforestacion en Colombia. *El Tiempo*, pág. 6.
- UNEX. (sfp). *Poder Calorifico de Maderas y Residuos Agricolas*. España: Termodinamica y Termotecnia.
- Valderrama, A., Herve, C., & Cesar, Q. (2013). *Briquetas de residuos solidos organicos como fuente de energia calorifica en cocinas no convencionales* . Peru: Centro de desarrollo he investigacion en Termofluidos .
- Viloria de la Hoz, J. (2005). *Sierra Nevada de Santa Marta, Economia de sus recursos naturales* . Cartagena de Indias .
- Andrews, S. Fastqc, (2010). A quality control tool for high throughput sequence data.

Augen, J. (2004). *Bioinformatics in the post-genomic era: Genome, transcriptome, proteome, and information-based medicine*. Addison-Wesley Professional.

Blankenberg, D., Kuster, G. V., Coraor, N., Ananda, G., Lazarus, R., Mangan, M., ... & Taylor, J. (2010). Galaxy: a web-based genome analysis tool for experimentalists. *Current protocols in molecular biology*, 19-10.

Bolger, A., & Giorgi, F. Trimmomatic: A Flexible Read Trimming Tool for Illumina NGS Data. URL <http://www.usadellab.org/cms/index.php>.

Giardine, B., Riemer, C., Hardison, R. C., Burhans, R., Elnitski, L., Shah, P., ... & Nekrutenko, A. (2005). Galaxy: a platform for interactive large-scale genome analysis. *Genome research*, 15(10), 1451-1455.

Goecks, J., Nekrutenko, A., & Taylor, J. (2010). Galaxy: a comprehensive approach for supporting accessible, reproducible, and transparent computational research in the life sciences. *Genome Biol*, 11(8), R86.

Haas, B. J., Papanicolaou, A., Yassour, M., Grabherr, M., Blood, P. D., Bowden, J., ... & Regev, A. (2013). De novo transcript sequence reconstruction from RNA-seq using the Trinity platform for reference generation and analysis. *Nature protocols*, 8(8), 1494-1512.

- HÁJKOVÁ, P., Zemanová, B., BRYJA, J., Hájek, B., Roche, K., TKADLEC, E., & ZIMA, J. (2006). Factors affecting success of PCR amplification of microsatellite loci from otter faeces. *Molecular Ecology Notes*, 6(2), 559-562.
- Mardis, E. R. (2008). The impact of next-generation sequencing technology on genetics. *Trends in genetics*, 24(3), 133-141.
- Martin, J. A., & Wang, Z. (2011). Next-generation transcriptome assembly. *Nature Reviews Genetics*, 12(10), 671-682.
- Martin, M. (2011). Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads.
- Michigan State University. (2013). Annotation pipeline [Imagen]. Recuperada de http://cpgr.plantbiology.msu.edu/training/workshop_mar07/Lecture3_GenomeAnnotation.pdf
- Miller, D. J., Ball, E. E., Forêt, S., & Satoh, N. (2011). Coral genomics and transcriptomics—ushering in a new era in coral biology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 408(1), 114-119.
- Miller, J. R., Koren, S., & Sutton, G. (2010). Assembly algorithms for next-generation sequencing data. *Genomics*, 95(6), 315-327.

Wilhelm, B. T., & Landry, J. R. (2009). RNA-Seq-quantitative measurement of expression through massively parallel RNA-sequencing. *Methods (San Diego, Calif.)*, 48(3), 249.

Vera, A (2013). Talento Cesarence expone Proyecto en Agroexpo 2013. Recuperado de <http://centrobiotecnologicodecaribe.blogspot.com/2013/07/agroexpo-2013.html>

Diaz A (2013), Informe Técnico Trabajo Práctico de Biodiversidad en el Municipio de Pueblo Bello. Universidad Nacional Abierta y Distancia Unad. Valledupar