



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Sede Regional del Norte

Recinto Universitario Augusto C. Sandino

Tesis para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

**“VALIDACIÓN DE BRIQUETAS ELABORADAS CON CASCARILLA DE CAFÉ PARA
EL REEMPLAZO DE LEÑA EN EL HORNEADO DE ROSQUILLAS EN LA ZONA
NORTE DE NICARAGUA”**

Autores

Br. Aleyda Nohemí Rodríguez Zeledón

Br. Bayardo Johexi Martínez Centeno

Br. Kiara del Rosario Rodríguez Espinoza

Tutor

Msc. Ing. Claudio Benito Pichardo

Msc. Ing. Luis María Dicovski

Asesor

Msc. Karla Elisabeth Dávila

Estelí, Noviembre 2015

Dedicatoria

Aleyda Rodríguez

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la sabiduría para concluirlo satisfactoriamente y por darme las fuerzas necesarias en los momentos difíciles.

A mi madre Socorro Zeledón, y a mi padre Antonio Rodríguez por brindarme su apoyo incondicional tanto moral como económico en todo el transcurso de mi formación profesional.

A los docentes involucrados en la investigación por ser nuestros guías para la ejecución y culminación de la investigación.

Bayardo Martínez

Dedicado principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además por su infinita bondad y amor.

A mi madre Corina Centeno Torres, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis maestros por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

Kiara Rodríguez

Dedico este trabajo primeramente a Dios por guiarme en el transcurso de la investigación de manera que nada impidiera culminar favorablemente con este e impulsándome en momentos de angustia.

A mi madre Nuria Espinoza Betanco por ayudarme en el transcurso de mi carrera, dándome ánimo, fortaleza y su gran amor de madre.

A los docentes involucrados por su tiempo y esmero para que este trabajo fuese un éxito.

Agradecimientos

Aleyda Rodríguez

Agradezco infinitamente a Dios nuestro padre celestial por darme la sabiduría y fortaleza para seguir adelante en todo el transcurso del trabajo investigativo y lograr una meta más en mi vida.

A mi familia por su apoyo y por su motivación para que yo saliera adelante con mis estudios.

Bayardo Martínez

Le agradezco sobre todo a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje experiencia y sobre todo felicidad.

A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis duros años de carrera profesional y en especial quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi madre.

Kiara Rodríguez

Agradezco inmensamente a Dios por que jamás permitió que me diera por vencido, siempre estuvo ahí en los momentos más difíciles para levantarme y darme fuerzas para seguir adelante.

A mi familia por su apoyo económico y más que eso su motivación para culminar mis estudios profesionales.

Conjuntamente

Al Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

A nuestros tutores MsC. Claudio Benito Pichardo Hernández y MsC. Luis María Dicovski por su tiempo, dedicación, apoyo y esmero en la asistencia brindada en el desarrollo de la investigación.

A la MsC. Karla Dávila por su colaboración con respecto a los conocimientos ofrecidos para llevar a cabo el trabajo monográfico.

A PRODECOOP por proveer la materia prima necesaria para la realización de las diferentes etapas de experimentación durante el periodo de investigación.

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se realizó con el objetivo de validar las briquetas de cascarillas de café para el reemplazo de leña en el horneado de rosquillas. Durante este estudio se determinaron las propiedades físico – química de la materia prima siendo estas cálculos de porcentaje de humedad, ceniza y granulometría, con el fin de determinar si este producto era apto para la elaboración de briquetas. Posteriormente se elaboraron las briquetas utilizando almidón de yuca como aglutinante y una prensa manual para su compactación, luego estas se sometieron a un secado. Seguidamente se procedió a la realización de pruebas de comparación en una cocina ecológica entre leña y briquetas para determinar si el producto (briquetas) puede ser utilizado como medio de combustión en reemplazo de leña. Por otra parte se realizó una comparación entre leña y briqueta en un horno artesanal para el horneado de rosquillas y de esta manera medir la eficiencia que generan a mayor escala. Las rosquillas obtenidas fueron degustadas por un panel de evaluadores para determinar si hay variación de las características organolépticas (olor y sabor) al ser horneadas con ambas materias orgánicas. Consecutivamente se elaboró un presupuesto parcial para determinar la rentabilidad del uso de las briquetas de cascarilla de café en relación a los costos de la leña.

Dentro del análisis comparativo entre la leña y la briqueta se encontró que esta última presenta mayor poder calórico, genera menos cantidad de ceniza y el tiempo de combustión es mayor con respecto a la leña, aspecto que podemos destacar como excelente desde el punto de vista ambiental.

Las briquetas de cascarilla de café suelen ser una buena opción para el reemplazo de leña, ya que cuenta con características beneficiosas económicas como energéticas para desarrollar actividades de quemado y horneado en los hogares y empresas rosquilleras del país. Una briqueta tiene un costo de C\$ **C\$ 5.52** córdobas en comparación con la leña que cada unidad tiene un valor de **C\$15** córdobas.

Palabras claves: Briquetas, aglutinante y cascarilla de café.

Índice

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	3
III.	JUSTIFICACIÓN	6
IV.	OBJETIVOS	8
	8.1. Objetivo General	8
	8.2. Objetivos Específico.....	8
V.	MARCO TEORICO	9
	5.1. Cascarilla de café.....	9
	5.1.1. Propiedades físicas y químicas de la cascarilla de café	9
	5.1.2. Parámetros a tomar en cuenta según el tipo de biomasa.	10
	5.2. Briquetas	11
	5.2.1. Aglutinantes	11
	5.2.2. Combustión	12
	5.2.3. Poder Calorífico	13
	5.3. Formas de utilización de las briquetas.....	13
	5.4. Sector agroindustrial rosquillero	13
	5.4.1. Concepto de rosquillas	13
	5.4.2. Proceso de elaboración de rosquillas	14
	5.4.3. Tipos de hornos utilizados normalmente en la producción de rosquillas	14
	5.4.4. Características organoléptica de las rosquillas terminadas	15
	5.5. Análisis de la rentabilidad económica.....	16
	5.5.1. Datos requeridos para calcular costos	16
VI.	HIPÓTESIS	17

VII. METODOLOGIA.....	18
7.1. Tipo de investigación.....	19
7.2. Ubicación del estudio	19
7.3. Diseño Metodológico.....	20
7.4. Actividades por objetivo	20
7.4.1. Objetivo 1.....	20
7.4.2. Objetivo 2.	22
7.4.3. Objetivo 3.	22
7.4.4. Objetivo 4.	24
7.5. Procesamiento y análisis de la investigación.....	24
VIII. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	26
8.3. Caracterización de la materia prima	26
8.3.1. Calculo del porcentaje de humedad.....	26
8.3.2. Porcentaje de Cenizas.....	28
8.3.3. Análisis granulométrico	30
8.4. Proceso de elaboración de briquetas	32
8.4.1. Balance general del proceso de elaboración de una unidad de briquetas de cascarilla de café.	35
Porcentaje de composición de la briqueta:.....	36
8.5. Resultados obtenidos de las pruebas preliminares comparativas entre Briquetas, Leña y Cascarilla molida.	37
8.6. Experimento crítico realizado con las briquetas con orificios para comparar su efectividad energética en una la cocina ecológica.....	39
8.7. Resultados obtenidos del experimento crítico al comparar efectividad energética de las briquetas con orificios en el centro y leña.....	41

8.7.2. Análisis del experimento	43
8.8. Experimentación realizada en hornos rosquilleros	44
8.8.1. Prueba con leña.....	44
8.8.2. Prueba con briquetas.....	46
8.9. Aplicación de encuesta	47
8.9.1. Resultado obtenidos de la encuesta aplicada	48
8.10. Determinar la rentabilidad del uso de briquetas de cascarilla de café en relación a la leña a través de costos de producción, bajo el enfoque de presupuesto parcial 50	
8.11. Análisis comparativo de precios entre briqueta y leña utilizada en el horneado de rosquillas.....	52
8.12. Análisis comparativo de eficiencia energética entre leña y briqueta	53
IX. CONCLUSIONES.....	55
X. RECOMENDACIONES.....	57
XI. BIBLIOGRAFIA	58
XII. ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla 1. Características organolépticas de las rosquillas	15
Tabla 2. Prueba de humedad	27
Tabla 3. Pruebas de ceniza	29
Tabla 4. Prueba física de granulometría	30
Tabla 5. Comparación de quemado entre briquetas, leña y cascarilla de cafe	38
Tabla 6. Comparaciones de combustion entre leña y briquetas con orificio	40
Tabla 7. Variabilidad de evaporación de agua	43
Tabla 8. Análisis de varianza	43
Tabla 9. Test: Duncan Alfa=0.05	43
Tabla 10. Ilustraciones de comparación de entre leña y briquetas	47
Tabla 11. Prueba: Bilateral “t” para muestras Independientes (variable sabor).	48
Tabla 12. Prueba: Bilateral “t” para muestras Independientes (variable olor).	49
Tabla 13. Costo de molido de cascarilla de café	50
Tabla 14. Costos variables de producción	50
Tabla 15. Gastos por servicios públicos	51
Tabla 16. Mano de obra para producir una briqueta	51
Tabla 17. Costo total de una briqueta	51
Tabla 18. Precio de venta	52
Tabla 19. Comparación de precios (leña-briqueta) por horneada de rosquilla	52
Tabla 20. Análisis comparativo de las pruebas de quemado entre leña y briqueta en la cocina ecológica	53
Tabla 21. Análisis comparativo entre leña y briqueta en horno artesanal al hornear rosquillas	54

Índice ilustraciones

Ilustración 1. Pruebas de Humedad	27
Ilustración 2. Pruebas de ceniza	28
Ilustración 3. Pesaje de ceniza.....	28
Ilustración 4. Granulometría	30
Ilustración 5. Molienda de cascarilla de café	33
Ilustración 6. Mezclado (cascarilla de café y almidón cocido).....	33
Ilustración 7. Prensado de la briqueta	33
Ilustración 8. Secado de las briquetas.....	33
Ilustración 9. Briquetas finales.....	33
Ilustración 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de briquetas	34
Ilustración 11. Leña.....	37
Ilustración 12. Briquetas.....	37
Ilustración 13. Cascarilla de café.....	37
Ilustración 14. Quemado de briquetas en la cocina ecológica	41
Ilustraciones 15. Quemado de leña en el horno	45
Ilustraciones 16. Quemado de briquetas en el horno rosquillero	46
Ilustración 17. Aplicación de las encuestas	48

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula de poblaciones finitas	23
Ecuación 2. Porcentaje de humedad.....	27

I. INTRODUCCION

Nicaragua es un país productor de café principalmente en la zona norte (Jinotega, Matagalpa, Boaco, Nueva Segovia (Dipilto), Madriz y Estelí (Mirafior), en la Región Central Norte; Carazo, Managua y Granada (Mombacho) en el Sur de la faja del Pacífico (SIMAS, 2008); los residuos y sub-productos que genera este rubro constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales entre ellos está la cascarilla, que no es utilizada, ya que es tratada como un desecho y la finalidad que le dan es incinerarla, sin aprovechamiento de la energía producida por esta materia durante su combustión.

Teniendo en cuenta que la cascarilla de café es un excelente combustible se han realizado diversos estudios de formas de utilización, como es el caso de las llamadas briquetas o bloques de cascarilla que son utilizadas en cocinas sustituyendo la leña.

Por otra parte la industria de las rosquillas es una de las principales actividades económicas de Nicaragua, estas son sin duda alguna, el orgullo del país y las personas que las fabrican son digno ejemplo de la capacidad de trabajo, convicción y exquisitez de su producto; la leña que arde en el interior de los monumentales hornos, utilizada para el horneado, se vuelve cada día un problema por la tala indiscriminada y quema de los árboles generando degradación ambiental.

Cabe mencionar que el material combustible (leña) utilizado para el horneado de rosquillas en la zona norte está muy escaso, ya que la zona boscosa con que contaba las empresas rosquilleras para obtener la leña ha sido despalada y por lo tanto es extraída de otros lugares cercanos a estos municipios como es de la ciudad de Ocotal, Las Sabanas, San Lucas y Cusmapa.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó la presente investigación, “**Validación de briquetas elaboradas con cascarilla de café como combustible en el horneado de rosquillas**” con la finalidad de generar opciones a las empresas productoras de

rosquillas que utilicen briquetas de cascarilla de café y de esta manera se contribuya a reutilizar los desechos orgánicos para favorecer al cuidado del ambiente evitando la tala de árboles.

Por lo tanto este estudio conto con el apoyo financiero del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), y consistió en hacer una caracterización de la materia prima; se realizaron diferentes pruebas físico-químicas (humedad y ceniza) a la cascarilla de café, se elaboraron briquetas en una prensa manual, una vez secas fueron sometidas a pruebas de quemado para determinar su eficiencia energética en comparación a la leña tradicional, en el cual se determinó el tiempo de combustión de cada uno de ellos; las briquetas también fueron probadas en un horno rosquillero para medir la eficiencia que generan a mayor escala, realizando el mismo procedimiento con leña en comparación, la rosquillas obtenidas fueron degustadas para determinar si hay variación de las características organolépticas (olor y sabor) al ser horneadas con ambas materias orgánicas, y se construyó un presupuesto parcial para determinar la rentabilidad del uso de las briquetas de cascarilla de café en relación a los costos de la leña.

II. ANTECEDENTES

En el siguiente acápite se darán a conocer estudios que se han llevado a cabo tanto en el ámbito nacional como internacional, investigaciones acerca de darle un aprovechamiento a los residuos que genera el café con la elaboración de briquetas de cascarilla de café.

A nivel internacional el Centro de Desarrollo e Investigación en Termo fluidos (CEDIT) integrado por grupos de estudiantes, egresados y profesores de la UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos) de los países de Venezuela y Perú, realizaron un estudio donde elaboraron briquetas a partir de residuos sólidos orgánicos, esto con el fin de buscar nuevas fuentes energéticas que posean viabilidad técnica y económica, con el menor impacto ambiental posible. Los resultados preliminares permitieron demostrar que se puede reemplazar el combustible líquido y gaseoso ejecutando el proceso de quemado de las briquetas con un 70% de RSO (residuos sólidos orgánicos) en masa, para obtener energía calorífica en una proporción del 33% con respecto a un combustible líquido (kerosene, petróleo, diesel) y 30% en masa respecto al gas licuado de petróleo (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo, 2007).

Por otra parte en el mismo ámbito internacional en la Universidad Católica del Perú se realizó un estudio titulado “**Transformación de biomasas residuales en bio-combustibles sólidos**” integrado por la Magíster Estela Assureira Espinoza y el Ing. Marco A. Assureira Espinoza dicha investigación consistió en el proceso de transformación de los residuos biomasicos en combustible llamado bio- briquetas que serían empleadas en aplicaciones térmicas calefacción, calentamiento de agua, secado y cocción de alimentos. Los cuales trabajaron con cascarilla de café, cascarilla de cebada y virutas de madera las que fueron sometidos a un proceso de caracterización físico-química; donde se obtuvieron humedades comprendidas entre 10% y 17%, un alto porcentaje de materia volátil del orden de 75% y un bajo contenido de cenizas y de carbono fijo; posteriormente los residuos fueron sometidos a un proceso de secado natural al sol , molienda y torrefacción consistió en un calentamiento lento de las

biomasas en una atmósfera con limitada presencia de oxígeno a una temperatura cercana a los 270°C, lo que permitió reducir la humedad y los volátiles, el incremento del poder calorífico lo que significa una mejora significativa de sus propiedades como combustible, a continuación fueron mezclados con un aglomerante orgánico de maíz , densificados en una prensa manual y finalmente secados en horno a una temperatura de 160 °C, obteniendo briquetas de forma cilíndrica con un agujero central, como resultado se afirma que las bio-briquetas desarrolladas presentaron una densidad superior a 700 kg/m³, durabilidad mayor a 97%, mayor poder calórico que el material base y resistencia al deterioro. (Espinoza & Espinoza, 2011)

Ahora bien, en el ámbito nacional cabe señalar que se han realizado algunos trabajos referentes a esta temática entre ellos, en la ciudad de Matagalpa a través del Proyecto Cuencas; que coordina la Comisión de Energía en la que participan la alcaldía municipal, MARENA, el Movimiento Comunal, MAN, AMAT (Empresa Aguadora de Matagalpa), Asociación de Productores de las Cuencas, INTA y UNICAFE, quienes desarrollaron estrategias que demuestran que hay alternativas para promover el ahorro de leña, siendo una de ellas la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café.

Según Ada Luz Aldana, asistente de planificación, monitoreo y seguimiento del proyecto, indica que las briquetas se produjeron en una máquina especial, diseñada en el país la que necesita libra y tres onzas de cascarilla de café para producir una libra de briqueta teniendo una capacidad para producir de dos a tres quintales por hora, aunque dicha máquina tiene problemas de diseño, no puede mantener la producción constante.

El proyecto realizó la experimentación con la señora Socorro Montenegro que elaboró tortillas y nacatamales con las briquetas, la cual resume las ventajas según lo observado y es que produce menos humo en comparación con la leña, enciende con facilidad, una vez encendida ya no se apaga y queda una brasa que da calor durante bastante tiempo, también comprobó que se gasta el doble de leña que de briqueta para cocinar lo mismo, y que la briqueta es más barata. (Pérez & Fandiño, 2007)

Así mismo en la Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Estelí, se realizó un estudio de tesis integrado por un grupo de estudiantes y una maestra denominado “Validación de máquina briqueteadora para el aprovechamiento de la cascarilla de café” para la creación de bloques sólidos o llamadas briquetas, en el transcurso de la investigación se compararon tres tecnologías para la obtención del producto debido a que se encontraron dificultades en la máquina que estaba en validación, se propusieron dos equipos artesanales, siendo un molde de madera y una prensa manual los cuales fueron más funcionales que la máquina propuesta inicialmente.

Por lo antes mencionado se procedió a validar las maquinas con diferentes aglutinantes y en diferentes proporciones, obteniendo como resultando que la mejor mezcla fue con cascarilla triturada y almidón cocido, siendo esta la más eficiente resultando que las briquetas elaboradas con el molde de madera son más frágiles que las elaboradas con la prensa, ya que el nivel de presión aplicado en estas tecnologías es distinto debido a su sistema de compactación.

Las briquetas elaboradas con la mezcla de cascarilla triturada y almidón cocido fueron sometidas a diferentes pruebas al igual que la leña y a su vez establecer comparación; Obteniendo que: las briquetas presentan mayor poder calórico que la leña, generan menos Dióxido de Carbono, su tiempo de encendido es mejor. (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012)

Cabe señalar que las diferentes investigaciones que se han realizado son de gran importancia ya que pretenden reducir y darles un aprovechamiento a los residuos del café (cascarilla) a través de la obtención de briquetas que pueden ser utilizadas como medio de combustión en remplazo de leña.

Sin embargo en el país y sobre todo en la zona norte no hay experiencia del uso de briquetas como medio de combustión; debido a que en su mayoría las personas, principalmente los productores de rosquillas utilizan métodos tradicionales como leña, gas y/o electricidad para la obtención de productos cocidos.

III. JUSTIFICACIÓN

El consumo de leña en Nicaragua es de 2, 619,100 toneladas anuales, de lo cual 489.50 toneladas de este combustible son proveniente de la industria alimentaria (Rosquilleras) según un estudio realizado en el municipio de Somoto por el MARENA y ARDISA. Esta práctica se debe a que las principales empresas productoras de rosquillas solo cuentan con hornos artesanales que necesitan grandes cantidades de leña para el horneado del producto, ya que son personas de escasos recursos económicos que no pueden invertir en equipos más sofisticados para la realización del proceso de horneado, por lo tanto se genera una gran demanda de leña, que a su vez está provocando un gran despale en zonas boscosas y por ende contribuye al cambio climático.

El problema ambiental en Nicaragua es cada vez más grave y preocupante, no solo la tala y quema de árboles es una situación que afecta en gran manera el medio ambiente, sino también el café que a pesar de ser un producto muy demandado da aportes significativos a la economía del país, sus residuos obtenidos tanto en el beneficiado húmedo como en el seco están siendo parte de este deterioro.

En los beneficios secos de café al realizarles las operaciones preliminares a los granos; mismos que al pasar por el proceso de trillado generan una gran cantidad de cascarilla siendo un subproducto que provee un ambiente de contaminación, al no ser reutilizado. Este no recibe el tratamiento adecuado, ya que requiere de una gran inversión para darle un valor agregado a este residuo; sin lugar a duda este desecho también contribuye al cambio climático debido al grado de contaminación que aporta.

Por lo tanto es de gran importancia que se ofrezca una alternativa de solución para estos problemas ambientales que están afectando tanto a nivel nacional como mundial, proponiendo la validación de briquetas de cascarilla de café en remplazo de leña, dando solución a los problemas antes mencionados, de manera que el principal beneficiado será el medio ambiente, así como también dando un enfoque a la

generación de empleos, aportando al desarrollo económico del país y formando políticas para el cuidado, preservación y conservación del medio ambiente.

IV. OBJETIVOS

8.1. Objetivo General

Validar briquetas elaboradas con cascarilla de café como medio de combustión en el horneado de rosquillas, para aportar a la reducción del uso de la leña, en la zona Norte de Nicaragua.

8.2. Objetivos Específico

- ✚ Evaluar las características físico-químicas de la cascarilla de café y la eficiencia energética de las briquetas en función a la leña tradicional.
- ✚ Valorar el rendimiento y eficiencia energética de las briquetas de cascarilla de café con respecto a la leña al ser utilizadas en un horno rosquillero.
- ✚ Identificar la variación de olor y sabor de las rosquillas, a través de degustación al utilizar briquetas de cascarilla de café en el horneado.
- ✚ Determinar la rentabilidad del uso de briquetas de cascarilla de café en relación a la leña, bajo el enfoque de presupuesto parcial.

V. MARCO TEORICO

Para la realización de la presente investigación fue necesario retomar aspectos teóricos de investigaciones realizadas con respecto al tema a abordar. A continuación se presentan algunos fundamentos importantes.

5.1. Cascarilla de café

La cascarilla de café es la parte que envuelve al grano se obtiene mediante el proceso del trillado donde ocurre una separación, constituye una excelente fuente de celulosa¹, y lignina², pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción.

En los países productores de café, los residuos y sub-productos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de buscar métodos sobre cómo utilizarlos como materia prima para la producción de bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, proteína y abono. (Cristel & Silvia, 2000)

.A continuación se muestran las propiedades físicas y químicas del cisco o cascarilla de café.

5.1.1. Propiedades físicas y químicas de la cascarilla de café

Para aprovechar los residuos que genera el café y producir subproductos es necesario conocer las propiedades físicas y químicas de la cascarilla ya que estas determinan el tipo de combustible y utilización que se le puede dar.

De acuerdo a estudios realizados por Palacios y Betancourt citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012) la cascarilla del café presenta las siguientes propiedades:

¹ **Celulosa:** La celulosa es la biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre.

² **Lignina:** Materia que se encuentra en todos los tejidos vegetales acompañando a la celulosa.

- El poder calorífico es de aproximadamente 7,458 Kcal/Kg.
- El Material volátil es de 87.7 %.
- Densidad aparente promedio 0.33 g / cm³.
- El tamaño de las partículas oscila entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro.

Según Orozco, Cantarero & Rodriguez M, citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012) la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: contenido de humedad de 7,6%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5%, extracto libre de nitrógeno 18,9%, calcio y Magnesio 150 mg y fósforo 28 mg.

Tomando en cuenta dichas propiedades se puede considerar que la materia prima es apta para la elaboración de briquetas.

5.1.2. Parámetros a tomar en cuenta según el tipo de biomasa.

Contenido de humedad: El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%.

Porcentaje de ceniza: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues en algunos casos ésta puede ser utilizada.

Granulometría: Tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas de acuerdo a su tamaño. (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012)

5.2. Briquetas

Son productos elaborados con residuos sólidos orgánicos formado por la compactación de biomasa³ residual o ya sea a partir de cascarilla de café, que estas pueden ser quemadas en cocinas para obtener energía calorífica, siendo una alternativa de remplazo a los combustibles tradicionales tales como (kerosene, gas licuado de petróleo o leña). Estas son diseñadas con una maquina briqueteadora especial.

Las características de las briquetas es su alta densidad, suelen ser de forma cilíndrica pero no siempre tienen que ser así ya que cada fabricante de este producto puede producir briquetas de diferentes formas y tamaños.

Según Olivares citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012), las briquetas o bloque sólido son bio-combustibles para generar calor utilizados en estufas, chimeneas, hornos y calderas. Es un producto ecológico y renovable, catalogado como bio-energía sólida, que viene en forma cilíndrica o de ladrillo el cual puede sustituir a la leña con muchas ventajas.

5.2.1. Aglutinantes

Son los cementantes utilizados como pegamentos para comprimir la cascarilla de café.

Según Patiño, citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012) considera que La adición del pegamento o aglutinante al cisco⁴ es uno de los pasos críticos en la fabricación de briquetas. Prácticamente cualquier adhesivo podría ser utilizado como cementante. La selección se hace en función del costo y del uso final que se pretende para la briqueta.

El aglutinante más utilizado es el almidón de maíz no refinado y granulado, debido a que se vuelve un adhesivo después de cocido y mezclado con agua. (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012)

³ **Biomasa.** Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

⁴ **Cisco:** Cascarilla de café.

5.2.2. Combustión

Se basa en la reacción química exotérmica de una sustancia o mezcla de sustancias llamada combustible con el oxígeno, siendo característica de esta reacción la formación de una llama, que es la masa gaseosa incandescente que emite luz y calor y que está en contacto con la sustancia combustible. (DANILIN, 1999).

De acuerdo a como se produzcan las reacciones de combustión, estas pueden ser de distintos tipos:

a) Combustión completa: ocurre cuando las sustancias combustibles reaccionan hasta el máximo grado posible de oxidación. En este caso no habrá presencia de sustancias combustibles en los productos o humos de la reacción.

b) Combustión incompleta: se produce cuando no se alcanza el grado máximo de oxidación y hay presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de la reacción.

c) Combustión estequiometria o teórica: Es la combustión que se lleva a cabo con la cantidad mínima de aire para que no existan sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión no hay presencia de oxígeno en los humos, debido a que este se ha empleado íntegramente en la reacción.

d) Combustión con exceso de aire: Es la reacción que se produce con una cantidad de aire superior al mínimo necesario. Cuando se utiliza un exceso de aire, la combustión tiende a no producir sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión es típica la presencia de oxígeno en los gases de combustión. La razón por la cual se utiliza normalmente un exceso de aire es hacer reaccionar completamente el combustible disponible en el proceso. (DANILIN, 1999).

5.2.3. Poder Calorífico

El poder calorífico (PC) de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad empleada de combustible. (DANILIN, 1999).

De acuerdo a como se expresa el estado del agua en los productos de reacción se puede dividir en:

- ✚ **Poder calorífico Superior (PCS):** Expresa la cantidad de calor que se desprende en la reacción completa de la unidad de combustible con el agua de los humos en forma líquida a 0 °C y 1 atm.

- ✚ **Poder calorífico Inferior (PCI):** Expresa la cantidad de calor que se desprende en la reacción completa de la unidad de combustible con el agua de los humos en estado de vapor. (DANILIN, 1999).

5.3. Formas de utilización de las briquetas

El uso de briquetas en países internacionales es muy común como una alternativa a los combustibles fósiles Fundamentalmente para el uso doméstico en chimeneas, estufas, salamandras, hornos y calderas individuales y también en actividades industriales.

5.4. Sector agroindustrial rosquillero

5.4.1. Concepto de rosquillas

Las rosquillas son alimentos elaborados a base de maíz en forma de roscas las cuales son un tradicional bocadillo de Nicaragua.

Se procesan con masa de maíz, la cual se mezcla con cuajada (queso cuajado), se amasan juntos y después se moldea en forma de rosquillas. La etapa final del proceso es cuando las rosquillas se pasan al horno de donde salen con su olor, sabor característico y contextura final. (OIRSA, COEXPORT, 2009).

5.4.2. Proceso de elaboración de rosquillas

El proceso de producción involucra diversas etapas, la primera etapa es la de limpieza y escogencia del maíz bueno (semillas en excelentes condiciones); el maíz escogido luego se pesa, se lava, se cuece y se muele.

Posteriormente la masa de maíz se mezcla con queso, mantequilla, manteca vegetal, leche y sal se amasan juntos hasta lograr la consistencia adecuada; esa masa es trasformada manualmente en miles de rosquillas moldeada en formas de hojaldras o argollas al gusto de la persona, seguidamente las rosquillas son pasadas al horno artesanal a más de 200°C de temperatura de donde salen con su sabor y contextura final.

El proceso de empaquetado siendo esta la última etapa, el producto final es embolsado en bolsas de polipropileno ya que este material es especial para productos alimenticios, este material aísla la suciedad, la contaminación por mala manipulación, también la duración es más larga por tanto el producto tienen una duración más óptima debido al empaque. (Carazo, 2013).

5.4.3. Tipos de hornos utilizados normalmente en la producción de rosquillas

Nicaragua es uno de los principales países productores de rosquillas especialmente en la zona norte, donde para elaborar este producto se requiere de grandes cantidades de leña para calentar los hornos que son medios utilizados para la cocción de las rosquillas. Donde actualmente se utilizan hornos tradicionales y hornos mejorados en los diferentes talleres de rosquillas.

5.4.3.1. Hornos tradicionales

Los hornos tradicionales contruidos a base de ladrillos y barro los cuales son utilizados para la cocción de las rosquillas, utilizando como medio de calentamiento el combustible leña, compuestos por una copula o bóveda esférica, una chimenea para retirar las brasas, escape del humo y una puerta arredondeada por donde se introducen las bandejas de las rosquillas para su posterior horneado o cocción. (Carazo, 2013)

5.4.3.2. Hornos mejorados

Surgieron como una alternativa de menos consumo de leña, estos hornos poseen la misma estructura física de los hornos tradicionales con la diferencia que en su interior en la base de la parte baja son contruidos con fibra de vidrio para que acumule mayor calor y se utilicen menores proporciones de leña. (Carazo, 2013)

5.4.4. Características organoléptica de las rosquillas terminadas

Tabla 1. Características organolépticas de las rosquillas

Características organoléptica de las rosquillas	
Color	Ligeramente tostado
Textura	Crujiente
Sabor	Característico
Olor	Característico

Fuente: Ficha técnica de producto rosquillas (Airos Celiacs (productos artesanos sin gluten)).

Evaluación organoléptica: Es una valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra (principalmente de alimento o bebida) basada exclusivamente en la valoración de los sentidos (vista, gusto, olfato, etc.). En la práctica, una valoración organoléptica es una prueba de degustación para determinar la calidad del producto. (Tamames, 2010)

5.5. Análisis de la rentabilidad económica

Siendo de gran importancia identificar la rentabilidad económica de utilizar briquetas de cascarilla, de café en relación con la leña se retomaron ciertos aportes los cuales se muestran a continuación.

5.5.1. Datos requeridos para calcular costos

Los costos es toda cantidad de dinero que se debe erogar para pagar lo que se requiere en la operación de la empresa.

Costos Variables

Cambian en relación directa con determinada actividad o volumen, dicha actividad puede ser producción o ventas.

Costos fijos.

Permanecen constantes en un período determinado, sin importar si cambia el volumen de ventas o de producción. (Navarro, 2013)

 **Cantidad de materia prima:** Para generar una briqueta

 **Precio de la materia prima:** Precio en efectivo equivalente a los costos variables.

 **Precio de la unidad de briqueta producida:** Es el precio que presenta cada briqueta elaboradas.

VI. HIPÓTESIS

Las briquetas elaboradas a partir de cascarilla de café, pueden ser utilizadas en el horneado de rosquillas, manteniendo estas últimas sus mismas características organolépticas en comparación a las horneadas con leña.

VII. METODOLOGIA

La investigación fue desarrollada en dos etapas, primeramente se caracterizó la materia prima (cascarilla de café) realizándole pruebas físico-químicas de humedad y ceniza , para determinar si era apta para el procesamiento, posteriormente se elaboraron las briquetas según lo propuesto por el trabajo de tesis titulado “**Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible**” (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012); dicha investigación sugirió reducir las partículas de la materia prima para una mejor compactación del residuo, se compactaron en una prensa manual a la cual se le ejerció presión, dejándola por tiempo de 10 minutos para que afianzara una forma cilíndrica y luego ser secadas.

Así mismo a una parte de las briquetas obtenidas se realizaron pruebas preliminares comparativas de quemado en una cocina ecológica para identificar el tiempo que permanecían encendidas, donde se colocó un recipiente con agua para calcular la cantidad que se evaporaba, realizando el mismo procedimiento con leña y cascarilla de café para comparar los tiempos y la evaporación de agua de cada una de las materias orgánicas.

Además de las pruebas mencionadas anteriormente se realizaron seis repeticiones utilizando leña como testigo, pero esta vez realizándole orificios laterales a las briquetas para facilitar su quemado.

En la segunda etapa se identificó la eficiencia de las briquetas a través del horneado de rosquillas donde se realizaron dos pruebas a partir de una comparación; un día se utilizó leña, al día siguiente se usó briquetas para calentar el horno donde se pesaron cantidades iguales tanto de leña como briquetas logrando medir la temperatura y tiempo de encendido, posteriormente se realizó una degustación de rosquillas hornadas con briquetas al igual que rosquillas hornadas con leña a través de un llenado de encuestas para que las personas pudieran determinar si existía diferencia entre olor y

sabor entre ambos productos, finalmente se determinó la rentabilidad del uso de briquetas a través de costos de producción bajo el enfoque de presupuesto parcial en relación al costo de leña.

7.1. Tipo de investigación

Esta investigación es experimental porque se pretendió saber si resulta beneficioso utilizar un producto nuevo (briquetas de cascarilla de café) para el horneado de rosquillas, de tal forma poder saber si no afecta las características organolépticas (olor y sabor) de las rosquillas al ser horneadas con dicho producto, así mismo identificar la eficiencia energética que las briquetas presentan en comparación con la leña. Por otra parte valorar la rentabilidad económica que puede generar al utilizar dicho producto. Pudiendo brindar una alternativa más al darle un uso adecuado a los desperdicios del café y de tal forma evitar el despale continuo que afecta directamente al ambiente y a la población en general.

7.2. Ubicación del estudio

La elaboración de las briquetas de cascarilla de café y las pruebas preliminares realizadas a través de quemado de briquetas, leña y cascarilla de café, se efectuaron en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Sede Regional del Norte, ubicado en la salida suroeste de la ciudad de Estelí, Nicaragua. Se escogió este laboratorio, porque cuenta con la maquinaria y equipos necesarios para poder lograr las actividades planteadas para el desarrollo del estudio.

La valoración del rendimiento y eficiencia energética de las briquetas se realizó en un taller rosquillero en San Juan de Limay Departamento de Estelí; se escogió este lugar debido a que dos integrantes del equipo son originarios del lugar logrando realizar una consulta a la propietaria, la cual estuvo dispuesta a facilitar el horno para llevar a cabo

la experimentación; donde ella se comprometió a vender la producción de rosquillas que comúnmente realiza con leña y de igual forma la que se realizó con briquetas.

Para la recolección de datos se realizó una degustación para comprobar si existía variación de olor y sabor entre las rosquillas, la cual se ejecutó en la Universidad Nacional de Ingeniería a través del llenado de una encuesta, ya que es un centro de estudio donde se encuentra numerosas cantidades de personas, entre ellos estudiantes y maestros que cooperaron para la obtención de datos relevantes en la investigación.

7.3. Diseño Metodológico

Se realizó una Investigación experimental donde se evaluaron con repeticiones y diseño estadístico el quemado de briquetas y evaluación sensorial (olor y sabor) de rosquillas. Antes de hacer los experimentos críticos de quemado se ejecutó una fase preliminar con repeticiones que permitió, hacer un experimento con un diseño aleatorio.

7.4. Actividades por objetivo

7.4.1. Objetivo 1.

Evaluar las características físico-químicas de la cascarilla de café y la eficiencia energética de las briquetas en función a la leña tradicional.

- ✚ Se recopiló información acerca de la elaboración de las briquetas de cascarilla de café así como la composición química que estas presentan, consultando diversas bibliografías que posean información de gran importancia para la investigación. El universo de cascarilla, es la producción nacional de la misma estimada en 6,637.82 toneladas anualmente. (CETREX)
- ✚ Compra de insumos para la producción de briquetas (cascarilla de café y almidón)

- ✚ Se realizaron pruebas físicas y químicas como porcentaje de humedad el cual para obtener este dato se midió el nivel de humedad por diferencia de materia seca introduciendo 6 muestras de 10g de cascarilla de café en un horno secador a una temperatura de 75 °C por 4 horas, así como también para obtener el porcentaje de ceniza se tomaron 6 muestras de 10 g de cascarilla de café en recipientes de porcelana y posteriormente se introdujeron a la mufla a una temperatura de 500 °C por un periodo de 2 horas y los residuos de material que quedaron después del quemado se pesaron en una balanza analítica Scout 600g con una precisión de 0.01 g, para determinar el porcentaje de ceniza generada, de igual manera se realizó un análisis granulométrico que consistió en ordenar de forma descendente una serie de tamices, depositando la cascarilla seca en ellos, agitándolos de forma horizontal o vertical durante 5 o 10 minutos, métodos planteados por el trabajo de tesis **“Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible”** (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012), dicha investigación sugiere para determinar las propiedades de la cascarilla de café, actividades que se llevaron a cabo en laboratorio de Agroindustria y laboratorio de Civil de la UNI-RUACS
- ✚ Para la molienda de cascarilla de café, utilizando como medio una picadora de pasto. Posteriormente la cascarilla molida se introdujo en tamices permitiendo obtener partículas más pequeñas que facilitarían la compactación de las briquetas.
- ✚ Para la elaboración de briquetas se utilizó como materia prima cascarilla de café triturada y como aglutinante almidón de yuca cosido, con el objetivo de obtener una mejor compactación, valiéndose de una prensa manual para la compactación de la biomasa, en el laboratorio de Agroindustria de la UNI-RUACS.
- ✚ Por lo tanto para la evaluación de la eficiencia energética, se realizaron pruebas comparativas entre leña de pino, briquetas y cascarilla de café para determinar a pequeña escala la rentabilidad del producto, donde se usó una cocina ecológica,

de lata, que funciona con cascarilla o aserrín. Primero se pesaron cantidades iguales de material: 2.2 kg leña 2.2 kg de briquetas y 2.2 kg de cascarilla de café. Luego se quemó la leña, cortada en trozos pequeños encendiéndolos dentro de la cocina, posteriormente se colocó en un recipiente 4 litros de agua para que este hirviera y se lograra medir la cantidad de agua evaporada, así como también la cantidad de cenizas generadas, el mismo procedimiento se realizó con las briquetas y con la cascarilla de café.

7.4.2. Objetivo 2.

✓ **Valorar el rendimiento y eficiencia energética de las briquetas de cascarilla de café con respecto a la leña al ser utilizadas en el horno rosquilleros.**

- ✚ Se procedió a la elaboración de rosquillas por la señora Janeth Cerros en su taller rosquillero.
- ✚ Posteriormente se realizó el horneado de roquillas en un horno artesanal, utilizando leña tradicional, en el cual se pesó la cantidad que se utiliza normalmente para la producción de 15 cazuelejas.
- ✚ Seguidamente se efectuó el horneado de rosquillas utilizando la misma cantidad y peso de briquetas que se utilizaron en el horneado con leña.
- ✚ Se logró medir la capacidad energética que alcanza tanto la leña como las briquetas al ser utilizados en el horno rosquillero.

7.4.3. Objetivo 3.

✓ **Identificar la variación organoléptica (olor y sabor) de las rosquillas a través de degustación al utilizar briquetas de cascarilla de café en el horneado.**

Se efectuó una evaluación sensorial a través de una degustación para determinar si existe variación de olor y sabor de las rosquillas horneadas con briquetas de cascarilla de café, utilizando rosquillas horneadas con leña como testigo comparativo. Para la obtención de los datos se tomó una muestra de 1500 estudiantes y maestros de la Universidad Nacional de Ingeniería donde se calculó el número de encuestas a aplicar utilizando la siguiente fórmula de poblaciones finitas.

Ecuación 1. Fórmula de poblaciones finitas

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Fuente: Métodos y técnicas de investigación (Lourdes Munch y Ernesto Ángeles)
(Munch Galindo, 1996)

Donde

Z= Nivel de confianza

N= Universo

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

e= Error de estimación

n= Tamaño de la muestra.

Aplicando la formula se tiene lo siguiente:

$$96 = \frac{1.70^2 * 0.5 * 0.5 * 1500}{1500 * 0.09^2 + 1.70^2 * 0.5 * 0.5}$$

La fórmula indica que se debía de aplicar 96 encuestas siendo este el tamaño de muestra, con un nivel de confianza del 2.89, tomando un universo de 1500 estudiantes de la UNI, presentando una probabilidad a favor de 0.5 y una probabilidad en contra de 0.5, un error de estimación de 0.09. **(Véase anexo # 2)**

7.4.4. Objetivo 4.

- ✓ **Determinar la rentabilidad del uso de briquetas de cascarilla de café en relación a la leña, bajo el enfoque de presupuesto parcial.**
 - ✚ Determinar los costos de producción de la obtención de briquetas.
 - ✚ Realizar un análisis comparativo (presupuesto parcial) entre leña y briqueta de cascarilla de café terminadas, para identificar su rentabilidad para la producción de rosquillas.

7.5. Procesamiento y análisis de la investigación

Para llevar a cabo la construcción del trabajo de investigación se utilizaron programas de ofimática como Word que es un programa que sirve para crear, modificar,

documentos escritos, a este tipo de programas se los conoce como procesadores de texto necesario para escribir los documentos.

Para el análisis de los resultados de los datos obtenidos se utilizó el programa Infostat el cual es un software apto para realizar análisis estadístico de aplicación general, obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. (UNC, 2010)

Para determinar la rentabilidad de las briquetas en comparación a la leña, donde se usó el programa de Excel. (Microsoft, 2014) y la teoría de presupuesto parcial (Horton, 1982)

VIII. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

A través de la ejecución de la metodología antes detallada, se muestran los resultados de cada una de las actividades de las fases de la investigación.

8.3. Caracterización de la materia prima

La materia prima se sometió a diferentes pruebas (Humedad, ceniza y granulometría) para determinar sus propiedades así mismo decretar si resulta apta para la elaboración de briquetas.

8.3.1. Calculo del porcentaje de humedad

Para obtener este parámetro se midió el nivel de humedad por diferencia de materia seca, utilizando una balanza analítica scout 600g, 0.01 de precisión donde se pesaron 6 muestras que contenían 10 g cascarilla de café cada una y se registraron sus valores, se introdujeron al horno secador a una temperatura de 75 °C por un periodo de 4 horas concluido este periodo se pesaron nuevamente para determinar su peso final, método sugerido por el trabajo de tesis titulado “**Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible**” (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012).



Ilustración 1. Pruebas de Humedad

A continuación se presentan los datos iniciales y finales de la prueba de humedad.

Tabla 2. Prueba de humedad

	Peso de la cascarilla húmeda	Peso de la cascarilla seca
Muestra 1	10 g	9.2535 g
Muestra 2	10 g	9.3885 g
Muestra 3	10 g	9.0975 g
Muestra 4	10 g	9.443 g
Muestra 5	10 g	9.115 g
Muestra 6	10 g	9.237 g

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta los datos obtenidos de las pruebas de materia seca, se calculó un promedio sumando el peso de las seis muestras y dividiéndolas entre el número de muestras obtenidas de lo cual se obtuvo un promedio de 9.2558 g en base a las 6 muestras de 10 g que fueron sometidas a secado. Estos datos se introdujeron en la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de humedad.

Ecuación 2. Porcentaje de humedad

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{10 \text{ g} - 9.2558}{10 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de humedad} = 7.44\%$$

Al haber realizado la determinación de humedad a la cascarilla de café aplicando la formula anterior, se obtuvo un **7.44 %**, dato que al compararlo con lo establecido por Orozco, Cantarero & Rodriguez M, citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012), el cual refleja que la humedad de la cascarilla debe ser de **7,6 %** se puede indicar que el dato obtenido que es un poco más bajo pero similar, lo que indica que la materia prima es apta para la elaboración de briquetas.

8.3.2. Porcentaje de Cenizas

Para obtener datos estadísticos del porcentaje de ceniza se tomaron 6 muestras de 10 g de cascarilla de café en recipientes de porcelana que posteriormente se introdujeron a una mufla (barnstead thermolyn furnace 6000), a una temperatura de 500 °C por un periodo de 2 horas y los residuos de material que quedaron después del quemado se pesaron en una balanza analítica Scout 600 g con una precisión de 0.01 g, (**Véase ilustración 2 y 3**; método sugerido por el trabajo de tesis titulado “**Validación de máquina briquetadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible**” (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012)



Ilustración 2. Pruebas de ceniza



Ilustración 3. Pesaje de ceniza

A continuacion se presentan los datos iniciales y finales de los pesajes de la cascarilla de café.

Tabla 3. Pruebas de ceniza

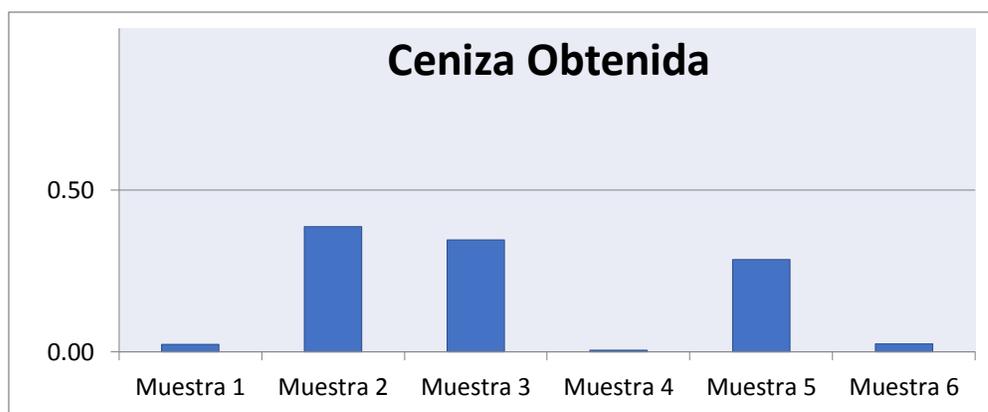
Pruebas de ceniza		
	Peso de la cascarilla	Ceniza obtenida
Muestra 1	10 g	0.0232 g
Muestra 2	10 g	0.3864 g
Muestra 3	10 g	0.3461 g
Muestra 4	10 g	0.006 g
Muestra 5	10 g	0.285 g
muestra 6	10 g	0.025 g

Fuente: Elaboracion propia

Según los datos calculados en las pruebas se pudo determinar que la cascarilla presenta un **0.2%** de ceniza siendo este el material no combustible de dicha biomasa residual, lo cual es un dato más bajo pero similar de lo establecido por Orozco, Cantarero & Rodriguez M, citado por (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012) que es de **0.5%**, indicando que la cascarilla a utilizar es exelente por que hay mas material combustible que no combustible.

Para mayor visualización se presenta los datos obtenidos de las 6 pruebas realizadas.

Grafica 1. Porcentaje de ceniza.



Fuente: Elaboración propia.

El grafico indica que en la cascarilla de café hay más material de combustión que no combustible por lo cual genera pocos residuos de ceniza.

8.3.3. Análisis granulométrico

Para realizar esta prueba física se tomó una muestra de 200 g de cascarilla de café triturada, la cual fue depositada en 6 tamices de diferentes tamaños, (Tamices número 4, 8, 10, 16, 30 y 100). En la **ilustración 4** se muestra la actividad donde la cascarilla está pasando por los tamices. Método sugerido por el trabajo de tesis titulado “Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible” (Davila, Amador, Morazan, & Rugama, 2012)



Ilustración 4. Granulometría

Tabla 4. Prueba física

de granulometría

Granulometría en base a 200 g de cascarilla de café triturada	
Tamices utilizados	Peso en gramo retenido en cada tamiz
Tamiz # 4 (tamaño de micras)	0 g
Tamiz # 8 (tamaño de micras)	2 g
Tamiz # 10 (tamaño de micras)	13 g
Tamiz # 16 (tamaño de micras)	120 g
Tamiz # 30 (tamaño de micras)	42 g
Tamiz # 100 (tamaño de micras)	23 g

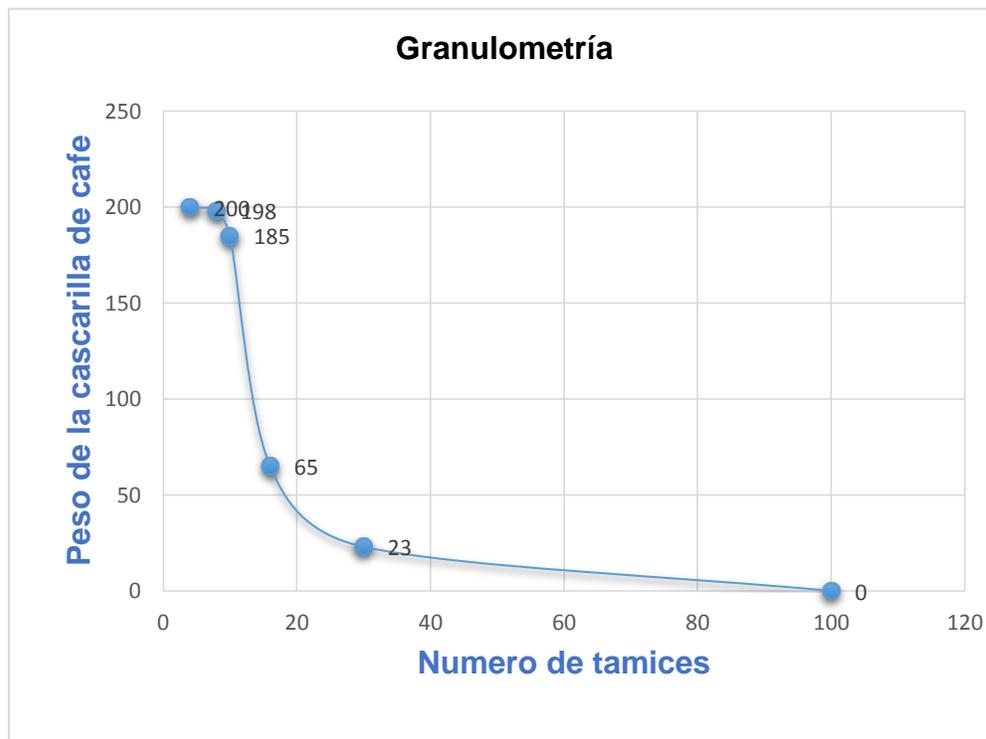
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla la mayor parte de cascarilla de café quedo retenida en el tamiz número 16, debido a que el tamaño de las partículas detenidas en este tamiz no eran muy gruesas ni muy finas por lo tanto fue la que se tomó para la elaboración de briquetas ya que por los demás tamices pasaron las partículas de menor tamaño mejor dicho polvos muy finos.

Por lo que se puede decir que el tamaño de las partículas de la materia prima para la elaboración de las briquetas es de 10 milímetros.

Para mayor visualización se presenta el siguiente grafico del comportamiento de la curva de granulometría donde en el eje de las “X” se puede apreciar los números de cada tamiz utilizado y en el eje de las “Y” el peso retenido de cascarilla de café en cada uno de los tamices.

Grafica 2. Curva de granulometría



Fuente: Elaboración propia

Según bibliografía consultada, la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: Contenido de humedad de **7,6%**, materia seca **92,8%**, y cenizas **0,5%**. De acuerdo con los datos obtenidos se determinó que la materia prima es apta para la elaboración de briquetas, ya que esta posee un porcentaje bastante bajo de producción de ceniza, así como de humedad, presentando un alto grado de eficiencia energética debido a que estas propiedades se encuentran en rangos normales según lo establecido.

8.4. Proceso de elaboración de briquetas

Primeramente se recepcionó la materia prima, posteriormente se trituró la cascarilla de café con el fin de obtener las partículas más finas y así lograr una mejor compactación donde se puede apreciar en la **(ilustración 5)**. Luego se adicionó aglutinante, mezcla almidón más agua y se sometió a cocción hasta lograr un mezcla homogénea, posteriormente el aglutinante fue mezclado con la cascarilla hasta lograr que este se adhiriera a la cascarilla se muestra en la **(ilustración 6)**. La briqueta húmeda finalmente queda con la siguiente composición porcentual de peso: 60% cascarilla, 35% agua y 5 % almidón.

Como cuarto paso la mezcla es depositada en el molde y prensada ejerciendo presión a presión humana para lograr la compactación dejándola por un periodo de 10 minutos como se puede observar en la **(ilustración 7)**, luego la briqueta formada es extraída y se introduce al horno secador la cual presentaba un peso de 563 g húmeda dejándola por 24 horas a una temperatura de 75 °C, esto con el fin de eliminar el agua presente en el interior de la briqueta **(ilustración 8)**. Luego de un lapso de tiempo son ubicadas en sitios de secado solar para completar el secado que este producto necesita quedando en un peso promedio de 365 g **(ilustración 9)**. Las briquetas pierden aproximadamente un 35 % de humedad cuando son secadas. (Datos obtenidos con 7 repeticiones).



Ilustración 5. Molienda de cascarilla de café



Ilustración 6. Mezclado (cascarilla de café y almidón cocido)



Ilustración 7. Prensado de la briqueta

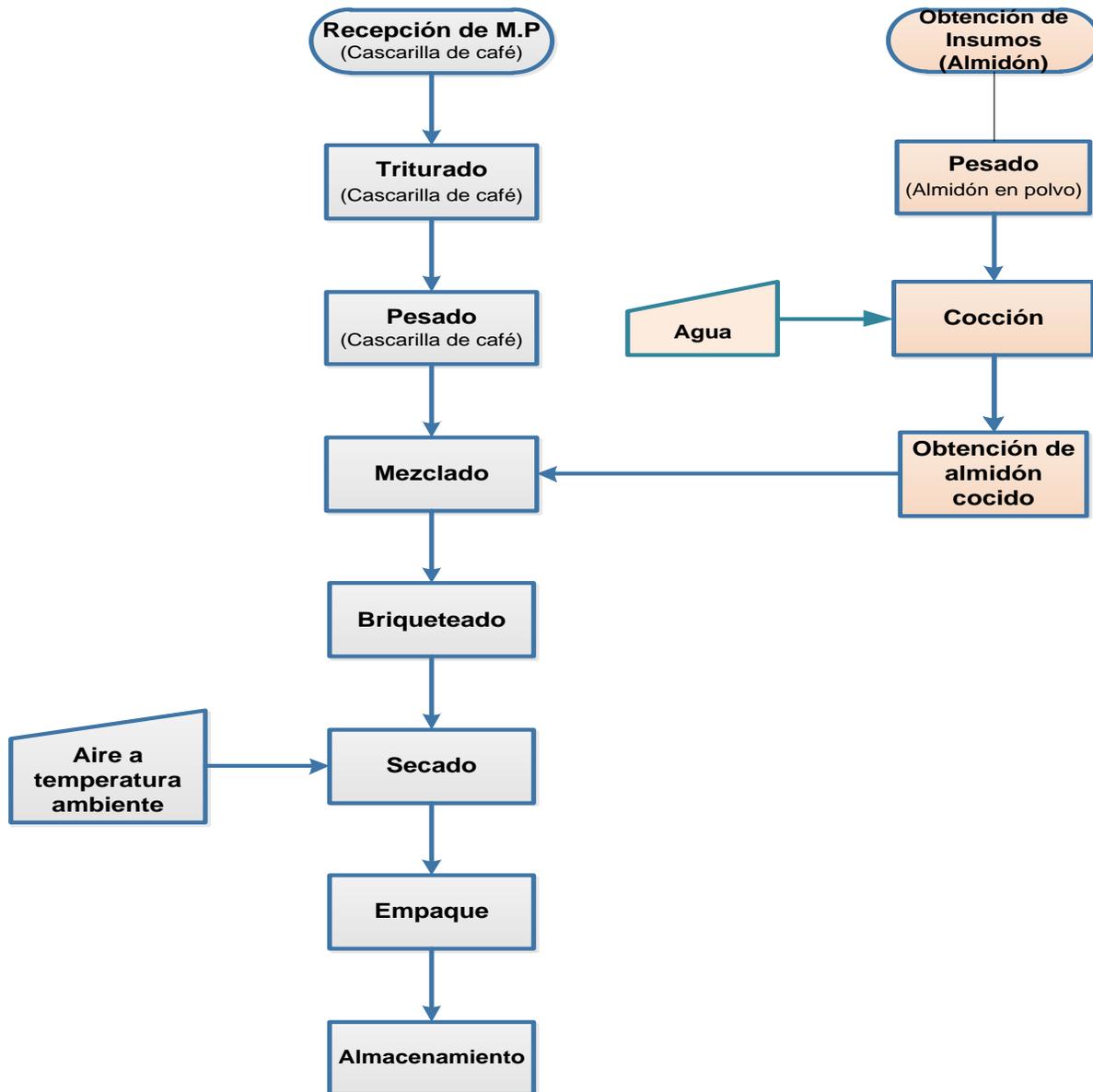


Ilustración 8. Secado de las briquetas



Ilustración 9. Briquetas finales

Ilustración 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de briquetas



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta un balance general del proceso de elaboración de una unidad de briqueta y un balance de mezclado.

8.4.1. Balance general del proceso de elaboración de una unidad de briquetas de cascarilla de café.

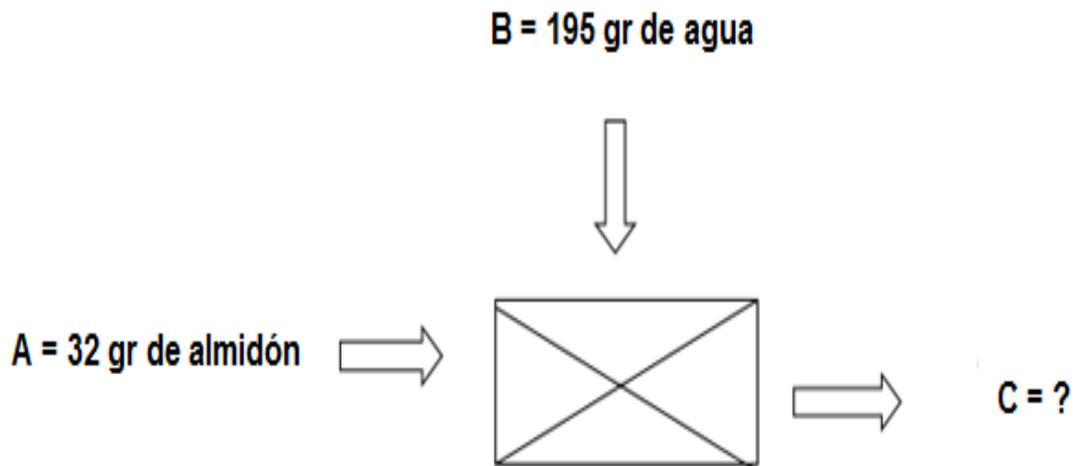
Datos para la elaboración de una briqueta

Cascarilla: 336 gr

Almidón: 32 gr

Agua: 195 gr

Balance de Mezclado # 1



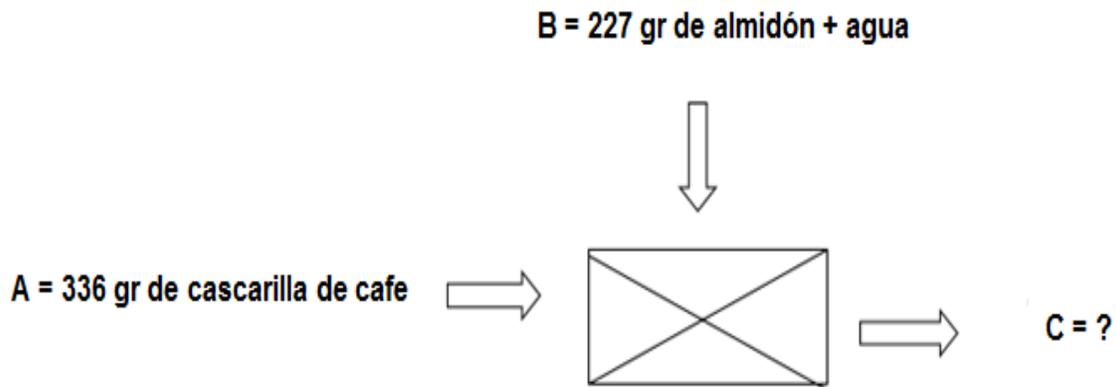
$$A + B = C$$

$$C = 32 \text{ gr} + 195 \text{ gr}$$

$$C = 227 \text{ gr de almidón + agua}$$

El balance anterior muestra las cantidades en gramos de materiales que se necesitan para la obtención del aglutinante o cementante, donde se fusionan 32 gr de almidón en polvo con 195 gr de agua para obtener una mezcla de 227 gr de ambos productos el cual luego se somete a cocción para obtener el adhesivo.

Balance de Mezclado # 2



$$A+B=C$$

$$C= 336 \text{ gr} + 227 \text{ gr} = 563 \text{ gr}$$

El balance anterior muestra la mezcla de los 227 gr de aglutinante más los 336 gr de cascarilla de café, obteniendo como resultado 563 gr de los tres productos mezclados para la elaboración de una briketa la cual adquiere un peso final de 563 gr.

Porcentaje de composición de la briketa:

336 gr de cascarilla equivale al 60%

195 gr de agua equivale al 35%

32 gr de almidón equivale al 5%
563 gr **100%**

Por lo tanto la sumatoria de estas en libras da como resultado 563 gr que equivale al 100% de briketas que se obtendrán de la mezcla de estos productos.

8.5. Resultados obtenidos de las pruebas preliminares comparativas entre Briquetas, Leña y Cascarilla molida.

Al realizar la prueba con leña de pino, se obtuvo que esta permaneció encendida 1 hora con 10 minutos generando **247.8 g** de ceniza y evaporando 0.6 litros de agua (15%) de los 4 litros que se sometieron a calentamiento, llegando a una temperatura de 96 °C. En la prueba con briquetas se determinó que estas pasaron encendidas durante 1 hora con 27 minutos, generando **160 g** de ceniza alcanzando una temperatura de 85°C y evaporando 1 litro (25%) de agua de los 4 litros colocados. Un defecto observado fue que las briquetas leña y cascarilla se apagaban, lo que obligó a utilizar carburante, diésel, varias veces. En la prueba con cascarilla de café molida y sin compactar se pudo comprobar que el tiempo de encendido duro 1 hora con 10 minutos generando **300 g** de ceniza alcanzo una temperatura de 80 °C y evaporo 0.8 litros de agua (20%).



Ilustración 11. Leña



Ilustración 12. Briquetas



Ilustración 13. Cascarilla de café

A continuación se presenta la siguiente tabla de las comparaciones del tiempo de combustión y temperatura que alcanzo el agua al utilizar leña, cascarilla de café y briquetas.

Tabla 5. Comparación de quemado entre briquetas, leña y cascarilla de cafe

COMPARACION					
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café		Cascarilla de café	
Inicio de encendido 9:50am		Inicio de encendido 11:17am		Inicio de encendido 1:19 pm	
Temperatura Inicial del agua: 21.5°C		Temperatura inicial del agua: 23°C		Temperatura Inicial del agua: 24°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
9:55 am	35°C	11:22 am	28°C	1:24 pm	28°C
10:00 am	40°C	11:27 am	33°C	1:29 pm	35°C
10:05 am	50°C	11:32 am	37°C	1:34 pm	Se apago
10:10 am	79°C	11:37 am	38°C	1:39 pm	40°C
10:15 am	90°C	11:42 am	40°C	1:44 pm	45°C
10:20 am	93°C	11:47 am	42°C	1:49 pm	Se apago
10:25 am	86°C	11:52 am	50°C	1:54 pm	Se apago
10:30 am	80°C	11:57 am	65°C	1:59 pm	46°C
10:35 am	75°C	12:02 pm	68°C	2:04 pm	54°C
10:40 am	70°C	12:07 pm	68°C	2:09 pm	66°C
10:45 am	70°C	12:12 pm	65°C	2:14 pm	68°C
10:50 am	69°C	12:17 pm	70°C	2:19 pm	74°C
10: 55 am	64°C	12: 22 pm	78°C	2:24 pm	79°C
11:00 am	60°C	12:27 pm	85°C	2:29 pm	80°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla de comparación entre leña, briquetas y cascarilla de café se logra observar que la leña se encendió rápidamente, logrando que la temperatura del agua aumentara rápidamente, mientras que las briquetas tuvieron mucha dificultad al quemarse, ya que esta necesitaba oxígeno, al igual la cascarilla, esta última debía removerse constantemente para que esta se pudiese quemar y producir un poco de calor.

Debido a que las briquetas no se quemaban con facilidad por no poseer un espacio donde el oxígeno pueda fluir, se propuso hacer un experimento con briquetas que tuvieran un orificio en el centro, para un quemado mejor.

8.6. Experimento crítico realizado con las briquetas con orificios para comparar su efectividad energética en una la cocina ecológica.

Se realizaron 6 pruebas comparativas con un diseño de bloques completos al azar, esta vez utilizando leña de pino y briquetas a las cuales se les realizó un orificio en el centro con la finalidad que el encendido se produjera de adentro hacia afuera y el aire ventilara por ambos lados, utilizando 2.2 kg de cada producto en cada prueba de quemado y colocando 4 litros de agua para determinar la cantidad que se llega a evaporar, obteniendo como resultado que el quemado de la briketa con esta técnica es más eficiente, ya que el fuego se introduce en el centro de la briketa, logrando que esta se quemara toda y no queden residuos sin quemarse.

A continuación se muestran los datos comparativos de tiempo de quemado y temperatura que alcanzó el agua al utilizar leña y briquetas de cascarilla de café con orificios

Tabla 6. Comparaciones de combustión entre leña y briquetas con orificio

Pruebas	Leña(ripió)					Briquetas de cascarilla de café				
	Temperatura Inicial del agua	Temperatura a final del agua	Tiempo de encendido	Duración promedio de encendido de la leña	Agua Evaporada	Temperatura Inicial del agua	Temperatura Final del agua	Tiempo de encendido	Duración promedio de encendido de la briketa	Agua Evaporada
# 1	22°C	96°C	8:18 – 9:08 am	46 minutos	500 ml	24°C	95°C	9:20 – 10:55 am	1:35 minutos	600 ml
# 2	23°C	72°C	10:37 – 11:07 am	44 minutos	310 ml	23°C	78°C	9:17 - 10:27 am	1:10 minutos	400 ml
# 3	22 °C	96°C	8:18 – 9:08 am	46 minutos	400 ml	22°C	96°C	8:11 – 9:21 am	1:10 minutos	650 ml
# 4	25°C	95°C	11:30 – 12:10 am	40 minutos	500 ml	24°C	90°C	10:22 – 11:27 am	1:05 minutos	550 ml
# 5	26°C	94°C	8:25 – 9:15 am	50 minutos	550 ml	28°C	95°C	8:46 – 9:56 am	1:10 minutos	600 ml
# 6	25°C	89°C	10:42 – 11:22 am	40 minutos	350 ml	25°C	96°C	9:22 – 10:32 am	1:10 minutos	570 ml

En la tabla resumen se logra observar claramente que las briquetas lograron evaporar más cantidad de agua calculando un promedio de 562 mL de agua evaporada, a partir de las 6 pruebas realizadas, mientras que la leña logró evaporar de acuerdo al promedio calculado 435 mL de agua, de igual manera el tiempo de encendido promedio de las briquetas es de 1 hora y 10 minutos, por lo tanto deduciendo el promedio que permanece encendida la leña se adquirió que es de 44 minutos.

Cabe mencionar que las briquetas son una buena opción en el reemplazo de la leña, ya que la variabilidad que poseen es significativa y por lo tanto este producto puede generar mayor cantidad de calor necesaria para el horneado de rosquillas, uso en cocinas artesanales y ecológicas. La cantidad de cenizas que se genera al usar las briquetas para combustión es menor que la cantidad que genera usualmente la combustión con leña. **(Véase anexo 1)**

En el ambiente donde se realizaron las pruebas preliminares se logró observar presencia de ambiente húmedo y por ende esto impidió la quema adecuada de los productos. **(Véase ilustración 14)**



Ilustración 14. Quemado de briquetas en la cocina ecológica

8.7. Resultados obtenidos del experimento crítico al comparar efectividad energética de las briquetas con orificios en el centro y leña.

Se pudo determinar que la briketa con orificios funciona mejor que la leña (ripio) de pino. Al comparar la capacidad de evaporación de agua, se identificó mejores resultados estadísticos con las briquetas en su capacidad de evaporar agua.

A continuación se muestran los balances de energía, los resultados estadísticos y un gráfico comparativo de los tratamientos, donde se realizó un análisis de bloques al azar, indicando que las briquetas poseen un mayor rendimiento energético.

8.7.1.1. Balance de energía para briquetas

Se elaboró un balance de energía para las briquetas tomando como referencia la prueba #3 de las comparaciones de combustión entre leña y briquetas con orificio arrojando como resultado el siguiente dato:

$$\text{Cp del agua} = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$m = 2.2 \text{ kg} = 2200 \text{ gr}$$

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

$$\Delta T = T_1 = 22^\circ\text{C}; T_2 = 96^\circ\text{C}$$

$$Q = 2,200 \text{ gr} * (1 \text{ Cal/gr } ^\circ\text{C}) * (96^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C})$$

$$Q = 162,800 \text{ cal.}$$

8.7.1.2. Balance de energía para leña

Se elaboró un balance de energía para leña tomando como referencia los datos obtenidos de la prueba #5 de las comparaciones de combustión entre leña y briquetas.

$$\text{Cp del agua} = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$m = 2.2 \text{ kg} = 2200 \text{ gr}$$

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

$$\Delta T = T_1 = 26^\circ\text{C}; T_2 = 94^\circ\text{C}$$

$$Q = 2,200 \text{ gr} * (1 \text{ Cal/gr } ^\circ\text{C}) * (94^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C})$$

$$Q = 149,600 \text{ cal.}$$

De los balances anteriormente realizados se pudo determinar que las briquetas de cascarilla de café poseen mayor capacidad energética, ya que se determinó que estas generan 13,200 cal más en comparación a la leña

A continuación se presentan los resultados estadísticos y un gráfico comparativo de los tratamientos.

8.7.2. Análisis del experimento

Tabla 7. Variabilidad de evaporación de agua

Variable	N	R ²	Coefficiente de Variación %
Evaporación en ml de agua	10	0.88	12.56

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra la variabilidad de evaporación de agua de las 6 repeticiones, donde N indica número de datos. El valor de R² alto muestra que el experimento explica bien la variabilidad de los datos y el Coeficiente de Variación bajo presenta un 12.56 % lo que indica que es bueno porque es inferior al 20% en el cual hubo poco error experimental entre las repeticiones.

Tabla 8. Análisis de varianza.

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112670	5	22534	5.88	0.0555
Tratamiento	50410	1	50410	13.1	0.0222
Bloque	62260	4	15565	4.06	0.1018
Error	15340	4	3835		
Total	128010	9			

≤0.05 Ha

Fuente: Elaboración propia.

El valor "P" dice que los tratamientos no son iguales, lo que conduce a decir que está en presencia de una hipótesis alternativa ya que **P= 0.0222** es **≤ 0.05**.

Tabla 9. Test: Duncan Alfa=0.05

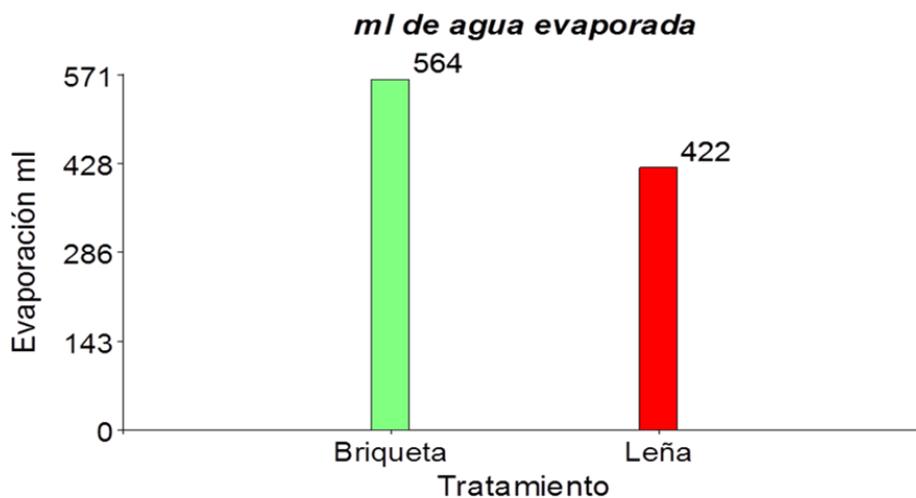
Tratamiento	ml evaporados	Sig.
Leña	422	A
Briqueta	564	B

Fuente: Elaboración propia.

El test Duncan muestra que las Briquetas a igual peso, tienen más capacidad energética que la leña de pino evaluada, las briquetas generan aproximadamente un 25% más de energía.

A continuación se presenta un gráfico de los resultados de evaporación de agua al utilizar leña y briquetas como medio de combustión.

Grafica 3. Evaporación de agua al utilizar briqueta y leña



Fuente: Elaboración propia.

El grafico indica que la briqueta presenta mayor capacidad energética ya que evaporó 564 ml de 4,000 ml de agua, en cambio la leña evaporo 422ml de la misma cantidad de agua, lo cual revela que la briqueta presenta mayor capacidad energética debido a que evaporó un 25% de agua más que la leña.

8.8. Experimentación realizada en hornos rosquilleros

Se realizaron unas pruebas para evaluar el rendimiento y eficiencia de las briquetas de cascarilla de café utilizadas en la elaboración de rosquillas. Se llevaron a cabo en un horno artesanal de barro realizando dos pruebas a partir de una comparación tomando el mismo peso para ambos experimentos.

8.8.1. Prueba con leña

Se utilizaron 76 libras de leña para calentar el horno, el cual se encendió a las 8:00 am generando gran aumento de calor, creando gran cantidad de brazas, transcurrido un lapso de tiempo de 1 ½ hora la llama disminuyó y se procedió a despejar el resultante de la combustión de este combustible, luego se tomó la temperatura del horno siendo de 270 °C , luego a las 9:34 am, se introdujeron en el horno 15 cazuelejas con 10 unidades de rosquillas cada una, dejándolas dentro del horno un tiempo máximo de 32 minutos hasta finalizar el horneado, posteriormente se retiraron las cazuelejas con las rosquillas, finalmente se tomó la temperatura del horno indicando que estaba a 170 °C.

A continuación se muestran las siguientes ilustraciones donde se puede apreciar el pesado de la leña donde se utilizó una pesa romana, el encendido la llama que llevo a generarse y las rosquillas obtenidas utilizando leña en el horno.

Ilustraciones 15. Quemado de leña en el horno



8.8.2. Prueba con briquetas

Se utilizaron 76 libras de briquetas para calentar el horno, iniciando a encenderlas a las 6:50 am e introduciendo las briquetas poco a poco lo cual iba generando una llama grande que se mantuvo por un tiempo de 1 hora con 12 minutos, esta llama fue disminuyendo lentamente sin embargo permaneció fuerte, posteriormente se recurrió a barrer con las briquetas aún encendidas, ya que el horno se encontraba a alta temperatura (sobre pasando los 500°C) y la señora dueña del horno decidió dejar reposar el horno por 20 minutos para que este bajara su temperatura a 400°C, porque las rosquillas a temperaturas muy altas se suelen quemar, seguidamente se procedió a ingresar las cazuelejas con las rosquillas al horno, logrando después de un lapso de tiempo de 2 horas y 30 minutos que se hornearan las 15 cazuelejas previstas para la experimentación.

Cabe mencionar que el horno a un seguía muy caliente y la señora decidió hornear 15 cazuelejas más, a excepción de la destinada a la parte experimental para aprovechar el poder calorífico que el horno aun presentaba.

Por otra parte la señora Janeth Cerros mencionó que aun después de la horneada doble que se realizó, el horno aún seguía apto para el horneado de otra cantidad similar de rosquillas.

Ilustraciones 16. Quemado de briquetas en el horno rosquillero



A través de la comparación realizada entre briquetas de cascarilla de café y leña se puede decir que las briquetas presentan mejor encendido, mayor durabilidad de encendido y por ende más capacidad energética que la leña y genera menor cantidad de ceniza. A continuación se muestran las figuras.

Tabla 10. Ilustraciones de comparación de entre leña y briquetas

Leña	Briquetas de cascarilla de café
	
	

Fuente: Elaboración propia

8.9. Aplicación de encuesta

Para determinar si las características organolépticas de olor y sabor variaban en las rosquillas horneadas con briquetas, se aplicaron encuestas en la Universidad Nacional de Ingeniería tomando una población de 1,500 personas, datos calculados a través de la fórmula estadística de poblaciones finitas con un nivel de confianza de 95 y un margen de error del 10% dando un tamaño de muestra de 96 personas a las cuales se les dio a degustar rosquillas hornadas con briquetas y rosquillas hornadas con leña como testigo, por medio de las cuales se pretendía que las personas pudieran determinar si existía diferencia de **sabor** y **olor** entre ambos productos. Se usó una escala con cinco valores, 1-5, siendo 5 la mejor valoración posible.

La población encuestada correspondió a personas de ambos sexos, El tipo de encuesta que se les aplicó fue estructurada, las preguntas ya estaban formuladas y el

encuestado solo tenía que marcar la respuesta que se adecuaba a su preferencia. **(Véase anexo 2)**

Ilustración 17. Aplicación de las encuestas



8.9.1. Resultado obtenidos de la encuesta aplicada

Se realizó una prueba “t” para muestras independientes para medir la evaluación sensorial, Sabor y Olor, de las rosquillas realizadas con fuego de Briquetas y de Leña.

De los resultados obtenidos se pudo identificar que no existe variación sensorial en cuanto a olor ni sabor entre ambas fuentes de calor, Briquetas y Leña

8.9.1.1. Prueba T para muestras Independientes

Tabla 11. Prueba: Bilateral “t” para muestras Independientes (variable sabor).

Generalidades	Grupo 1	Grupo 2
	Briqueta	Leña
Nro personas	96	96
Media Sabor	3.82	3.88
"t"	-0.41	
p-valor	0.6816	H₀ Promedios iguales

Fuente: Elaboración propia.

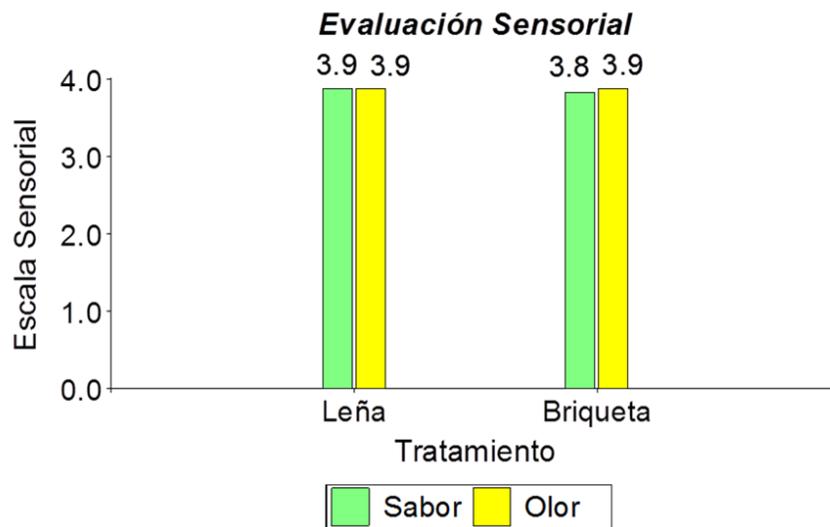
Tabla 12. Prueba: Bilateral “t” para muestras Independientes (variable olor).

Generalidades	Grupo 1	Grupo 2
	Briqueta	Leña
n personas	96	96
Media de Olor	3.86	3.88
T	-0.08	
p-valor	0.933	H ₀ Promedios iguales

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta el grafico de los resultados de la evaluación sensorial de las características organolépticas de olor y sabor de las rosquillas horneadas con briquetas y las horneadas con leña como testigo

Grafica 4. Evaluación sensorial Olor y Sabor



Fuente: Elaboración propia.

El grafico indica que las rosquillas horneadas con briquetas y las rosquillas horneadas con leña no generan ninguna variabilidad en sus características organolépticas de olor y sabor siendo estas generalmente iguales.

8.10. Determinar la rentabilidad del uso de briquetas de cascarilla de café en relación a la leña a través de costos de producción, bajo el enfoque de presupuesto parcial

Para determinar la rentabilidad del uso de las briquetas de cascarilla de café en relación a la leña, se realizó un presupuesto parcial donde se muestran los costos de producir una unidad de briketa.

A continuación se presentan los costos para producir una briketa.

Tabla 13.Costo de molido de cascarilla de café

Costo de molido de cascarilla de café			
	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo total C\$
Cascarilla de café	0.34 kg	0.25	0.085
Molida de cascarilla de café	0.34 kg	0.81	0.28

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra el costo de la cascarilla de café y el costo de moler la cantidad de cascarilla que requiere una briketa para su elaboración.

Tabla 14. Costos variables de producción

Costos variables / briketa			
Materia Prima y Equipo	Cantidad	Costo unitario C\$	Costo Total por briketa
Cascarilla de café	0. 34 Kg	0.25	0.085
Almidón	0.05 Kg	0.5	0.025
Gas butano	0.02 Kg	0.48	0.0096
Empaque	1 Unidad	1	1
Prensa Manual	1	4,800	0.19
Total			1.3

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra los costos de materia prima y equipos para producir una unidad de briketa de cascarilla de café, incluyendo todo lo necesario para su elaboración.

Tabla 15. Gastos por servicios públicos

Gastos por servicios públicos	Cantidad M ³	Costo Unitario C\$	Costo total C\$
Agua	0.00018	4.85	0.00087

Fuente: Elaboración propia

La tabla antes detallada se presenta el costo de agua necesario para la elaboración de una briqueta de cascarilla de café.

Tabla 16. Mano de obra para producir una briqueta

Mano de Obra	Cantidad	Costo Unitario C\$	Costo total C\$
Persona	1	2.43	2.43

Fuente: Elaboración propia.

La tabla presenta el precio que se paga a una persona por elaborar una briqueta.

A continuación se presenta el costo total de producir una unidad de briqueta de cascarilla de café.

Tabla 17. Costo total de una briqueta

Costo total de una briqueta	
	Costo Unitario C\$
Costo de la cascarilla	0.25
Costo de cascarilla de café triturada	0.28
Costos variables y equipo	1.3
Gastos por servicios públicos	0.00087
Mano de obra	2.43
Costo Total C\$	4.26

Fuente: Elaboración propia.

De los cálculos anteriormente realizados se puede decir que una unidad de briqueta de cascarilla de café con un peso de 365 g (0.80 lb), presenta un precio de C\$ 4.26 córdobas netos.

Tabla 18. Precio de venta

Precio de venta		
Costo total C\$	Margen o porcentaje de utilidad	Total C\$
4.26	20 %	5.52

Fuente: Elaboración propia

Al aplicarle el 20% de utilidad al costo cada briketa tendrá un precio de venta de C\$ 5.52.

Se destinó el 20% para solventar los gastos administrativos.

8.11. Análisis comparativo de precios entre briketa y leña utilizada en el horneado de rosquillas.

Según la experimentación realizada en un horno artesanal para producir 15 cazuelejas de rosquillas se necesita un promedio de 34.54 Kg de leña para su respectivo horneado, se decidió emplear la misma cantidad de briquetas de cascarilla de café para realizar la comparación y determinar la factibilidad económica de cada uno de ellos.

A continuación se presentan los costos de las cantidades iguales que se utilizaron de leña y briquetas para el horneado de 15 cazuelejas de rosquillas.

Tabla 19. Comparación de precios (leña-briketa) por horneada de rosquilla

Briketa		Leña	
Peso por unidades	0.36 kg	Peso por unidades	1.81 kg
Número de unidades utilizadas por hornada	17.27 kg (47 unidades)	Número de unidades utilizadas	34.54 kg (19 unidades)
Precio por unidad	C\$ 5.52	Precio por unidad	C\$ 15
Precio total	C\$ 259	Precio total	C\$ 285

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados anteriores se puede decir que para hornear 15 cazuelejas de rosquillas utilizando briquetas como medio de combustión se necesitaría 47 unidades (17.27 kg), que presentarían un precio total de **C\$ 259** córdobas, que al ser comparado con el precio de la leña utilizada en hornear la misma cantidad de rosquilla se requieren de (**C\$ 285** córdobas).

Por lo tanto al utilizar briquetas de cascarilla de café para el horneado de rosquillas presentan una ventaja económica de **C\$ 26** córdobas menos que la leña.

8.12. Análisis comparativo de eficiencia energética entre leña y briqueta

Con este análisis se pretende resaltar datos relevantes que se lograron obtener en las diferentes actividades de la investigación.

A continuación se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 20. Análisis comparativo de las pruebas de quemado entre leña y briqueta en la cocina ecológica.

Análisis comparativo de las pruebas de quemado	
Leña	Briquetas
A medida que se iban realizando las pruebas de leña se logró observar que esta genera grandes cantidades de humo que afectan la visión y respiración del ser humano.	Genera una llama grande sin producir humo, ya que estas poseen orificios en el centro que permiten el desplazamiento del fuego con mayor facilidad.
El consumo de leña está afectando al medio ambiente a nivel mundial y nacional debido al despale que se genera con frecuencia para la realización de las actividades artesanales como es el caso del horneado de rosquillas.	Las briquetas dan una solución a este problema que se está dando, logrando que se reemplace la leña por las briquetas, aportando en gran manera a disminuir el consumo de este producto.
Mediante la realización del experimento crítico con leña se logró observar que posee un lapso de tiempo de 10 minutos encendidas para llevar el agua a su punto de ebullición.	Las briquetas llevan el agua a su punto de ebullición a los 15 minutos de estas encontrarse encendidas, ya que el diseño de la cocina ecológica donde se realizaron las comparaciones era específicamente para quemado de aserrín.

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los días que se realizaron las pruebas el ambiente de la ciudad presentaba temperaturas frías.

Tabla 21. Análisis comparativo entre leña y briqueta en horno artesanal al hornear rosquillas

Análisis comparativo en horno artesanal al hornear rosquillas	
Leña	Briquetas
<p>Al realizarse el horneado con leña, se conserva encendida 1 hora y 30 minutos. Para llevar a cabo el horneado se procedió a despejar el horno logrando una temperatura de 270°C, siendo esta apta para el horneado de rosquillas, posteriormente se procedió a introducir las 15 cazuelejas al horno. Cabe mencionar que después de sacar las cazuelejas del horno estaba frío y ya no se encontraba apto para hornear otra porción de rosquillas.</p>	<p>Posee una flama con una durabilidad de 1 hora y 15 minutos. Para llevar a cabo el horneado se procedió a despejar el horno logrando una temperatura 500°C, siendo esta una temperatura elevada a la que genera comúnmente, por lo tanto se dejó reposar el horno por 20 minutos para disminuir la temperatura hasta llegar a 400°C, seguidamente se ubicaron las cazuelejas en el horno, al terminar de hornearse las rosquillas el horno aún tenía una temperatura de 250°C, por lo tanto la señora Janeth cerros decidió hornar otra porción equivalente a las 15 cazuelejas. Por lo tanto se puede decir que las briquetas presentan una gran capacidad energética para el horneado de rosquillas.</p>

Fuente: Elaboración propia

IX. CONCLUSIONES

Con la realización de las diferentes pruebas entre briqueta, leña y cascarilla de café se concluye que:

La cascarilla de café utilizada para la elaboración de briquetas fue apta debido a que presentaban un porcentaje de humedad bajo y generaba poca cantidad de ceniza en cuanto a la proporción de masa residual por lo que se puede indicar que hay más material combustible que no combustible.

Del primer experimento preliminar realizado se observó que las briquetas permanecen más tiempo encendidas que la leña y que la cascarilla sin compactar ya que esta última se debía de remover constantemente para lograr que se quemara por completo. Así mismo se alcanzó observar que la leña de ripio se quema más rápido que los productos anteriores, se eligió este tipo de madera por ser la que más utilizan las empresas rosquilleras.

Las briquetas alcanzaron evaporar más agua, que la leña y que la cascarilla sin compactar, deduciendo que las primeras antes mencionadas fueron más eficientes. En cuanto a la generación de cenizas se determina que las briquetas generan poca ceniza y poseen mejor capacidad calorífica. Con la salvedad que este experimento se hizo en una cocina ecológica, diseñada para quemar aserrín sin ningún proceso alguno, con ventilación por la parte lateral inferior y superior central del recipiente, efecto que no ocurriría en un horno de ladrillo, donde la cascarilla no podría quemarse por falta de ventilación.

Al realizar un experimento crítico de comparación entre briquetas de cascarilla de café con orificio central en cada una de ellas y con leña, se determinó que las briquetas tienen un 25 % más de capacidad energética para evaporar agua, más duración de encendido y menos porcentaje de ceniza en comparación con la leña, determinando que las briquetas para quemarse sin problemas deben de tener un orificio central que permita circular aire.

Lo mismo se identificó en la experimentación realizada en el horno al producir rosquillas, ya que al quemar la misma cantidad de leña y briquetas, este último producto sobrepasó la temperatura de 500°C, en cambio la leña alcanzó como máximo 270°C. Las briquetas lograron duplicar la capacidad del horno de hornear rosquillas. También se realizaron comparaciones de las características organolépticas como son olor y sabor de rosquillas horneadas con leña y rosquillas horneadas con briquetas, la cual se basó en una degustación a estudiantes y maestros de la Universidad Nacional de

Ingeniería (UNI – RUACS), obteniendo datos relevantes, que no existe diferencia significativa entre las características antes mencionadas del producto horneado.

Las briquetas son productos apto para usar en hornos artesanales para el horneado de rosquillas, logrando disminuir el uso de leña, lo que significará un menor despale de bosques, más captura de carbono y además se le dará un valor agregado a un desecho orgánico que los beneficios secos no utilizan eficientemente. Este producto es de fácil acceso para las empresas de rosquillas, ya que la materia prima se encuentra en los beneficios secos de la zona norte donde mayormente se da la producción de rosquillas y estos no le dan el manejo adecuado a este residuo que perjudica considerablemente el medio ambiente. Poseen una fácil elaboración, ya que solo se necesitan 10 minutos (de forma artesanal) para elaborar una briqueta con un peso de 365 gr teniendo un costo de **C\$ 5.52** córdobas en comparación con la leña que cada unidad tiene un valor de **C\$15** córdobas.

X. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- Se sugiere realizar pruebas con diferentes tipos de aglutinantes de menor costo que el utilizado y que permitan una buena compactación de la cascarilla de café en la obtención de briquetas. Se trataría de disminuir el costo del producto.
- Realizar mediciones de dióxido de carbono (CO₂) durante la utilización de briquetas de cascarilla de café en el horneado de rosquillas, comparando esto con la leña. Esto puede mejorar la visión ambiental del uso de briqueta.
- Construcción de una maquina briqueteadora industrial donde se puedan elaborar más briquetas que posean orificios centrales.
- Realizarse un estudio de pre factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta procesadora de briquetas de cascarilla de café.
- Efectuar más pruebas de comparación entre leña y briquetas, en diferentes tipos de hornos artesanales y mejorados para adquirir datos más consistentes, evaluando la eficiencia energética a mayor escala.
- Validar si las briquetas de cascarilla de café pueden ser utilizadas por las industrias productoras de ladrillo, ya que estas consumen grandes cantidades de leña para el quemado de este producto.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Carazo, F. (23 de Noviembre de 2013). proceso de eleboracion de rosquillas. (A. N. Zeledon, Entrevistador)
- CETREX. (s.f.). Recuperado el 6 de Noviembre de 2014, de <http://www.cetrex.gob.ni/website/servicios/princprodu14.html>
- Cristel, & Silvia. (2000). *LA CASCARILLA DE CAFÉ COMO MATERIA PRIMA PARA ELABORAR PAPEL*. MEXICO.
- DANILIN, I. O. (1999). *UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA*. Recuperado el 03 de noviembre de 2014, de COMBUSTIÓN: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/integ2/combustion.pdf>
- Davila, K., Amador, A., Morazan, F., & Rugama, J. (2012). *Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible*. Esteli.
- Espinoza, E. A., & Espinoza, M. A. (19 de Agosto de 2011). *Ciencia y tecnologia para el desarrollo*. Recuperado el 29 de octubre de 2014, de Transformación de biomosas residuales en bio-combustibles sólidos: http://www.guzlop-editoras.com/web_des/ener01/biomasa/pld0464.pdf
- Horton, D. (Junio de 1982). *Análissis del presupuesto parcial*. Recuperado el 4 de noviembre de 2014, de Boletin de informacion tecnica: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD610.pdf
- Microsoft. (2014). *Office*. Recuperado el 12 de noviembre de 2014, de <http://office.microsoft.com/es-mx/support/que-es-excel-HA010265948.aspx>
- Munch Galindo, L. (1996). *Metodos y Tecnicas de Investigacion*. Mexico: Trillar.
- Navarro, M. (2013). *Guia para elaboracion de plan de negocios*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, de <http://mauricionavarrozeledon.files.wordpress.com/2013/08/guc3ada-para-la-elaboracic3b3n-del-plan-de-negocios.pdf>
- OIRSA, COEXPORT. (febrero de 2009). *Ficha requerimientos tecnicos de acceso al mercado de EE:UU*. Recuperado el 6 de noviembre de 2013, de <http://www.hondurassiexporta.hn/herramientas-usa/wp-content/uploads/2012/05/rosquillas-de-maiz-17n.pdf>
- Pérez, J., & Fandiño, M. (2007). briquetas y cocina. *Revista Enlace*, enlace 79.

SIMAS. (Julio de 2008). *Monitoreo ambiental de sistemas productivos*. Recuperado el 2 de febrero de 2013, de http://www.simas.org.ni/files/publicacion/sistema_productivo_cafe.pdf

Tamames, E. M. (2010). *Análisis organoléptico*. España.

UNC, (. N. (2010). Recuperado el 12 de noviembre de 2014, de <http://www.infostat.com.ar/>

Valderrama, A., Curo, H., Quispe, C., Llantoy, V., & Gallo, J. (2007). *BRIQUETAS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS COMO*. Recuperado el 2 de Marzo de 2013, de Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/rev_cedit/2007_V02/pdf/a04v2.pdf

XII. ANEXOS

Anexo 1 Pruebas comparativas en cocina ecológica entre leña y briqueta
Prueba comparativa N^o 1. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 1			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 8:18 am		Tiempo de encendido 9:20 am	
Temperatura inicial del agua: 22°C		Temperatura Inicial del agua: 24°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
8:23 am	43°C	9:25 am	40°C
8:28 am	70°C	9:30 am	58°C
8:33 am	95°C	9:35 am	70°C
8:38 am	96°C	9:40 am	80°C
8:43 am	95°C Se apago	9:45 am	82°C
8:48 am	89°C	9:50 am	85°C
8.53 am	83°C	9:55 am	80°C Se apago
8:58 am	79°C	10:00 am	87°C
9:03 am	75°C	10:05 am	92°C
9: 08 am	70°C	10:10 am	93°C
La leña se quemó por completo		10:15 am	95°C
		10:20 am	93°C
		10:25 am	91°C
		10:30 am	83°C
		10:35 am	70°C
		10:40 am	73°C
		10:45 am	74°C
		10:50 am	61°C
		10:55 am	62°C

Fuente: Elaboración propia.

En el quemado de briquetas de cascarilla de café se logró evaporar 600ml de agua y se obtuvo 200gr de ceniza, mientras que con la leña se observó mucha presencia de humo, se evaporaron 500ml de agua y se obtuvo 260gr de ceniza.

Prueba comparativa N° 2. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 2			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 10:37 am		Tiempo de encendido 9:17 am	
Temperatura inicial del agua: 23°C		Temperatura Inicial del agua: 23°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
10:42 am	32°C	9:22 am	28°C
10:47 am	56°C	9:27 am	35°C
10:52 am	65°C	9:32 am	43°C
10:57 am	72°C	9:37 am	55°C
11:02 am	70°C	9:42 am	63°C
11:07 am	68°C	9:47am	67°C
La leña se quemó por completo		9:52 am	70°C
		9:57 am	74°C
		10:02 am	78°C
		10:07 am	82°C
		10:12 am	83°C
		10:17 am	85°C
		10:22 am	73°C
		10:27 am	68°C
		Las briquetas se quemaron por completo.	

Fuente: Elaboración propia

La leña logro evaporar 310ml de agua y obtuvo 220gr de ceniza, mientras que las briquetas de cascarilla de café evaporo 400ml de agua y como resultado de la quema se obtuvo 1 65 gr de ceniza.

Prueba comparativa N° 3. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 3			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 8:18		Tiempo de encendido 8:11 am	
Temperatura inicial del agua: 22°C		Temperatura Inicial del agua: 22°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
8:23 am	43°C	8:16 am	30°C
8:28 am	70°C	8:21 am	41°C
8:33 am	95°C	8:26 am	59°C
8:38 am	96°C	8:31 am	72°C
8:43 am	95°C Se apago	8:36 am	83°C
8:48 am	89°C	8:41 am	87°C
8:53 am	83°C	8:46 am	93°C
8:58 am	79°C	8:51 am	95°C
9:03 am	75°C	8:56 am	96°C
9: 08 am	70°C	9:01 am	94°C
La leña se quemó por completo		9:06 am	88°C Se apago
		9:11 am	83°C
		9:16 am	75°C
		9:21 am	70°C
		Las briquetas se quemaron por completo	

Fuente: Elaboración propia.

La leña logro evaporar 400ml de agua y obtuvo de ceniza 100gr, mientras que las briquetas de cascarilla de café evaporo 650ml de agua y obtuvo de ceniza 95 gr.

Prueba comparativa N° 4. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 4			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 11:30 am		Tiempo de encendido 10:22 am	
Temperatura inicial del agua: 25°C		Temperatura Inicial del agua: 24°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
11:35 am	40°C	10:27 am	30°C
11:40 am	70°C	10:32 am	37°C
11:45 am	95°C	10:37 am	50°C
11:50 am	94°C	10:42 am	58°C
11:55 am	84°C	10:47 am	65°C
12:00 pm	83°C Se apago	10:52 am	75°C
12:05 pm	75°C	10:57 am	77°C
12:10 pm	70°C	11:02 am	80°C
La leña se quemó por completo		11:07 am	85°C
		11:12 am	88°C
		11:17 am	90°C
		11:22 am	80°C Se apago
		11:27 am	70°C
		Las briquetas se quemaron por completo.	

Fuente: Elaboración propia.

La leña logro evaporar 500ml y obtuvo de ceniza 220 gr, mientras que las briquetas de cascarilla de café logro evaporar 550ml y obtuvo de ceniza 160gr de ceniza.

Prueba comparativa N° 5. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 5			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 8:25 am		Tiempo de encendido 08:46am	
Temperatura inicial del agua: 26°C		Temperatura Inicial del agua: 28°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
8:30 am	55°C	8:51 am	32°C
8:35 am	75°C	8:56 am	38°C
8:40 am	94°C	9:01 am	43°C
8:45 am	91°C	9:06 am	56°C
8:50 am	92°C	9:11 am	62°C
9:00 am	92°C	9:16 am	69°C
9:05 am	83°C	9:21 am	76°C
9:10 am	73°C	9:26 am	86°C
9:15 am	70°C	9:31 am	95°C
La leña se quemó por completo		9:36 am	93°C
		9:41 am	81°C
		9:46 am	75°C
		9:51 am	70°C
		9:56 am	70°C
		Las briquetas se quemaron por completo.	

Fuente: Elaboración propia

La leña logro evaporar 550ml de agua y obtuvo 245gr de ceniza, mientras que las briquetas evaporaron 600ml de agua y obtuvieron de cenizas 170gr.

Prueba comparativa N° 6. Quemado de briquetas con orificio y leña

PRUEBA # 6			
Leña de pino (ripio)		Briquetas de cascarilla de café con orificio	
Tiempo de encendido 10:42 am		Tiempo de encendido 9:22 am	
Temperatura inicial del agua: 25°C		Temperatura Inicial del agua: 25°C	
Tiempo	Temperatura	Tiempo	Temperatura
10:47 am	35°C	9:27 am	34°C
10:52 am	35°C	9:32 am	42°C
10:57 am	86°C	9:37 am	53°C
11:02 am	89°C Se apago	9:42 am	67°C
11:07 am	85°C	9:47 am	75°C
11:12 am	80°C	9:52 am	87°C
11:17 am	74°C	9:57 am	92°C
11:22 am	70°C	10:02 am	95°C
La leña se quemó por completo		10:07 am	96°C
		10:12 am	94°C
		10:17 am	92°C
		10:22 am	86°C
		10:27 am	83°C
		10:32 am	70°C
		Las briquetas se quemaron por completo.	

Fuente: Elaboración propia.

La leña logro evaporar 350ml de agua y obtuvo de ceniza 230 gr, mientras que las briquetas lograron evaporar 570ml y obtuvieron de ceniza 170gr.

Anexo 2. Formato de encuesta de degustación de rosquillas horneadas con leña y briquetas de cascarilla de café.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario Augusto C. Sandino
Esteli, Nicaragua.



Somos estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y estamos realizando una encuesta con el objetivo de comparar dos muestras de un mismo producto (Rosquillas) a través de un análisis sensorial evaluando sabor y olor de ambos productos.

A continuación se muestra una serie de preguntas las cuales se le pide responda con la mayor seriedad y precisión posible.

Evalúe en una escala del 1- 5 de acuerdo a su criterio

1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Muy bueno

¿Cómo considera el sabor de las rosquillas?

	1	2	3	4	5
Muestra 1					
Muestra 2					

¿Cómo considera el olor de las rosquillas?

	1	2	3	4	5
Muestra 1					
Muestra 2					

“Gracias por su amable colaboración”