

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE TRES MODELOS DE COCINAS
AHORRADORAS DE LEÑA LORENA MEJORADA,
TEZULUTLÁN Y FINLANDIA, Y UN PROTOTIPO DE COCINA
CON DOS MATERIALES DE COMBUSTIÓN EN SAN LUIS
TALPA, LA PAZ, EL SALVADOR.**

POR:

**MAURICIO ROMMEL AVILÉS VÁSQUEZ
SALVADOR EDUARDO MORÁN AMAYA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE TRES MODELOS DE COCINAS
AHORRADORAS DE LEÑA LORENA MEJORADA,
TEZULUTLÁN Y FINLANDIA, Y UN PROTOTIPO DE COCINA
CON DOS MATERIALES DE COMBUSTIÓN EN SAN LUIS
TALPA, LA PAZ, EL SALVADOR.**

POR:

**MAURICIO ROMMEL AVILÉS VÁSQUEZ
SALVADOR EDUARDO MORÁN AMAYA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL**



**EVALUACIÓN DE TRES MODELOS DE COCINAS
AHORRADORAS DE LEÑA LORENA MEJORADA,
TEZULUTLÁN Y FINLANDIA, Y UN PROTOTIPO DE COCINA
CON DOS MATERIALES DE COMBUSTIÓN EN SAN LUIS
TALPA, LA PAZ, EL SALVADOR.**

POR:

**MAURICIO ROMMEL AVILÉS VÁSQUEZ
SALVADOR EDUARDO MORÁN AMAYA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL

Ing. y Lic. EDGAR MARROQUÍN MENA

DOCENTES DIRECTORES

Ing. M. Sc. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

Ing. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA

Lic. EMERSON GUSTAVO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. ANA JUANA ELIZABETH VALDÉS DE SANCHEZ

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, en El Salvador, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 24° C y 60% de humedad relativa promedio anual.

El objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia en el uso de la leña de tres cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia, comparándolas con la cocina de fogón abierto (testigo), realizando cinco pruebas de cocción de alimentos: agua, café, arroz, frijoles y maíz. La leña que se utilizó fue de Madrecacao (*Gliricidia sepium*) y de Conacaste blanco (*Albizia adinocephala*).

El diseño estadístico que se utilizó fue Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial 2x4, con 8 tratamientos y 3 repeticiones de cada prueba, teniendo 24 unidades experimentales, se utilizó la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Las variables evaluadas fueron: Tiempo de encendido de la leña, Tiempo de ebullición (100° C), Tiempo de cocción, Peso de la leña, Poder calorífico de las dos leñas. Se utilizó el programa SPSS para procesar los datos.

En el laboratorio de Química Agrícola se determinó el poder calorífico de un kilogramo de leña de Madrecacao, que fue de 4,643.91 Kcal/kg y el de Conacaste blanco fue de 4,444.43 Kcal/kg, lo que permite utilizar menos cantidad de leña de Madrecacao para la preparación de los alimentos.

Los mejores resultados en la cocción de los diferentes alimentos y en el uso eficiente de la leña se obtuvieron con la cocina Finlandia, la cual se construyó con una inversión de \$224.00 dólares. Como resultado de esta investigación se construyó una cocina prototipo que se le ha llamado cocina ahorradora de leña “Estación UES”, la cual tiene que evaluarse su funcionamiento.

Palabras claves: Cocina ahorradora de leña, cocina Lorena Mejorada, cocina Tezulutlán, cocina Finlandia, alimentos, poder calorífico, prototipo, El Salvador.

ABSTRACT

The research was carried out in the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, located in the Tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, in El Salvador, at an altitude of 650 meters above sea level, an average temperature of 24 ° C and an average annual relative humidity of 60%.

The objective of the research was to determine the efficiency in the use of firewood of three firewood-saving stoves: Lorena Mejorada, Tezulutlán and Finland, comparing them with the open stove kitchen (control), performing five food cooking tests: water, coffee, rice, beans, and corn. The firewood used was from Madrecacao (*Gliricidia sepium*) and from Conacaste blanco (*Albizia adinocephala*).

The statistical design that was used was Complete Random Blocks with a 2x4 factorial arrangement, with 8 treatments and 3 repetitions of each test, having 24 experimental units, the statistical test of Orthogonal Contrasts was used with a significance level of 5%. The variables evaluated were: food cooking time, firewood consumption, kitchen costs and evaluation of the calorific value of the two firewood's. The SPSS program was used to process the data.

In the Agricultural Chemistry laboratory, the calorific value of a kilogram of firewood from Madrecacao was determined, which was 4,643.91 Kcal/ kg and that of Conacaste blanco was 4,444.43 Kcal/ kg, which allows to use less quantity of firewood from Madrecacao for the food preparation.

The best results in cooking different foods and in the efficient use of firewood were obtained with the Finland kitchen, which was built with an investment of \$ 224.00 dollars. As a result of this research, a prototype kitchen was built that has been called the "UES Station" wood-saving stove, which has to be evaluated for its operation.

Keywords: Wood-saving kitchen, Lorena Mejorada kitchen, Tezulutlán kitchen, Finland kitchen, food, calorific value, prototype, El Salvador.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios, por guiarme, bendecirme y brindarme las capacidades para poder graduarme de la Universidad de El Salvador.
- ❖ A mi padre José Mauricio Avilés Guardado que siempre me brindó su ayuda estando en vida y siempre será un ejemplo para mí.
- ❖ A mi madre Ana Gladys Vásquez de Avilés que desde pequeño me cuidó y en sus mejores años me dió lo necesario para que saliera adelante, por mis padres tengo este título universitario.
- ❖ A mis asesores Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta, Lic. Emerson Gustavo Martínez Hernández y al coordinador de la planta de Agroindustria Ing. Juan de Dios Chávez Santamaría, gracias a todos por su tiempo, apoyo, orientación, consejos, por guiarnos en este camino y por creer en este proyecto.
- ❖ A los trabajadores de la Estación Experimental y de prácticas que me ayudaron en la tesis: Carlos Humberto Rico, Francisco Javier Crespín, Carlos Heriberto Serrano, William Días, Roberto Carlos Mendoza, por brindarme su ayuda en la construcción de las cocinas ahorradoras de leña.
- ❖ A mis amigos que pusieron su granito de arena para terminar mi carrera y ser un profesional en esta vida.
- ❖ A BANDESAL por brindarnos su apoyo económico, el cual sirvió como capital semilla para dar ese primer paso para llevar a cabo este sueño. Que Dios los bendiga a todos y los cuide siempre.

Mauricio Rommel Avilés Vásquez

DEDICATORIA

- ❖ A mi padre José Mauricio Avilés Guardado que, aunque ya no está presente físicamente, pero cuando lo recuerdo siento felicidad y agrado de ser su hijo (le dedicó mi título de Ingeniero Agrónomo).
- ❖ A mi Madre Ana Gladys Vásquez de Avilés que con su esfuerzo y amor siempre está luchando por mí persona.
- ❖ Dedico este título a mis amigos y compañeros de la Facultad de Ciencias Agronómicas porque fueron parte indispensable de todo este esfuerzo.
- ❖ A todos los catedráticos que fueron mis maestros y me forjaron como el profesional que soy.
- ❖ A mi amigo don Pedrito Torres ex bodeguero de la Estación Experimental y de Prácticas que siempre nos aconsejaba en salir adelante con este proyecto, por sus palabras de aliento y por su sinceridad
- ❖ A aquellas personas que siempre me brindaron palabras de aliento para realizar este gran logro satisfactorio.

Mauricio Rommel Avilés Vásquez

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios, Padre Todopoderoso, a Jesús, Señor mío, al Espíritu Santo, mi guía durante mi carrera universitaria.
- ❖ A mi padre Salvador Emilio Morán Ramírez.
- ❖ A mi madre María Isabel Amaya Castillo.
- ❖ A mis tías Milagro Amaya, María Luisa Escamilla, Carmen Rodríguez, Blanca Luz Amaya y mi prima Julia Rodríguez que siempre velaron por mi persona.
- ❖ A mis asesores Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta, Lic. Emerson Gustavo Martínez Hernández y al coordinador de la planta de Agroindustria Ing. Juan de Dios Chávez Santamaría, gracias a todos por su tiempo, apoyo, orientación, consejos, por guiarnos en este camino y por creer en este proyecto.
- ❖ A los trabajadores de la Estación Experimental y de Prácticas que me ayudaron en la tesis: Carlos Humberto Rico, Francisco Javier Crespín, Carlos Heriberto Serrano, William Días, Roberto Carlos Mendoza, por brindarme su ayuda en la construcción de las cocinas ahorradoras de leña.
- ❖ A mis amigos Ingenieros Alirio Sandoval y Andrés Rivas de la Facultad de Ciencias Agronómicas y a la señorita Karla María Canizalez de Nerio por ser una valiosa mujer.
- ❖ A mis amigos Ingeniera Jenny Carolina Méndez Pérez e Ingeniero Juan Antonio Flores Molina que siempre me brindaron su ayuda.
- ❖ A BANDESAL por brindarnos su apoyo económico, el cual sirvió como capital semilla para dar ese primer paso para llevar a cabo este sueño. Que Dios los bendiga a todos y los cuide siempre.

Salvador Eduardo Morán Amaya

DEDICATORIA

- ❖ A mis padres Salvador Emilio Morán Ramírez y María Isabel Amaya Castillo, que pese a todos los inconvenientes me apoyaron.

- ❖ A mis amigos que me apoyaron.

- ❖ A mi asesor Ing. M. Sc. Efraín Rodríguez Urrutia, a mi amigo Ing. Andrés Rivas y a mi amigo Alirio Sandoval.

- ❖ A mi persona que pese a mi poca salud pude salir adelante con la ayuda de Dios.

Salvador Eduardo Morán Amaya

Índice general

| | Página |
|--|--------|
| Resumen | iv |
| Agradecimientos | vi |
| Índice general | x |
| Índice de cuadros | xiii |
| Índice de figuras | xiv |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Revisión Bibliográfica..... | 3 |
| 2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible | 3 |
| 2.2 Desarrollo Rural..... | 3 |
| 2.3 Desarrollo Local..... | 4 |
| 2.4 Recursos naturales..... | 4 |
| 2.4.1 El recurso bosque..... | 5 |
| 2.4.2 Especies forestales con fines energéticos | 5 |
| 2.5 La leña y sus usos | 6 |
| 2.5.1 Valor calorífico de la leña..... | 7 |
| 2.5.2 Pirolisis o descomposición térmica | 7 |
| 2.5.3 Situación y demanda de leña en El Salvador..... | 8 |
| 2.6 Cocina tradicional de leña o de fogón abierto | 9 |
| 2.7 Cocinas ahorradoras de leña..... | 10 |
| 2.7.1 Componentes de una cocina ahorradora de leña | 11 |
| 2.7.1.1 Base o poyetón..... | 11 |
| 2.7.1.2 Cocina o módulo..... | 12 |
| 2.7.1.3 Chimenea | 12 |
| 2.7.2 Tipos de cocinas ahorradoras de leña | 13 |
| 2.7.2.1 Cocina Mejorada tipo Lorena..... | 13 |
| 2.7.2.2 Cocina Tezulutlán..... | 15 |
| 2.7.2.3 Cocina Finlandia..... | 16 |
| 2.8 Pruebas de cocción de alimentos para evaluar la eficiencia de las cocinas ahorradoras de leña | 16 |
| 2.9 Bomba calorimétrica | 18 |
| 2.9.1 Bomba calorimétrica (modelo Parr 1341)..... | 18 |
| 3. Materiales y Métodos..... | 20 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Ubicación de la investigación..... | 20 |
| 3.2 | Fase de campo..... | 20 |
| 3.2.1 | Preparación del sitio | 20 |
| 3.2.2 | Recolección de los tipos de leña..... | 21 |
| 3.2.3 | Construcción de la cocina Lorena Mejorada | 22 |
| 3.2.4 | Construcción de la cocina Tezulutlán | 23 |
| 3.2.5 | Construcción de la cocina Finlandia | 24 |
| 3.2.6 | Pruebas de cocción de alimentos | 26 |
| 3.2.7 | VARIABLES QUE SE MIDIERON EN EL ESTUDIO | 26 |
| 3.2.8 | Procedimiento para Preparación de Agua (PPA)..... | 26 |
| 3.2.9 | Procedimiento para Preparación de Café (PPC)..... | 27 |
| 3.2.10 | Procedimiento para Preparación de Arroz (PPAr)..... | 28 |
| 3.2.11 | Procedimiento para preparación de frijoles (PPF)..... | 29 |
| 3.2.12 | Procedimiento para Preparación de Maíz (PPM)..... | 30 |
| 3.3 | Metodología de laboratorio | 31 |
| 3.3.1 | Procedimiento para el uso de la bomba Calorimétrica | 31 |
| 3.3.2 | Combustión de la muestra | 32 |
| 3.3.3 | Desmantelamiento de la bomba | 33 |
| 3.4 | Metodología estadística..... | 33 |
| 3.4.1 | Modelo estadístico..... | 34 |
| 4. | Resultados y Discusión..... | 35 |
| 4.1 | Poder calorífico de la leña | 35 |
| 4.2 | Prueba de cocción de agua con leña de Conacaste | 35 |
| 4.3 | Prueba de cocción del agua con leña de Madrecacao..... | 37 |
| 4.4 | Prueba de cocción del café con leña de Conacaste blanco | 38 |
| 4.5 | Prueba de cocción de café con leña de Madrecacao..... | 40 |
| 4.6 | Prueba de cocción de arroz con leña de Conacaste blanco..... | 41 |
| 4.7 | Prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao | 42 |
| 4.8 | Prueba de cocción de frijol con leña de Conacaste blanco | 43 |
| 4.9 | Prueba de cocción de frijol con leña de Madrecacao | 45 |
| 4.10 | Prueba de cocción de maíz con leña de Conacaste blanco..... | 46 |
| 4.11 | Prueba de cocción de maíz con leña de Madrecacao..... | 47 |
| 4.12 | Costos de inversión en las cocinas ahorradoras de leña | 49 |
| 4.13 | Ventajas y desventajas de las cocinas ahorradoras utilizadas en la investigación .. | 49 |

| | |
|----------------------------|----|
| 4.14 Cocina Prototipo..... | 51 |
| 5. Conclusiones..... | 54 |
| 6. Recomendaciones..... | 55 |
| 7. Bibliografía..... | 56 |
| 8. Anexos..... | 61 |

Índice de cuadros

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Tratamientos evaluados. | 33 |
| Cuadro 2. Análisis de Poder Calorífico de la leña de Madrecacao y Conacaste blanco. | 35 |
| Cuadro 3. Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de Conacaste blanco. | 36 |
| Cuadro 4. Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de Madrecacao. | 37 |
| Cuadro 5. Resultados de la prueba de cocción de café con leña de Conacaste blanco. | 39 |
| Cuadro 6. Resultados de la prueba de cocción de café con leña de Madrecacao. | 40 |
| Cuadro 7. Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Conacaste blanco. | 41 |
| Cuadro 8. Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao. | 43 |
| Cuadro 9. Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de Conacaste blanco. | 44 |
| Cuadro 10. Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de Madrecacao. | 45 |
| Cuadro 11. Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de Conacaste blanco. | 47 |
| Cuadro 12. Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de Madrecacao. | 48 |

Índice de figuras

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Cocina de fogón abierto..... | 10 |
| Figura 2. Base o poyetón de una cocina..... | 12 |
| Figura 3. Chimenea y capacete de una cocina..... | 13 |
| Figura 4. Bomba Calorimétrica modelo Parr 1341..... | 19 |
| Figura 5. Área de trabajo de la investigación..... | 21 |
| Figura 6. Recolección y protección de la leña..... | 21 |
| Figura 7. Cocina Lorena Mejorada..... | 23 |
| Figura 8. Cocina Tezulutlán..... | 24 |
| Figura 9. Cocina Finlandia..... | 25 |
| Figura 10. Realización de la prueba de agua..... | 27 |
| Figura 11. Realización de la prueba de café..... | 28 |
| Figura 12. Realización de la prueba de arroz..... | 29 |
| Figura 13. Realización de la prueba de frijol..... | 30 |
| Figura 14. Realización de la prueba de maíz..... | 30 |
| Figura 15. Determinación del poder calorífico de la leña con una bomba Calorimétrica..... | 32 |
| Figura 16. Resultados de la cocción de agua con leña de Conacaste blanco..... | 36 |
| Figura 17. Resultados de la cocción de agua con leña de Madrecacao..... | 38 |
| Figura 18. Resultados de la cocción de café con leña de Conacaste blanco..... | 39 |
| Figura 19. Resultados de la cocción de café con leña de Madrecacao..... | 40 |
| Figura 20. Resultados de la cocción de arroz con leña de Conacaste blanco..... | 42 |
| Figura 21. Resultados de la cocción de arroz con leña de Madrecacao..... | 43 |
| Figura 22. Resultados de la cocción de frijol con leña de Conacaste blanco..... | 44 |
| Figura 23. Resultados de la cocción de frijol con leña de Madrecacao..... | 45 |
| Figura 24. Resultados de la cocción de maíz con leña de Conacaste blanco..... | 47 |
| Figura 25. Resultados de la cocción de maíz con leña de Madrecacao..... | 48 |
| Figura 26. Cocina prototipo..... | 52 |
| Figura 27. Pruebas de encendido en la cocina prototipo..... | 53 |

Índice de anexos

| | Página |
|---|--------|
| Anexo 1. Cálculo del calor de combustión | 61 |
| Anexo 2. Datos a determinar para la bomba calorimétrica Parr 1341 | 61 |
| Anexo 3. Incremento de temperatura | 62 |
| Anexo 4. Correcciones termoquímicas | 62 |
| Anexo 5. Calor total de combustión | 62 |
| Anexo 6. Otros datos experimentales | 62 |
| Anexo 7. Cálculos del poder calorífico en prueba de agua con leña de Madrecacao..... | 63 |
| Anexo 8. Cálculos del poder calorífico en prueba de agua con leña de Conacaste blanco. ... | 63 |
| Anexo 9. Cálculos del poder calorífico en prueba de café con leña de Madrecacao. | 64 |
| Anexo 10. Cálculos del poder calorífico en prueba de café con leña de Conacaste blanco. . | 65 |
| Anexo 11. Cálculos del poder calorífico en prueba de arroz con leña de Madrecacao..... | 65 |
| Anexo 12. Cálculos del poder calorífico en prueba de arroz con leña de Conacaste blanco. | 66 |
| Anexo 13. Cálculos del poder calorífico en prueba de frijol con leña de Madrecacao. | 67 |
| Anexo 14. Cálculos del poder calorífico en prueba de frijol con leña de Conacaste blanco... | 67 |
| Anexo 15. Cálculos del poder calorífico en prueba de maíz con leña de Madrecacao. | 68 |
| Anexo 16. Cálculos del poder calorífico en prueba de maíz con leña de Conacaste blanco. | 69 |
| Anexo 17. Presupuestos de construcción de las cocinas ahorradoras de leña. | 70 |
| Anexo 18. Análisis estadístico | 72 |
| Anexo 19. Poder calorífico de especies forestales..... | 76 |
| Anexo 20. Certificado de análisis para Poder Calorífico..... | 78 |
| Cuadro A-1. Presupuesto para construcción de una cocina Lorena Mejorada. | 70 |
| Cuadro A-2. Presupuesto para construcción de una cocina Finlandia. | 70 |
| Cuadro A-3. Presupuesto para construcción de una cocina Tezulutlán..... | 71 |
| Cuadro A-4. Presupuesto para construcción de una cocina prototipo. | 71 |
| Cuadro A-5 Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de agua. | 72 |
| Cuadro A-6. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de café. | 72 |
| Cuadro A-7. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de arroz..... | 72 |
| Cuadro A-8. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de frijol. | 73 |
| Cuadro A-9. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de maíz. | 73 |
| Cuadro A-10. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de agua. | 74 |
| Cuadro A-11. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de café..... | 74 |
| Cuadro A-12. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de arroz. | 74 |

| | |
|---|----|
| Cuadro A-13. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de frijol..... | 75 |
| Cuadro A-14. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de maíz..... | 75 |
| Cuadro A-15. Poder calorífico de especies forestales..... | 76 |
| Figura A-1. Resultados del análisis del poder calorífico de la leña..... | 78 |

1. Introducción

En los últimos años varias instituciones en Centro América y México han implementado el uso de cocinas ahorradoras de leña, esto se realiza para combatir las problemáticas en torno a mejorar la salud de las personas que preparan los alimentos en cocinas de fogón abierto, disminuir el impacto ambiental de la combustión de la madera y aliviar una parte del trabajo diario que se asocia con la recolección de la leña; además, está el impacto negativo sobre los recursos forestales, la deforestación, ya que el principal combustible utilizado es la leña (Blanco 2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en El Salvador el consumo diario de leña por familia en las zonas rurales es de cinco kilogramos y se utiliza principalmente para encender los fogones tradicionales, los cuales tienen la característica de dispersar humo por toda la casa, produciendo irritación en los ojos y enfermedades respiratorias. Las cocinas tradicionales demandan una alta cantidad de leña, lo que ocasiona una tala indiscriminada de árboles y que las familias de la zona rural tengan que ir a otros sectores para obtener la leña necesaria para la cocción de los alimentos a un costo de \$15.00 a \$20.00 dólares (FAO 2011).

Las cocinas que se usan para la cocción de alimentos, en la zona rural, en la gran mayoría la leña se quema en fogones abiertos, pueden ser fijos o portátiles y no tienen una chimenea que conduzca cantidades considerables de gases tóxicos hacia el exterior de la casa, teniendo un impacto en la salud del núcleo familiar, pues todos estos procesos domésticos son muy ineficientes, debido a que presentan pérdidas normales de energía y eficiencia. Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo de manera adecuada (Blanco 2013).

En El Salvador existen diferentes modelos de cocinas ahorradoras de leña, diseñadas en varios proyectos sociales, ya sea por parte del Gobierno o por medio de Organizaciones No Gubernamentales, con el propósito de que las personas que habitan en la zona rural mejoren sus condiciones de vida; sin embargo, en el país se tiene poca información de la eficiencia de la combustión de las cocinas y del ahorro de leña, de ahí, la importancia de realizar este tipo de investigación.

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y consistió en la evaluación de la eficiencia energética de tres modelos de cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán, Finlandia contra el testigo (fogón abierto), cada cocina se combinó con dos tipos de leña de las especies de árboles Madrecacao y Conacaste Blanco, se estableció el uso de cinco pruebas de cocción de alimentos que fueron: agua, café, arroz, frijol y maíz, para determinar tiempos de encendido, de ebullición y cocción final de cada alimento.

Se determinó el Poder Calorífico (PC) de los dos tipos de leña por medio de la Bomba Calorimétrica en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, los datos que se determinaron de las muestras de las leñas se utilizaron para determinar el gasto de energía (Kcal/kg). Como resultado de la evaluación de las cocinas, se construyó un prototipo de cocina ahorradora de leña que se le ha llamado "Estación UES".

2. Revisión Bibliográfica

2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible

En la Cumbre para el Desarrollo Sostenible que se llevó a cabo en septiembre de 2015, todos los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 que incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales buscan reducir la pobreza, erradicar desigualdades e injusticias, y hacer frente al cambio climático. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible también conocidos como Objetivos Mundiales, se basan en los Objetivos de Desarrollo del Milenio, ocho objetivos contra la pobreza que el mundo se comprometió a alcanzar en el 2015 (ONU 2015).

Con esta investigación se está contribuyendo al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- 1) Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades.
- 2) Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- 3) Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- 4) Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica (ONU 2015).

2.2 Desarrollo Rural

Todos los grandes retos a los que se enfrenta hoy la humanidad para avanzar hacia el logro de un futuro sostenible, ya sea erradicar la pobreza extrema y el hambre, conseguir la educación universal, la igualdad entre los géneros, reducir la pérdida de biodiversidad y demás recursos medioambientales, entre otros, exigen una atención prioritaria al desarrollo rural, el cual persigue dar respuesta a tres necesidades básicas para hacer posible un futuro sostenible de la especie:

- 1) Mejorar la formación y el bienestar de los miles de millones de personas que viven en este medio (cerca de la mitad de la población mundial), erradicando la pobreza extrema y evitando su migración hacia la marginación de las megas ciudades.
- 2) Lograr una producción agropecuaria sostenible para asegurar que todos los seres humanos tengan acceso a los alimentos que necesitan.

3) Proteger y conservar la capacidad de la base de recursos naturales para seguir proporcionando servicios de producción, ambientales y culturales (Bonilla 2015).

Esto se logra a través de la participación consciente y crítica de las poblaciones de zonas rurales en el análisis de sus problemas, necesidades y de sus intereses, en el planteamiento de soluciones, en las decisiones y en la actuación para transformar su situación y superar los problemas de las comunidades (Bonilla 2015).

2.3 Desarrollo Local

El éxito de una comunidad hoy en día depende de su habilidad para adaptarse a la dinámica local, nacional e internacional. El desarrollo local supone la circunscripción del desarrollo a un espacio “local” determinado. El carácter “local” del desarrollo requiere que su concepción y materialización sea protagonizada por los propios “actores locales” (FAO s.f.).

El desarrollo local es un proceso destinado al crecimiento socio-económico sostenible de un territorio, entendido como aquel que asegure la calidad de vida de las generaciones presentes sin poner en peligro la de las futuras. Las acciones que se lleven a cabo con este fin pueden estar destinadas a un barrio, un pueblo, una agrupación rural o una región económica (IICA s. f).

La potencialidad de la estrategia de desarrollo local implica la reconversión de los gobiernos locales y sus estructuras en verdaderos líderes productivos y comunitarios, facilitadores, potenciadores y articuladores de las iniciativas locales, generar un proceso participativo de gestión e implementación de tecnologías que logren un impacto social positivo en la salud de la población y en el medio ambiente de las comunidades del país (Bonilla 2015).

2.4 Recursos naturales

Los recursos naturales son los elementos naturales que se obtienen directamente de la naturaleza: agua, aire, flora, fauna, suelo, que las personas pueden aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales (Mejía 2011).

La deforestación es el proceso de desaparición de los bosques o masas forestales, causada por la actividad humana debido a las talas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para cultivos agrícolas (Bonilla 2015).

En Centroamérica se deforesta un promedio anual de 4,500 hectáreas de bosques y se han reducido las Áreas Naturales a 1.87% en todo el territorio nacional y El Salvador cuenta con el 12% de área con bosques naturales. Esta deforestación incontrolable surge como producto de la tala indiscriminada de árboles e incendios forestales para la realización de cultivos agrícolas, más otros provocados por individuos que aplican métodos arcaicos para la crianza de ganado y facilitar el corte de caña de azúcar (Schneider 2012).

2.4.1 El recurso bosque

Una creciente población mundial, con la urbanización que se acelera y una base de recursos naturales que se deteriora, significa más personas que alimentar con menos agua, tierras de cultivo y mano de obra rural. Cubrir los aumentos previstos en las necesidades de agua, energía y alimentos, requiere cambiar a enfoques de consumo y producción más sostenibles, con sistemas agrícolas y alimentarios más eficientes. En la mayoría de los casos, lo más recomendable es mejorar el manejo de los árboles ya existentes y ahorrar leña para reducir la necesidad de talar y, a la vez, potenciar el crecimiento de los árboles nativos jóvenes provenientes de la reproducción natural (Schneider 2012).

En El Salvador, el Estado y algunas Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) están realizando actividades para la protección y conservación de los recursos naturales, para que las personas desarrollen su vida en un ambiente sostenible y amigable, entre las actividades se encuentra la construcción de cocinas ecológicas, para reducir el consumo de leña, disminuir la deforestación y bajar los padecimientos de enfermedades respiratorias y de los ojos por parte de las personas.

2.4.2 Especies forestales con fines energéticos

Es todo árbol leñoso del cual se puede obtener la leña que se reconoce como parte de los recursos de los ecosistemas que prestan servicios básicos a las sociedades, normalmente estas plantaciones forestales están para producir una mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie y tiempo. Una especie forestal con fines energéticos se considera deseable cuando posee las características siguientes:

- 1) Crecimiento rápido, rebrote y alto rendimiento de biomasa por hectárea.
- 2) Poder calorífico alto.
- 3) Capacidad de reproducirse fácilmente por semilla o en forma asexual.
- 4) Fácil manejo silvicultural en turnos cortos de rotación (IBNA 2016).

2.5 La leña y sus usos

La leña se considera una fuente de energía primaria, lo que significa que se obtiene directamente de la naturaleza, específicamente de los recursos forestales. Incluye los troncos y ramas de los árboles, pero excluye los desechos de la actividad maderera (OLADE 2008).

De acuerdo con Singer (s.f.) "...La leña es la fuente más antigua de calor utilizada por las personas, debido a que es más accesible que otros combustibles y a que prende fácilmente"; a eso se debe el que aún hoy en día se siga quemando en hogares usando métodos tradicionales. El resultado no puede ser otro que un intenso consumo equivalente a un verdadero despilfarro.

Algunas ventajas del consumo de leña son las siguientes: es el combustible más barato, no se necesitan bodegas porque se puede almacenar al aire libre y puede permanecer almacenada largo tiempo sin deterioro. Entre las desventajas están: la mayor parte de leña se obtiene de áreas que tienen difícil accesibilidad; tiene efectos ambientales negativos como la contaminación atmosférica producida por las emisiones generadas durante el proceso de combustión, el deterioro de los suelos por la erosión y la pérdida del recurso forestal; en las personas causa afectaciones en los ojos, piel y al respirar por el humo caliente que se genera al quemarse (Schneider 2012).

Cuando la leña es agregada al fuego, cambios químicos empiezan a ocurrir debido a la presencia de calor, primero se desprende Dióxido de Carbono (CO_2) y agua sin presencia de llamas, a medida que la temperatura aumenta, gases de combustión de resinas se involucran en la reacción. A este primer proceso de degradación de la madera se llama Pírolisis. Cuando la temperatura supera los 280°C la porción de gases inflamables que emite es lo suficientemente caliente para empezar a arder. La combustión únicamente ocurrirá en presencia de oxígeno y a temperaturas sobre la de ignición del combustible, la temperatura promedio de ignición de la madera es de 300°C . Es aquí cuando los gases arden por efecto del calor radiante de las otras piezas de madera ya ardiendo (UVG 2010).

Una vez ardiendo, los gases pirolizados se quemarán a temperaturas de 200°C , estas llamas luego proveerán de calor radiante que mantiene y acelera la pirolisis. Las llamas que se miran en un fuego son estos gases quemándose. Es probable en muchos casos que las llamas no toquen la superficie de la leña. El flujo de gases, que se incrementa con el aumento de la

temperatura de las llamas, evita que el oxígeno llegue a la superficie de la leña. Es solamente después, cuando la actividad de estos gases decrece, que la madera ya convertida en carbón empieza a arder con una tenue llama azul y los productos de esto serán Dióxido de Carbono (CO₂) y Carbono (C). Todos estos procesos ocurren simultáneamente en una hoguera (UVG 2010).

2.5.1 Valor calorífico de la leña

La dendroenergía es la generación de energía producida por la madera o sus productos derivados en general mediante el proceso de combustión utilizada para cocinar, calefacción o para generación de electricidad (UNLP 2019).

Todas las formas de biomasa tienen un valor calorífico, el cual se expresa como la cantidad de energía por unidad física, por ejemplo, Kcal/Kg. Esta es la energía que se libera en forma de calor cuando la biomasa se quema completamente. El poder calorífico se puede anotar de dos formas: poder calorífico bruto y poder calorífico neto. El poder calorífico bruto se define como la cantidad total de energía que se liberaría vía combustión dividido por el peso (UNLP 2019).

El poder calorífico neto es la cantidad de energía disponible después de la evaporación del agua en la biomasa; es decir, es la cantidad de energía realmente aprovechable, y siempre es menor que el poder calorífico bruto. Para madera completamente seca la cantidad de energía por unidad de peso es más o menos igual para todas las especies, con un promedio de poder calorífico bruto de 20 MJ/kg para madera de tronco. Los valores pueden variar ligeramente de este promedio según el contenido de ceniza: para ramas pequeñas tienden a ser más bajos y más variables; sin embargo, en la práctica la humedad relativa es el factor más importante que determina el valor calorífico (UNLP 2019).

La composición aproximada de la madera es 49% carbono, 6% hidrógeno y 45% oxígeno, con ligeras variaciones. La energía contenida en la madera con 20% de humedad es de 15 GJ/ton o 10 GJ/m³ (Montenegro *et al.* 2017).

2.5.2 Pirolisis o descomposición térmica

Este proceso se lleva a cabo cuando un combustible biomásico compuesto por lignocelulosa como la madera es sometido a una elevación de temperatura que, junto a la nula o baja

aportación de oxígeno en el momento de la reacción, libera o produce sustancias que son volátiles a determinadas temperaturas. De esta manera se producen sustancias como agua (H₂O), Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Etano (C₂H₆), Metanol (CH₃OH). La aportación de oxígeno al proceso puede ser medida por la suma de diferentes aportaciones: la propia constitución de los materiales lignocelulósicos, el contenido de humedad en la materia utilizada o la incorporada con los gases comburentes en forma de oxígeno molecular (aire), el vapor de agua o Monóxido y Dióxido de carbono. Debido a que los procesos que comprenden la gasificación obedecen a reacciones químicas generalmente de carácter exotérmico, la temperatura aumenta a lo largo de este proceso (UVG 2010).

En síntesis, la pirolisis es el resultado de la transformación térmica de la biomasa a una temperatura inferior a los 600°C. Es decir que, mediante el calor, el sólido original es descompuesto en una mezcla de sólido, líquido y gas. Al sólido originado en esta etapa se le sabe llamar char y a los líquidos debido a la presencia mayoritaria de alquitranes y vapores condensables se le conoce como tar (UVG 2010).

2.5.3 Situación y demanda de leña en El Salvador

El Salvador está sometido a una intensa y extensa deforestación, las causas son muy diversas, entre ellas se encuentra: la sustitución de áreas forestales por áreas de cultivo y de construcción de viviendas; consumo de leña como combustible; incendios forestales; bajo porcentaje de electrificación rural; y las condiciones socio económicas de las familias rurales del país, lo que ha contribuido a que no exista una conservación ni aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables. En el país la demanda de leña proviene de tres sectores: residencial, industrial (beneficios de café, ingenios azucareros, caleras, salineras, ladrilleras, otras) y comercial (panaderías, tortillerías, comedores, pupuserías, otras) (Schneider 2012).

En El Salvador entre el 51% al 69% del consumo energético proviene de la quema de leña, donde la oferta de leña a nivel nacional se estima en 3,884,298 toneladas, que comparada con la demanda hay un déficit de 574,968 toneladas/año, especialmente en el área rural y en las periferias urbanas. La leña representa el 89% del consumo de energía, el consumo de leña per cápita es de 3.04% kg/persona/día (Schneider 2012).

Las presentaciones de uso común en que se adquiere la leña en su comercialización son:

- 1) Manajo: Un grupo de pedazos de leña individuales.

- 2) Raja: Un pedazo de leña rajada que a menudo contiene el mismo volumen de un manojo.
- 3) Tercio: Es la cantidad de leña que una persona promedio puede cargar (unidad más usada en la recolección), tiene un peso promedio de 22.8 kilogramos, con un volumen promedio de 0.11 metros estéreos (un metro estéreo es el volumen de leña apilada que ocupa un espacio de un metro cúbico).
- 4) Carga: Es la cantidad de leña que es posible cargar en un caballo, yegua o burro.
- 5) Carretada: Cantidad de leña que puede ser transportada en una carreta.
- 6) Pante: Es la cantidad de leña apilada entre dos postes, que mide en promedio 8 x 8 x 3 cuartas (1.60 m x 1.60 m x 0.60 m) a 8 x 10 x 4 cuartas (1.60 m x 2 m x 0.80 m), con un precio promedio de \$25.00 dólares/pante. Una cuarta promedio es igual a 20-25 cm (IBNA 2016).

2.6 Cocina tradicional de leña o de fogón abierto

Es un dispositivo que permite cocinar los alimentos con leña de un modo ineficiente. El principio de funcionamiento de la cocina tradicional se basa en la combustión incompleta de la leña por medio de la cual convierte la energía potencial del combustible en energía calorífica por procesos de transferencia de calor a la olla o recinto donde se encuentran los alimentos, y expulsando el humo hacia el alrededor de la cocina contaminando el ambiente interior donde se está cocinando (figura 1). Las partes de la cocina tradicional es: recinto de quemado a fuego abierto y soportes para la olla (hierro, piedras, ladrillo o adobe) (Quiroz y Cantú 2012).

Algunas ventajas de las cocinas tradicionales de leña son las siguientes: fáciles de usar; son económicas; algunas no tienen ningún costo para la construcción; se pueden cambiar de lugar; pueden usar diferentes combustibles, se adaptan a las formas de los recipientes. El impacto negativo de las cocinas de fogón abierto en la salud de las mujeres y niñas, debido a la exposición al humo por la baja eficiencia, ocasiona infecciones respiratorias causadas por la inhalación de humo acumulado en las viviendas, irritación de los ojos, quemaduras, artritis y dolores musculares. Lo anterior significa gastos extraordinarios en el limitado ingreso familiar debido a atención médica, compra de medicinas, transporte y tiempo requerido para asistir a los centros de atención hospitalaria. Solo una fracción de la llama que da la leña se emplea en calentar los recipientes y cocinar los alimentos; siendo este un peligro para la persona que cocina y para los niños por el riesgo a quemaduras; baja eficiencia oscila entre el 5% y 17% elevando el consumo de leña (Quiroz y Carranza 2010).



Figura 1. Cocina de fogón abierto.

2.7 Cocinas ahorradoras de leña

Una cocina ahorradora de leña, también conocida como estufa mejorada o ecológica, es un sistema de cocción de alimentos que permite reducir el consumo de leña y el tiempo de cocción de los alimentos, disminuye la cantidad de emisiones nocivas (humo) para la salud humana principalmente en las mujeres y en las niñas, reduce el tiempo que la familia invierte en la recolección de leña. Estas estufas aprovechan de forma más adecuada el calor generado por la leña y permite que se utilice entre un 30% a 60% menos que con el sistema tradicional. Con esta tecnología se disminuirá significativamente la deforestación y la degradación de los bosques en el país, se mejorará la salud de las poblaciones beneficiarias, su calidad de vida, y en determinadas situaciones, mejorar las condiciones económicas de las poblaciones tanto rurales como urbanas (Añamíse 2015).

Una cocina de leña eficiente es aquella que por sus características de diseño y materiales de construcción consume menor cantidad de leña que los fogones tradicionales, debido a que el calor producido por la leña se aprovecha mejor (combustión eficiente), lo cual ofrece una menor contaminación al ambiente y mayor seguridad a sus usuarios (INE 2009).

La cocina ahorradora de leña presenta un impacto de corto plazo y más significativo: las estufas ahorradoras de leña, a partir de los 20 días de su construcción, cuando ya pueden ser utilizadas de lleno, presentan una reducción inmediata de las necesidades de leña, lo cual es muy bien evaluado por las familias, principalmente por las mujeres. Mientras tanto, un arbolito para llegar a suministrar leña necesita por lo menos 6 años. Reducir el consumo de leña tiene un impacto positivo y rápido sobre la tala de árboles, que apenas aumentar la producción de leña y seguir gastándola de manera ineficiente (Burbano 2006).

Durante la década de los años setenta surge en Guatemala un modelo de cocina o estufa denominada cocina Lorena (lodo y arena) como una alternativa para el ahorro en el consumo de leña y la disminución de gases contaminantes; sin embargo, durante la construcción del modelo se carecía de un molde que definiera los tamaños ideales para su óptimo funcionamiento, por lo que el diseño original se iba modificando. En el año 2004 se modifica el diseño original de la cocina Lorena a lo que hoy se conoce como cocina Mejorada (“la que guarda”), diseñando un molde metálico de fácil adquisición, práctico y confiable. Su principal característica es que su estructura interna es moldeada a partir de un solo bloque de lodo y estiércol, lo cual representa un bajo costo de insumos externos, aunque también conlleva a acortar su vida útil. Su eficiencia es relativamente baja (Tot 2011).

En el Proyecto AGUA (Acceso, Gestión y Uso Racional del Agua), ejecutado por el Consorcio CARE-FUNDAMUNI-SALVANATURA-SACDEL y Visión Mundial en El Salvador, en el año 2004 se construyeron en los municipios de Guaymango y San Pedro Puxtla, en el departamento de Ahuachapán, más de 100 cocinas ahorradoras de leña Finlandia, la cual puede funcionar con leña rajada en trozos pequeños, ramas u “olotes” de mazorcas de maíz. Es muy fácil de construir, se emplean materiales de bajo costo y disponibles en la localidad, además de ser 60% más eficiente en el uso de leña que la leña de fogón abierto, ayudan a prevenir infecciones respiratorias y cataratas en los ojos, pues incluye una chimenea para ventilar el humo dañino fuera de la casa (Consorcio CARE-FUNDAMUNI-SALVANATURA-SACDEL 2004).

2.7.1 Componentes de una cocina ahorradora de leña

Cada modelo de cocina inventado o modificado busca los principios de uso razonable de leña para preparar con eficiencia y rapidez los alimentos y evitar que el humo quede dentro de los hogares, por lo cual siempre consta de tres partes básicas: base o poyetón (incluye un plafón o mesa), cocina o módulo y la chimenea (Ramírez 2014).

2.7.1.1 Base o poyetón

El poyetón es la estructura donde va construida la cocina, ella sostiene las demás estructuras de la estufa. Es importante tener una base sólida que dure por lo menos el mismo tiempo de las demás estructuras. Hay diferentes tipos de bases y materiales para construir las:

- 1) Base de madera: Es muy sencilla y barata, construida con troncos de madera rolliza. La madera debe ser de buena calidad y durabilidad. Algunas familias sustituyen la madera por bambú.
- 2) Base de adobe con relleno: Es muy sencilla y barata, construida con adobe preparado en la misma finca. Puede ser rellena con tierra, arena o piedras.
- 3) Base de ladrillos con relleno: El ladrillo sustituye el adobe, lo que aumentan los costos externos. Puede ser rellena con tierra, arena o piedras.
- 4) Base de ladrillos con loza de cemento: Es una base muy duradera, a pesar de costar más (figura 2). Los espacios vacíos pueden ser utilizados como depósito de leña (Ramírez 2014).



Figura 2. Base o poyetón de una cocina.

2.7.1.2 Cocina o módulo

Está formado por la cámara de combustión (cámara de fuego, caja de fuego o tronera) y una superficie exterior en forma de plancha, con hornillas para colocar los trastos de cocina. La cámara de combustión es la cavidad interior del módulo donde se coloca la leña para quemar, posee una “boca” que es por donde se introduce la leña y una salida al fondo de la estufa que se conecta con la chimenea. La cámara de combustión está conectada a la superficie del módulo a través de las hornillas (Ramírez 2014).

La superficie exterior es una plancha en la que se hacen tres agujeros, generalmente redondos, de forma cónica, que sirven como hornillas para colocar los trastos. Se debe evitar que se escape el humo y el calor entre el trasto y la borda de la hornilla (Ramírez 2014).

2.7.1.3 Chimenea

Es el conducto que saca el humo y gases de la cámara de combustión hacia el exterior de la vivienda, actúa como un sifón de aire que despiden los gases calientes y “chupa aire nuevo” del

exterior para producir la combustión. Este efecto de sifón de aire funciona de la siguiente manera: el aire y los gases que resultan de la quema de la leña están calientes en la tronera y pesan menos que el aire frío, esto los hace subir por la chimenea, produciendo un vacío que es llenado por aire fresco que entra a través de la compuerta. La chimenea está ubicada al final de la cámara de combustión, lado opuesto a la “boca”. La cámara de combustión se conecta con la chimenea a través de un agujero de unos 10 cm de diámetro, sobre este agujero se asienta el primer tubo de la chimenea (Ramírez 2014).

La chimenea debe tener un extremo superior que sobrepase el techo por lo menos 50 cm. El extremo superior de la chimenea debe estar cubierto por un protector, que generalmente tiene forma de un sombrero chino (capacete) (figura 3), el cual evita la entrada de agua lluvia y daños que pueden causar las chispas en los techos (Ramírez 2014).



Figura 3. Chimenea y capacete de una cocina.

2.7.2 Tipos de cocinas ahorradoras de leña

2.7.2.1 Cocina Mejorada tipo Lorena

Según CATIE (1994), las dimensiones de la cocina Mejorada tipo Lorena son 0.90 metros (m) a 1 m de largo, 0.75 m de ancho y 0.35 m de alto; los materiales a utilizar son: 136 kg de arcilla, 46 kg de arena, 46 kg de estiércol seco desmenuzado de equino, bovino o de hojas de pino picada, 3 tubos de cemento de 1 x 0.15 m, 3 pedazos de varilla de 0.36 m, 2 reglas de madera de 0.35 m de ancho, 0.25 kg de clavos de 3”, trozos de teja, 20 adobes para construir la mesa o poyetón, un pedazo de lámina de zinc. Los pasos a seguir para construir la cocina son los siguientes:

- 1) Construcción de la mesa o poyetón. Debe medir 1 m de ancho y 1.5 m de largo, las paredes se levantan con cuatro niveles de adobes. La parte inferior del poyetón puede tener una

apertura para guardar la leña. En el espacio que corresponde al cuarto nivel no se colocan todos los adobes, se deja libre un hueco entre la cabecera de la mesa y los dos últimos adobes para colocar sobre este hueco pedazos de teja, luego una capa de lodo y otra de arena. Posteriormente se colocan los pedazos de varilla y sobre estos la lámina de zinc.

- 2) Construcción del marco de madera. Se mide el espacio donde se construirá la cocina y se hace un marco de madera de 0.35 m de alto y de ancho.
- 3) Preparación de la mezcla. Se inicia la preparación de la mezcla tamizando la arena, posteriormente se une con el barro deshecho y el estiércol desmenuzado, sin agua. Cuando los materiales estén bien mezclados se añade agua poco a poco hasta obtener una consistencia que permita el amarre y que no se deteriore cuando seque. Para determinar su punto, se toma un poco de mezcla, se aprieta fuertemente con la mano, se lanza al aire, si no se deshace al caer de nuevo en la mano, se puede utilizar para llenar el marco de madera.
- 4) Llenado del marco de madera. El marco de madera se llena poco a poco con la mezcla hasta tener una altura de 0.35 m. Se apisona con la mano continuamente hasta obtener una buena compactación. Cuando el marco se ha llenado hasta 0.30 m en la parte de adelante, sin tocar el marco de madera, se coloca el hierro cortado de 0.15 m de largo en posición transversal para reforzar la entrada de la leña. Se termina de llenar y se deja secar de 7 a 8 días.
- 5) Tallado de la estufa. Normalmente la estufa se hace con tres hornillas, una anterior de mayor diámetro utilizada para el comal y dos hornillas posteriores que deben tener el diámetro de los utensilios de más uso en la preparación de alimentos, lo cual se logra mediante movimientos rotatorios. El orificio de la chimenea se centra detrás de las hornillas posteriores. Se comienza excavando la hornilla principal con ayuda de un cucharón, lo excavado debe medir 0.25 m de profundidad. Se sigue con las hornillas secundarias, con 0.20 m de profundidad. Todos con forma cónica. Por último, el orificio de la chimenea se excava a 0.05 m de profundidad. Las hornillas se unen con la caja de fuego por medio de túneles amplios que permitan el paso de la mano de una persona con el puño cerrado.
- 6) Entrada de la leña. El paso siguiente es quitar el molde de madera y señalar la entrada de la leña en forma de arco en la parte frontal, se mide el ancho del frente y se marca la mitad, de ese punto central se miden 0.15 m a cada lado, de la superficie se bajan 0.10 m y de la base se suben 0.05 m. La excavación del techo de la caja de fuego debe hacerse en forma inclinada, no horizontal, porque en esta parte se necesita mayor resistencia. Por último, se termina la conexión entre las hornillas posteriores y la chimenea a través de túneles más

pequeños que los anteriores (la chimenea no se comunica directamente con la caja de fuego).

- 7) Colocación de la chimenea y de la tapa para la entrada de la leña. Se coloca el primer tubo de cemento que sirve de base a la chimenea. Los otros tubos se pegan con mezcla y aunque en la lista se indican tres, el número de ellos depende de la altura del techo de la cocina. El primer tubo lleva una ranura a la altura de 0.30 m donde se coloca un pedazo circular de lámina de zinc que funciona como válvula que controla la salida de humo y evita la pérdida de calor. Al final de los tubos se coloca una tapa o capacete que permite el escape de humo y evita la entrada de agua durante la lluvia. Se hacen dos tapas de lata, una que sirva para cubrir la entrada de la leña y la otra que permita cubrir la entrada del horno, ambas con la función de evitar la pérdida de calor.

2.7.2.2 Cocina Tezulutlán

Según el MAG (2011), los materiales de construcción que se utilizan para construir una cocina Tezulutlán son: 26 ladrillos de barro cocido, 1 bolsa de cemento, 3 cubetas de arena, 3 tubos de cemento, 1 capacete de lámina, 2 varillas de hierro de 3/8", 10 libras de barro colado, 1 gancho de metal, 1 plancha de hierro fundido de 0.73 m de largo y 0.49 m de ancho con dos quemadores. Las dimensiones de la cocina son las siguientes: 1.10 m de largo, 0.72 m de ancho, 0.27 m de alto, 0.22 m de alto de la entrada de la puerta, 0.22 m de ancho de la entrada, 1.40 m de largo la base sobre la que descansa la cocina.

Los pasos a seguir para construir la cocina Tezulutlán son los siguientes:

- 1) Preparación de material. Se prepara la mezcla (cemento y arena). Se coloca una capa de la mezcla preparada de 0.02 m a 0.03 m de grosor y se coloca la primera hilera de ladrillos acostados. Para la pared de enfrente se debe partir un ladrillo para luego pegar las mitades a ambos lados de las paredes laterales, teniendo cuidado que se forme el hueco de la entrada de 0.22 m y donde se colocara el tubo para hacer la chimenea. Se harán dos hileras de ladrillos, colocando encima de la segunda hilera una varilla de hierro atravesado en la parte de adelante y en medio, esto provocará mayor soporte, en la parte de atrás se colocará el tubo para la chimenea con suficiente mezcla entre ellas.
- 2) Construcción de rampa. Se vierte mezcla de lodo para formar una rampa o tobogán, cuya función es impedir que la leña se introduzca hasta el fondo de la cocina y mejorar la distribución del calor y la salida del humo; también se repellan las paredes de adentro con lodo, esto con la finalidad de mantener el calor. Luego se coloca la plancha de hierro, hay

que tapar las rendijas con pedazos de teja y mezcla de barro para que no se escape el calor. Pegue el primer tubo con mezcla, coloque los demás tubos uno encima del otro, procurando que salga del techo un tubo. Repellar la estufa para que quede terminada (MAG 2011).

2.7.2.3 Cocina Finlandia

Es un modelo de estufa ahorradora de leña desarrollado por la población de la región del Trifinio, con la asistencia técnica del Programa de la OEA y financiado por el gobierno de la República de Finlandia. Los pasos para construir una cocina son los siguientes:

- 1) Construir el poyetón, sobre él se colocan los ladrillos y la mezcla para las paredes de la cocina.
- 2) Se colocan las hornillas y se cubren los ladrillos con mezcla.
- 3) Por último, se coloca el comal principal y se forma con la mezcla de la ventana de la estufa (CATIE 1994).

2.8 Pruebas de cocción de alimentos para evaluar la eficiencia de las cocinas ahorradoras de leña

Las pruebas de cocinado controlado miden el consumo específico de las cocinas evaluadas en la preparación de un determinado alimento y lo compara con el consumo que tendría con el método de cocción tradicional o sea de fogón abierto.

Según el Instituto Nacional de Ecología –INE- (2009) de México, las pruebas que utilizaron en una investigación para evaluar estufas mejoradas en los Estados de México, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, San Luis Potosí y en la Sierra Tarahumara, fueron las siguientes:

- 1) Prueba de Cocción Controlada de Alimentos (PCCA): que consiste en determinar el gasto de leña versus la elaboración de un kilo de tortillas. Esta prueba se realizó durante el periodo del 14 al 17 de octubre de 2008.
- 2) Prueba de Ebullición de Agua (PEA): consiste en determinar la eficiencia energética de la cocina al poner una olla de agua y elevar su temperatura hasta llegar al punto de ebullición. Los parámetros que se evaluaron en esta prueba son tiempo y gasto de leña. La prueba consta de tres fases: la 1ª consiste en empezar con la cocina fría, la 2ª consiste en empezar con la estufa caliente y la 3ª fase consiste en que la temperatura de ebullición no baje más de 6°C y mantener esa temperatura por 45 minutos. La prueba se realizó en el periodo del 4 al 7 de noviembre de 2008 (INE 2009).

En la Prueba de Cocinado Controlado de Tortillas (PCCT) se determinó que la estufa Patsari (22.5 minutos), la estufa Mexalit (23.5 minutos) y la estufa Onil (27.6 minutos), tienen un tiempo de cocinado en la elaboración de un kilo de tortillas (2.2 lb de tortilla) muy similar, y la estufa Citlalli es la que consume menos leña a pesar de ser la estufa que tiene un mayor tiempo (38 minutos) de cocimiento. En este estudio se observó que el fogón abierto (19 minutos) reduce hasta dos veces el tiempo para la cocción de un kilogramo de tortillas en comparación con las estufas mejoradas, pero consume el doble de leña que utilizaron las estufas mejoradas (INE 2009).

Los resultados de la Prueba de Ebullición de Agua (PEA) demuestran que el fogón abierto hierve el agua en menos tiempo (13 minutos) que las demás estufas y el consumo de leña también es menor (774 g). De las estufas mejoradas la Onil y la Patsari son las que presentan menor tiempo y consumo de leña, la cocina Citlalli tuvo el mayor tiempo (74 minutos) para elevar la temperatura del agua al punto de ebullición (INE 2009).

En la prueba de cocinado controlado para elaboración de tortillas (PCCT), el fogón abierto es más eficiente con un tiempo de 19 minutos; entre las estufas mejoradas la cocina Patsari necesitó 22.5 minutos para realizar la prueba, la estufa Mexalit con 23.5 minutos, la cocina Onil con 27.6 minutos y la cocina Citlalli con 38 minutos. Además, en la misma prueba, pero tomando en cuenta el consumo de leña, el fogón abierto registro el mayor consumo de leña con 1,379 g, comparado con las estufas mejoradas que registraron los siguientes datos de consumo de leña: cocina Citlalli 622 g, fogón Mexalit con 799 g, cocina Patsari 830 g y la cocina Onil con 906 g (INE 2009).

Helps International ha registrado ahorros de leña del 40% al 67% y reducción de la contaminación intramuros. La cocina Patsari, según la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), reduce hasta en 60% el consumo de leña y en 70% la contaminación intramuros respecto a fogones tradicionales (Moreno 2014).

La estufa ahorradora de leña Tlecalli contribuye en atenuar el problema de contaminación ambiental al interior de las áreas en donde las usuarias preparan sus alimentos, y aprovecha mejor el consumo de la leña con un ahorro aproximado del 40% con leña de Huaje o Guaje (*Leucaena leucocephala*) y del 60% con leña de Tehuixtle (*Caesalpineae cacalaco*). Las especies de árboles para leña que se usan regularmente en las comunidades en estudio son

el Guamúchil (*Pithecellobium dulce*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Cuahuilote (*Guazuma ulmifolia*), Huaje y el Tehuixtle (INE 2009).

2.9 Bomba calorimétrica

La bomba calorimétrica es un dispositivo clásico usado para determinar el poder calorífico de muestras de combustible sólido y líquido a volumen constante. Este dispositivo quema una muestra de combustible y transfiere el calor a una masa conocida de agua. El poder calorífico puede ser calculado a partir del peso de la muestra de combustible y el aumento de la temperatura del agua. El valor obtenido en una prueba de la bomba calorimétrica representa el calor total de la combustión por unidad de masa de la muestra del combustible. Éste es el calor producido cuando la muestra se quema, más el calor generado cuando el vapor de agua recién formado se condensa y se enfría a la temperatura de la bomba (PIC 2021).

Cuando la fuente de calor es una reacción química, como sucede al quemar un combustible o un alimento, las sustancias reactivas se colocan en un envase de acero pesado llamado bomba calorimétrica, esta bomba se introduce en el calorímetro y la reacción se provoca por ignición con ayuda de una chispa eléctrica. En estos casos se utiliza una bomba dado que la combustión requiere el aporte de oxígeno a presiones cercanas a 30 atmósferas y el recipiente debe poder resistirlo (PIC 2021).

2.9.1 Bomba calorimétrica (modelo Parr 1341)

Este modelo de bomba calorimétrica es un envase sellado que tiende a minimizar el intercambio de calor entre el sistema y el medio ambiente. La bomba contiene la muestra a ser analizada y se llena a presión con oxígeno para asegurar una combustión rápida y completa. El calor liberado por la combustión aumenta la temperatura del calorímetro (incluyendo a los productos de reacción) en una forma directamente proporcional a su capacidad calorífica. Del aumento en temperatura y la capacidad calorífica del calorímetro se determina el calor liberado por la reacción (PIC 2021).



Figura 4. Bomba Calorimétrica modelo Parr 1341.

3. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el periodo de agosto de 2019 a febrero de 2021 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, con coordenadas geográficas O 13°47'49.71" y 89°09'60.63" N, a 50 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio es de 33° C, vientos con velocidades promedio de 25 km/h, humedad relativa promedio de 65-95%, precipitación promedio de 1,500 mm/año (Martínez *et al.* 2005).

3.2 Fase de campo

3.2.1 Preparación del sitio

Antes de construir las cocinas ahorradoras de leña se seleccionó el lugar más apropiado, definiendo que fuera al costado oriente de la planta de Procesamiento de Agroindustria de la Estación Experimental y de Prácticas, con el objetivo de que fueran utilizadas por estudiantes y agricultores que realizan sus prácticas en la planta de procesamiento.

Se limpió el terreno teniendo que deshierbar con machete y azadones, con una barra de hierro y una carretilla se retiraron piedras, ramas y basura del lugar. Se niveló el suelo y se compactó con tierra blanca que sirvió de base para posteriormente construir un piso de concreto utilizando una estructura de hierro y la mezcla de arena, grava y cemento.

Simultáneamente se construyó una infraestructura para proteger del sol y la lluvia a las cocinas, con tubo de hierro cuadrado 4 x 4 se construyeron los pilares y con polín C chapa 26 y lámina acanalada número 26 el techo, el área de trabajo fue de 25.76 m². Luego se construyó un poyetón para cada una de las tres cocinas que se evaluaron y para la cocina prototipo, ésta última fue producto de la combinación de los resultados obtenidos de las tecnologías de las cocinas evaluadas y con ideas de los estudiantes investigadores y los asesores. Cada poyetón de las cocinas evaluadas medía 1.50 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de alto (figura 5), y en promedio se utilizaron 90 ladrillos de barro tipo "calavera" para construir nueve hileras.



Figura 5. Área de trabajo de la investigación.

La base o mesa de concreto de cada poyetón, en donde se ubicó cada cocina, se construyó colocando un plástico en el suelo, encima se puso un molde de madera de 1.50 m de largo, 1 m de ancho y 0.10 m de alto, dentro del molde se instaló un tejido de hierro corrugado asegurado con alambre de amarre, que luego fue cubierto con una mezcla de arena, grava y cemento, y se dejó secar por dos días.

3.2.2 Recolección de los tipos de leña

En la investigación se utilizó dos tipos de leña: Madrecacao (*Gliricidia sepium*) y Conacaste blanco o Polvo de queso (*Albizia adinocephala*), las cuales son las que más utilizan las familias en la zona de San Luis Talpa. La recolección de leña se hizo a partir de árboles que ya estaban derribados, utilizando motosierra para cortar los trozos, toda la leña se colocó ordenadamente en un lugar expuesto al sol para que se secara, se dejó aproximadamente tres meses (figura 6).



Figura 6. Recolección y protección de la leña.

Cuando la leña estaba seca se procedió a hacer trozos de aproximadamente 30 cm de largo y 5 cm de grosor, almacenándola dentro de los poyetones. Para la cocina Lorena Mejorada los trozos de leña se tuvieron que rajar y convertirlos en astillas, debido a que la cámara de combustión que es de menor tamaño en comparación con las cocinas Tezulutlán y Finlandia.

3.2.3 Construcción de la cocina Lorena Mejorada

Según CATIE (1994), las dimensiones de la cocina son 0.90 metro (m) de largo, 0.75 m de ancho y 0.40 m de alto.

Los materiales que se utilizaron para construir una cocina fueron los siguientes: 49 ladrillos de obra o de barro tipo "Calavera", 1 bolsa de cemento gris, 0.06 m³ de arena, 3 tubos de cemento de 3 pulgadas para la chimenea, 1 capacete de lámina, 0.5 m³ de barro, 2 m de una varilla de hierro de 3/8", 3 codos de PVC de 4" y 1 comal de barro.

Los pasos para construir la cocina fueron los siguientes:

1) Preparación de la mezcla para unir los ladrillos

La mezcla se empezó a preparar con 3 partes de arena y 1 parte de cemento, después se agregó 1 parte de barro colado y 1 parte de estiércol de ganado bovino colado, sin agregar agua. Cuando los materiales estaban bien mezclados se añadió agua poco a poco hasta obtener una consistencia que permita el amarre de los ladrillos y que no se caiga cuando se coloque dentro de las paredes de la cocina.

2) Construcción de la cocina

Antes de construir la cocina los ladrillos se pusieron a mojar, luego se puso sobre el poyetón una base con una hilera de ladrillos colocados en forma de "lazo", sobre la cual se ubicaron 2 líneas de ladrillos en forma de "canto" para construir las paredes.

El comal se ubica encima de la cámara de combustión, de 0.35 m de diámetro; a continuación, se construyen las dos hornillas, de 0.15 m de diámetro cada una. El orificio de la chimenea se ubica detrás de las hornillas en la parte central. Dentro de la cocina se colocan 3 codos de PVC, dos para dejar los huecos para las dos hornillas y uno para el hueco donde saldrá el humo hacia la chimenea. Las dos hornillas se unen con la caja de fuego por medio de túneles (figura 7).



Figura 7. Cocina Lorena Mejorada.

3) Instalación de la chimenea

En el hueco que se dejó para instalar la chimenea se coloca un tubo de cemento que sirve de base, el cual se pega con la misma mezcla preparada, encima del primer tubo se ubica el segundo y aunque en la lista se indican tres tubos, el número de ellos depende de la altura del techo de la cocina. Al final de los tubos se coloca una tapa o capacete que permite el escape de humo y evita la entrada de agua cuando llueve.

3.2.4 Construcción de la cocina Tezulutlán

La cocina mide 1.10 m de largo, 0.72 m de ancho y 0.27 m de alto. Los materiales que se utilizaron para construir una cocina son: 26 ladrillos de obra o de barro tipo “calavera”; 1 bolsa de cemento gris; 0.06 m³ de arena; 3 tubos de cemento de 3 pulgadas para la chimenea; 1 capacete de lámina; 0.25 m³ de barro; 1 gancho de metal; 1 plancha lisa de hierro de ¼ de pulgada de 1 m de largo y 0.70 m de ancho; 1 varilla de hierro de 3/8 de pulgada de 1 m de largo.

Los pasos para construir la cocina son los siguientes:

1) Preparación del material

Se colocó una capa de mezcla de arena y cemento y sobre ella se puso la primera hilera de ladrillos en forma de “lazo”. Para construir la pared de enfrente se debe partir un ladrillo por mitad, para luego pegar las mitades a ambos lados de las paredes laterales, teniendo se forme el hueco de la entrada de 0.22 m. Luego se colocaron dos hileras de ladrillos y luego los tubos para la chimenea.

2) Construcción de la rampa

Se puso mezcla de “lodo” (barro más agua) para formar una rampa cuya función es impedir que la leña se introduzca hasta el fondo de la cocina, mejorar la distribución del calor y la salida del humo. Las paredes de la cocina se repellan por dentro con lodo, esto con la finalidad de mantener el calor.

3) Colocación de la plancha de hierro

La plancha de hierro se colocó sobre el hueco que se había dejado al momento de construir las paredes de la cocina, a la cual se le soldó varillas de hierro corrugado, que se introdujeron en las paredes de la cocina para que la plancha no se levante por el calor generado dentro de la cámara de combustión; se taparon las rendijas y agujeros que pudieran quedar con pedazos de teja y mezcla de barro para que no se escape el calor, por último, se repello las paredes de la cocina.

En el hueco se dejó para instalar la chimenea, se coloca un tubo de cemento que sirve de base; el cual se pega con la mezcla de barro. Encima del primer tubo se ubicó un segundo y aunque en la lista se indican tres tubos, el número de ellos depende de la altura del techo de la cocina. Al final de los tubos se coloca una tapa o capacete que permite el escape de humo y evita la entrada de agua cuando llueve (figura 8).



Figura 8. Cocina Tezulutlán.

3.2.5 Construcción de la cocina Finlandia

La cocina mide 1.50 m de largo, 0.55 m de ancho y 0.27 m de alto. Los materiales que se utilizaron para construirla fueron: 27 ladrillos de obra o de barro tipo “calavera”, una bolsa de cemento gris, 0.06 m³ de arena, 3 tubos de cemento de 3 pulgadas, un capacete de lámina, 0.5 m³ de barro, una varilla de hierro de 3/8” de 2 m y un comal de barro.

Los pasos para construir una cocina fueron los siguientes:

1) Construcción del módulo

Se hizo una mezcla en seco de cemento con barro rojo, luego se empezó a remojar con agua hasta que quedó una pasta que sirvió para unir los ladrillos. Se colocan 2 hileras de 12 ladrillos a cada lado. Se colocaron tres ladrillos en la parte posterior de la cocina, donde se ubica la chimenea, para hacer una grada, para que el humo llegue a la chimenea y sea expulsado. Para terminar, se instaló un ladrillo en forma vertical en la entrada de la cámara de combustión.

2) Terminado de la estructura

Se realizó una rampa en la cámara de combustión para que el humo se dirija a la chimenea, y se tomó el tiempo de tres días para que seicara; luego se instaló una tabla de madera a las dimensiones exactas de la cámara de combustión, colocando el comal y los recipientes que se utilizaron para hacer las hornillas de 0.16 m cada uno. Se hizo la mezcla de barro, cemento y arena colada, haciendo la parte superior que cubriría, la cocina se dejó secar por una semana.

En el hueco que se ha dejado para instalar la chimenea se coloca un tubo de cemento que sirvió de base, el cual se pega con la mezcla de barro y cemento, encima del primer tubo se ubicó el segundo y aunque en la lista se indican tres tubos, el número de ellos depende de la altura del techo de la cocina. Al final de los tubos se coloca una tapa o capacete que permite el escape de humo y evita la entrada de agua cuando llueve (figura 9).



Figura 9. Cocina Finlandia.

3.2.6 Pruebas de cocción de alimentos

Antes de comenzar con la investigación se hicieron pruebas piloto para conocer el funcionamiento de cada una de las cocinas evaluadas, y poder hacer mejoras o corregir detalles con anticipación.

Se realizaron 5 pruebas de cocción de alimentos, las cuales fueron: agua, café, arroz, frijoles y maíz, que son los alimentos que consume la mayoría de la población salvadoreña en el área rural. Las pruebas se realizaron evaluando una prueba por día para no omitir ningún dato y evitar la variación de calor en las siguientes pruebas que se hicieron.

Los datos que se anotaban en cada prueba de cocción de alimentos fueron: fecha, nombre de la prueba, número de repetición de la prueba, nombre de la cocina, nombre de la leña a utilizar, hora de encendido de la cocina, hora de colocación de la olla, hora de finalización de la cocción de los alimentos y peso de la leña utilizada.

3.2.7 Variables que se midieron en el estudio

- 1) **Tiempo de encendido de la leña:** se tomaba el tiempo en minutos de cuanto tardaba la leña en encender el fuego y tener una llama estable dentro de la cámara de combustión de cada cocina, para posteriormente colocar la olla o cacerola donde se prepararon los alimentos.
- 2) **Tiempo de ebullición (100° C):** medir el tiempo en que se alcanzaba para conocer la eficiencia de la cocina.
- 3) **Tiempo de cocción:** este dato se determinó desde el momento en que se colocaba la olla o cacerola en la cocina hasta que finalizaba la cocción de los alimentos.
- 4) **Peso de la leña:** la leña de Madrecacao o de Conacaste blanco se pesaba al inicio y al final de cada prueba de cocción de alimentos para conocer la cantidad que se gastaba.
- 5) **Poder calorífico de la leña:** se determinó la cantidad de energía (Kcal/kg) que se libera de la leña en la cámara de combustión de las cocinas.

3.2.8 Procedimiento para Preparación de Agua (PPA)

El procedimiento fue el siguiente:

- 1) Para cada prueba siempre se aseguró que la cocina estuviera a temperatura ambiente, limpia, libre de cenizas o desperdicios.

- 2) Se pesaba en una báscula marca Spes 2 kg de leña de Madrecacao o de Conacaste blanco según la prueba a realizar, que era el dato base para encender la cocina, y se aseguraba que existiera suficiente leña durante la prueba por cualquier imprevisto.
- 3) Se colocaba en la cámara de combustión de cada cocina gas kerosene, papel, viruta y hojas secas para el encendido de la leña.
- 4) Se registraba en una bitácora el tiempo desde que fue iniciado el fuego dentro de la cocina.
- 5) Se media un 1 litro de agua a temperatura ambiente y se colocaba en un recipiente de aluminio (figura 10).
- 6) Después de 10 minutos de haber encendido el fuego y dejado calentar la cocina, cuando el calor ya era intenso y constante en el quemado de la leña, se colocaba el recipiente con agua en la cocina.
- 7) La temperatura del agua se tomó cada 10 minutos hasta el punto de ebullición (100° C), para ello se introducía un termómetro en el agua.
- 8) En una bitácora se anotaban los datos de la toma de temperatura. La prueba finalizaba con la ebullición del agua.
- 9) La leña que no se había quemado se dejaba enfriar para luego pesarla en una báscula, para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.



Figura 10. Realización de la prueba de agua.

3.2.9 Procedimiento para Preparación de Café (PPC)

Para preparar café se hicieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego:

- 5) En un recipiente de aluminio se colocaba un litro de agua y se pesaba el café en una báscula digital.
- 6) Se esperaban 10 minutos para dejar que encendiera la leña, se calentara la cocina y colocar el recipiente con agua.
- 7) Cada 10 minutos se tomaba la temperatura con un termómetro hasta llegar al punto de ebullición del agua.

- 8) El agua llegaba al punto de ebullición (100° C) se agregaba el café y se esperaba que hirviera, terminaba la cocción del café se retiraba la olla (figura 11).
- 9) En una bitácora se anotaba el tiempo total de cocimiento del café.
- 10) La leña que no se había quemado se dejaba enfriar para luego pesarla en una báscula, para determinar cuanta leña se había gastado en la prueba.



Figura 11. Realización de la prueba de café.

3.2.10 Procedimiento para Preparación de Arroz (PPAr)

Para preparar arroz se hicieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego:

- 5) Se pesaba el arroz y la sal, después el arroz se lavaba.
- 6) Se pelaba, cortaba y pesaba cada uno de los ingredientes que se utilizaron (chile dulce, cebolla, tomate) y se midió un litro de agua.
- 7) Se esperaban 10 minutos para dejar que encendiera la leña, se calentara la cocina y colocar la cacerola con aceite para que se caliente.
- 8) Se coloca 1 libra de arroz en la cacerola caliente para sofreírlo.
- 9) Se agregaban los ingredientes chile dulce, cebolla, tomate y sal.
- 10) Luego se agregaba un litro de agua a la cacerola.
- 11) La temperatura se tomó cada 10 minutos, introduciendo un termómetro en el arroz.
- 12) Se dejó consumir el agua y al terminar la cocción del arroz se retiró inmediatamente la cacerola.
- 13) En una bitácora se anotaba el tiempo total de cocimiento del arroz (figura 12).
- 14) La leña que no se había quemado se dejaba enfriar para luego pesarla en una báscula, para determinar cuanta leña se había gastado en la prueba.



Figura 12. Realización de la prueba de arroz.

3.2.11 Procedimiento para preparación de frijoles (PPF)

Para preparar frijoles se hicieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego:

5. Se pesaban los frijoles y la sal, después los frijoles se lavaban.
6. Se pelaba, cortaba y pesaba cada uno de los ingredientes que se utilizaron (ajo, cebolla y tomate).
7. La olla conteniendo 2 libras de frijoles y 4 litros de agua se colocaba en la cocina.
8. La temperatura se medía cada 15 minutos introduciendo un termómetro dentro de la olla hasta llegar al punto de ebullición.
9. Se agregaba 1 litro de agua a la olla cuando un tercio del agua inicial se había evaporado, para evitar que se quemaran los frijoles (figura 13).
10. En ese momento se agregaba a la olla el ajo, cebolla, tomate y sal como ingredientes para darle sabor a la sopa.
11. Cuando los frijoles estaban cocidos y blandos se retiraba la olla.
12. Se anotaba en la bitácora el tiempo total de cocimiento.
13. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar para luego pesarla en una báscula, para determinar cuanta leña se había gastado en la prueba.



Figura 13. Realización de la prueba de frijol.

3.2.12 Procedimiento para Preparación de Maíz (PPM)

Para preparar maíz se hicieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego:

- 5) Se pesó y lavo el maíz.
- 6) Se colocaba en la cocina la olla conteniendo 2 libras de maíz (figura 14).
- 7) Se agregó 6 onzas de cal viva a la olla con el maíz y se removió con una paleta de madera para que se homogenice el agua con la cal, para evitar que no se peque el maíz y comenzar el proceso de pelado del grano.
- 8) La temperatura se medía cada 15 minutos introduciendo un termómetro dentro de la olla hasta llegar al punto de ebullición.
- 9) Cuando el maíz estaba cocido y blando se retiraba la olla.
- 10) Se anotaba en una bitácora el tiempo total de cocimiento.
- 11) La leña que no se había quemado se dejaba enfriar para luego pesarla en una báscula, para determinar cuanta leña se había gastado en la prueba.



Figura 14. Realización de la prueba de maíz.

3.3 Metodología de laboratorio

El procedimiento para determinar el poder calorífico de la leña utilizada en esta investigación se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, a través del uso de una bomba Calorimétrica

Los requisitos de la muestra de madera para utilizar en la bomba Calorimétrica son los siguientes:

- 1) Las muestras deben suministrarse secas.
- 2) La muestra debe ir troceada en pedazos de 2 cm como tamaño máximo.
- 3) Deben de ser pulverizadas en el molino.
- 4) Las muestras sólidas pueden suministrarse en forma de pellet (no mayor de 1 cm de diámetro), polvo o al menos estar molturadas al menor tamaño posible (UES 2013).

La bomba Calorimétrica completa cuenta con un sistema de ignición, bureta de 25 ml, 2 beakers de 50 ml cada uno, soporte universal, pinza para bureta, tanque de oxígeno con regulador de presión, solución 0.0709 N de Carbonato de Sodio (para hacer la corrección del ácido formado en la combustión), Anaranjado de Metilo, pastilla de madera de peso menor o igual a 1 gramo.

3.3.1 Procedimiento para el uso de la bomba Calorimétrica

La operación de la bomba tiene que hacerse con precaución debido al peligro de descarga eléctrica del sistema de ignición o explosión por la alta presión que tiene. Los pasos son los siguientes:

- 1) Limpiar la bomba con cuidado para no dañar las gomas selladoras.
- 2) Desconectar el sistema por completo al momento de montar y desmontar la bomba.
- 3) No quemar más de 1.5 g de ninguna sustancia.
- 4) No usar una presión mayor a 40 Atm.
- 5) No hacer ignición si la bomba burbujea al sumergirla en el agua (UES 2013).

Para el ensamblaje de la bomba y los periféricos se hizo lo siguiente:

- 1) Añadir 2 litros de agua destilada al calorímetro.
- 2) Cortar 10 cm del fusible Parr 45C10 provisto para el sistema de ignición.
- 3) Coloque la muestra a analizar en el "portamuestras" de la bomba, con un peso entre 0.25 y 1 g.

- 4) Conecte el alambre entre los dos conectores del sistema de ignición, asegurando que hagan buen contacto y que apenas toquen la sustancia, evitando que toquen la cápsula portamuestra.
- 5) Si va a hacer la corrección por ácido Nítrico, añada 1 ml de agua destilada a la bomba.
- 6) Ensamble la bomba con cuidado de no perder ni humedecer la sustancia.
- 7) Verifique que las válvulas de seguridad estén cerradas y llene con oxígeno a una presión entre 30 y 40 Atm.
- 8) Sumerja la bomba en el agua del calorímetro y asegure de que no hay escape de gas. Conecte el sistema de ignición.
- 9) Coloque el termómetro, cierre el calorímetro y conecte el agitador (UES 2013).

3.3.2 Combustión de la muestra

- 1) Ajuste la temperatura del agua dentro del calorímetro dejando que la temperatura se estabilice por sí misma agitando durante unos 5 minutos.
- 2) Tome lecturas de temperatura versus tiempo cada minuto por los próximos 5 minutos.
- 3) Haga ignición manteniendo presionado el botón por 10 segundos y cerciórese que la luz indicadora del circuito encienda.
- 4) Tomar lecturas de temperatura versus tiempo cada minuto, observando que la temperatura suba a un valor máximo, registre las lecturas hasta que 5 valores continuos permanezcan constantes (aproximadamente 15 minutos) (figura 15). Si no observa ningún aumento en la temperatura hay algún problema con el sistema de ignición o con el montaje de la bomba.
- 5) Al finalizar el experimento asegúrese de haber registrado todos los datos (UES 2013).



Figura 15. Determinación del poder calorífico de la leña con una bomba Calorimétrica.

3.3.3 Desmantelamiento de la bomba

- 1) Desconecte todas las conexiones eléctricas del calorímetro.
- 2) Desmonte las partes externas del calorímetro.
- 3) Abra la válvula de presión de la bomba de tal forma que el oxígeno se escape lentamente.
- 4) Colecte y mida todos los pedazos de alambre que no se quemaron.
- 5) Se realizará la corrección por ácido Nítrico, lave cuidadosamente con agua destilada todos los accesorios que retire de la bomba, así como la parte interior de esta.
- 6) Recolectar todo el ácido Nítrico en una probeta.
- 7) Colocar el ácido Nítrico en un beaker de 250 ml para posteriormente hacerle la titulación.
- 8) Añadir una o dos gotas de Anaranjado de Metilo como indicador.
- 9) Agregar Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) para realizar la corrección, titulando la solución acuosa que se colectó de la bomba con la solución básica provista,
- 10) Comenzar la titulación del Na_2CO_3 en la solución acida.
- 11) Agregue Na_2CO_3 hasta que la solución se haga anaranjada.
- 12) Anotar el dato de cuanto Na_2CO_3 se gastó en la titulación.
- 13) La solución debe tener un color anaranjado.
- 14) Tener todos los datos para realizar las correcciones y determinar el poder calorífico aproximado de la leña (A-1,2,3,4,5 y 6)
- 15) Lave y seque todas las partes del calorímetro cuidadosamente (UES 2013).

3.4 Metodología estadística

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar en Arreglo Factorial 2 x 4, el primer factor fue los tipos de leña (materiales de combustión) y el segundo factor los tipos de cocinas evaluadas, fueron 8 tratamientos con 3 repeticiones, el total de unidades experimentales fue 24 (cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

| Tratamiento | Tipo de leña | Tipo de cocina |
|--------------------|------------------|-----------------|
| Tratamiento 1 (T1) | Madrecacao | Fogón abierto |
| Tratamiento 2 (T2) | Madrecacao | Lorena Mejorada |
| Tratamiento 3 (T3) | Madrecacao | Tezulutlán |
| Tratamiento 4 (T4) | Madrecacao | Finlandia |
| Tratamiento 5 (T5) | Conacaste blanco | Fogón abierto |
| Tratamiento 6 (T6) | Conacaste blanco | Lorena Mejorada |
| Tratamiento 7 (T7) | Conacaste blanco | Tezulutlán |
| Tratamiento 8 (T8) | Conacaste blanco | Finlandia |

3.4.1 Modelo estadístico

Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, apoyado del software estadístico SPSS versión 25, las variables evaluadas fueron el tiempo de cocción de los alimentos y el gasto de leña. El modelo matemático es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + j_k + \epsilon_{ik}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida en la unidad experimental.

μ = Media general.

α_i = Efecto del factor "A".

β_j = Efecto del factor "B".

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el factor A y el factor B.

j_k = Efecto del Bloque.

ϵ_{ik} = Error experimental asociado a la unidad experimental (López 2008).

4. Resultados y Discusión

Uno de los objetivos específicos de la investigación fue evaluar la eficiencia energética del uso de leña en la preparación de alimentos de tres modelos de cocinas ahorradoras de leña Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia.

4.1 Poder calorífico de la leña

El gasto de energía (Kcal) resultó de multiplicar el gasto de leña en cada prueba por el dato del poder calorífico de cada leña. Según los resultados del poder calorífico calculados en el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (figura A-1), la leña de Madrecacao tiene un poder calorífico de 4,643.91 Kcal/kg y la de Conacaste blanco de 4,444.43 Kcal/kg (cuadro 2) (A-20), aunque lo que se observó durante la investigación es que la leña de Conacaste blanco encendía más rápido y en las pruebas de cocción de arroz, frijol y maíz hubo mejores rendimientos.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador, el poder calorífico de la leña de Madrecacao es de 4,900 Kcal/kg y la de Conacaste blanco es de 5,500 Kcal/kg, estas leñas se encuentran entre las maderas que poseen un poder calorífico medio. El Madrecacao es una especie forestal de crecimiento rápido, capacidad de rebrote, alto rendimiento de biomasa por hectárea, se reproduce por semilla o en forma asexual, y es de fácil manejo (MAG 2004) (A-19) (cuadro A-15).

Cuadro 2. Análisis de Poder Calorífico de la leña de Madrecacao y Conacaste blanco.

| Resultados de los análisis | | |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Muestra | | Metodología |
| | | Bomba Calorimétrica |
| ID Interno | ID Usuario | Poder calorífico (Kcal/kg) |
| MxU07 2021 | Madrecacao | 4,643.91 |
| MxU08 2021 | Conacaste blanco | 4,444.43 |

4.2 Prueba de cocción de agua con leña de Conacaste

Según los resultados obtenidos en esta investigación el menor tiempo para alcanzar el punto de ebullición del agua (100°C) se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 25 minutos, seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 28.33 minutos (figura 16), luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 33.33 minutos y por último la cocina Lorena Mejorada con 51.67 minutos (cuadro 3).

El menor gasto de leña de Conacaste blanco para alcanzar el punto de ebullición del agua se tuvo con la cocina Tezulutlán con 0.9 kg; seguida por la cocina Finlandia con una media de 1.1 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 1.2 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 2 kg.

El mayor poder calorífico para alcanzar el punto de ebullición del agua se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 8,888.86 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 5,333.32 Kcal; luego la cocina Finlandia con 4,888.87 Kcal; y por último la cocina Tezulutlán con 3,999.99 Kcal (A-8).

En la cocina Lorena Mejorada y con los dos tipos de leña evaluada costaba encender el fuego por lo reducida que es la cámara de combustión; teniendo que rajar la leña en pedazos pequeños y delgados. Una vez encendido el fuego, el calor que se producía en la cámara de combustión tenía que transportarse por los conductos que unían a las dos hornillas, pero debido a la altura que se encontraban bastante calor se perdía por el conducto de la chimenea ya que este conducto estaba más bajo que el nivel de las hornillas.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de Conacaste blanco.

| Cocina | Tiempo de cocción (minutos) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 25 | 1.1 | 4,888.87 |
| Tezulutlán | 28.33 | 0.9 | 3,999.99 |
| Fogón abierto | 33.33 | 1.2 | 5,333.32 |
| Lorena Mejorada | 51.67 | 2 | 8,888.86 |

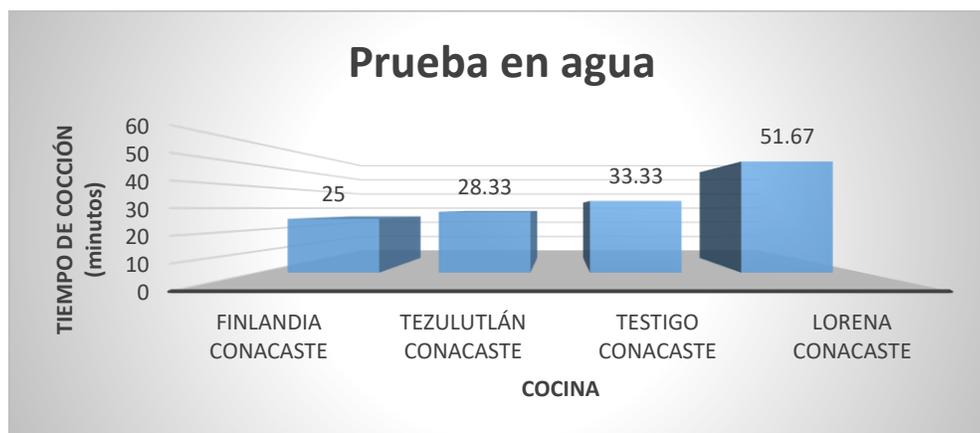


Figura 16. Resultados de la cocción de agua con leña de Conacaste blanco.

Según un estudio realizado por la UNJBG (2005), el tiempo que demora la cocción de agua a 97.5°C (primera medición) y a 98°C (segunda medición) fue de 40 minutos con la cocina tradicional, una vez llegado a ese máximo valor la temperatura del agua decrece bajando lentamente con el tiempo. Además, menciona que en la cocina tradicional se pierde mucho calor por los costados, causando lagrimeo a los ojos e intoxicación por el humo.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña para alcanzar el punto de ebullición del agua, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada por el tipo de cámara de combustión que es muy pequeña y que está alejada de las hornillas (A-18) (cuadro A-5 y 10).

4.3 Prueba de cocción del agua con leña de Madrecacao

El menor tiempo para alcanzar el punto de ebullición del agua (100° C) se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 25 minutos; seguida por la cocina Tezulutlán con 26.67 minutos; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 33.33 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 48.33 minutos (cuadro 4) (figura 17).

El menor gasto de leña de Madrecacao para alcanzar el punto de ebullición del agua se tuvo con la cocina Tezulutlán con 1.2 kg; seguida por la cocina Finlandia con una media de 1.6 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 1.8 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 3.3 kg.

El mayor poder calorífico para alcanzar el punto de ebullición del agua se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 15,324.90 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 8,359.04 Kcal; luego la cocina Finlandia con 7,430.26 Kcal; y por último la cocina Tezulutlán con 5,572.69 Kcal (A-7).

Cuadro 4. Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de Madrecacao.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Finlandia | 25 | 1.6 | 7,430.26 |
| Tezulutlán | 26.67 | 1.2 | 5,572.69 |
| Fogón abierto | 33.33 | 1.8 | 8,359.04 |
| Lorena Mejorada | 48.33 | 3.3 | 15,324.90 |

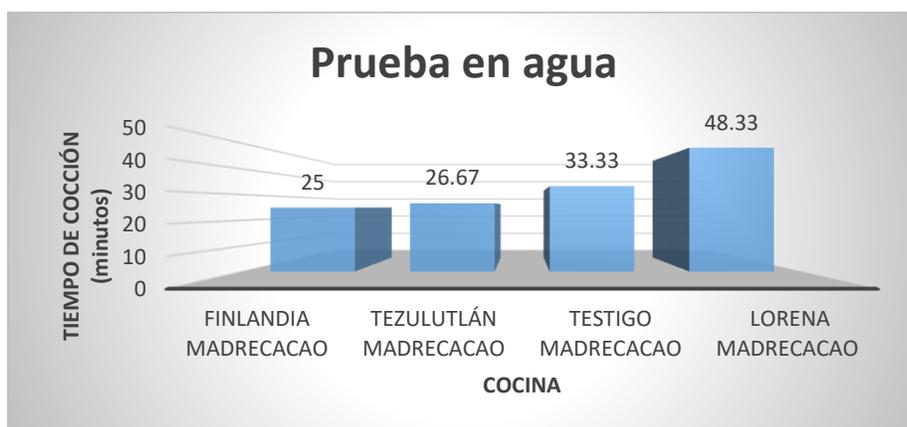


Figura 17. Resultados de la cocción de agua con leña de Madrecacao.

León (2017) en una investigación realizada en Honduras utilizó una cocina de fogón abierto y una cocina “a tres piedras”, colocó una olla con 4 litros de agua a temperatura ambiente, controlando el aumento de la temperatura con un termómetro digital hasta que el agua hirvió; pesó 2 kg de leña de Matarratón (*Gliricidia sepium*) para cada fase (inicio frío – inicio caliente – fuego lento), leña de uso común en la zona. El tiempo de ebullición del agua más alto se obtuvo con el fogón “a tres piedras” y el más bajo se presentó en el fogón abierto con 19 minutos, pero con un gasto de leña de 1.37 kg; es decir, con el fogón abierto se pudo cocer más rápido los alimentos, pero se tiene que ocupar más leña.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña para alcanzar el punto de ebullición del agua, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (Cuadro A-5 y 10).

Por todo lo anterior, el mejor tratamiento fue la cocina Finlandia utilizando leña de Conacaste blanco (T8).

4.4 Prueba de cocción del café con leña de Conacaste blanco

El menor tiempo de cocción del café con leña de Conacaste blanco se tuvo con las cocinas Finlandia y Tezulutlán con una media de 33.33 minutos; seguida por la cocina de Fogón abierto (testigo) con 43.33 minutos y por último la cocina Lorena Mejorada con 65 minutos (cuadro 5).

El menor gasto de leña de Conacaste blanco se tuvo con la cocina Finlandia con 1.4 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 1.5 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 2.1 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 4.2 kg.

El mayor poder calorífico se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 18,666.61 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 9,333.30 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 6,666.65 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 6,222.20 Kcal.

Se observó: que el calor que se producía en la cocina de Fogón abierto se perdía por los costados, ya que la olla donde se preparó el café tenía un área reducida de contacto con el fuego y la llama no estaba constante por el movimiento del viento (A-10); y en la cámara de combustión de la cocina Finlandia había una buena transferencia de calor hacia la hornilla y la olla, cocinando rápido el café y utilizando menos leña de las dos especies evaluadas.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de cocción de café con leña de Conacaste blanco.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 33.33 | 1.4 | 6,222.20 |
| Tezulutlán | 33.33 | 1.5 | 6,666.65 |
| Fogón abierto | 43.33 | 2.1 | 9,333.30 |
| Lorena Mejorada | 65 | 4.2 | 18,666.61 |

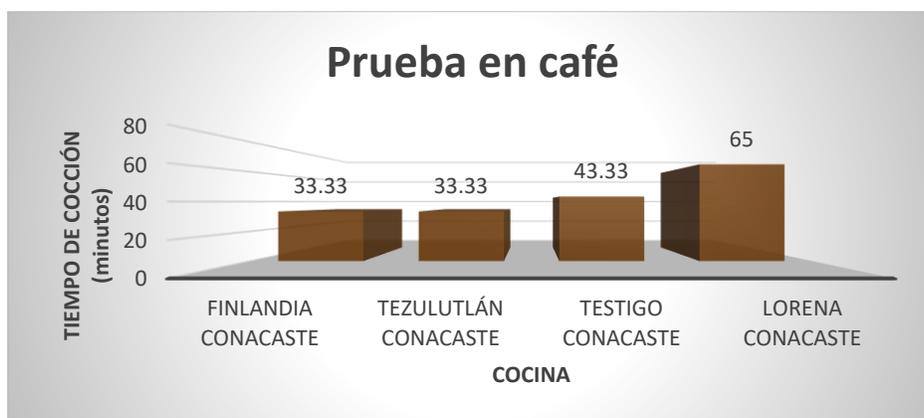


Figura 18. Resultados de la cocción de café con leña de Conacaste blanco.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña en la prueba de cocción del café, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-6 y 11).

4.5 Prueba de cocción de café con leña de Madrecacao

El menor tiempo de cocción del café con leña de Madrecacao se tuvo con las cocinas Finlandia y Tezulutlán con una media de 35 minutos; seguida por la cocina de Fogón abierto (Testigo) con 38.33 minutos y por último la cocina Lorena Mejorada con 61.67 minutos (cuadro 6) (figura 19).

El menor gasto de leña de Madrecacao en la cocción del café se tuvo con la cocina Finlandia con 1.1 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 1.7 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 2.4 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 4.6 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del café se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 21,361.99 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 11,145.38 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 7,894.65 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 5,108.30 Kcal (A-9).

Cuadro 6. Resultados de la prueba de cocción de café con leña de Madrecacao.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 35 | 1.1 | 5,108.30 |
| Tezulutlán | 35 | 1.7 | 7,894.65 |
| Fogón abierto | 38.33 | 2.4 | 11,145.38 |
| Lorena Mejorada | 61.67 | 4.6 | 21,361.99 |

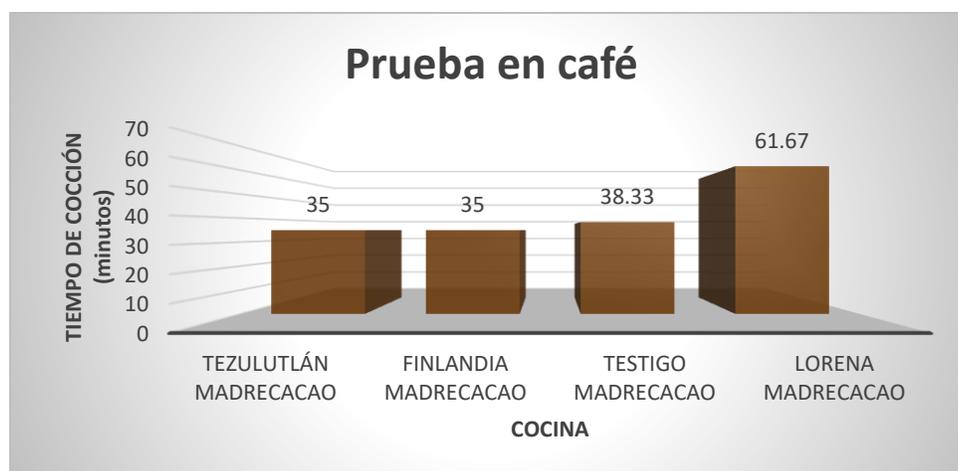


Figura 19. Resultados de la cocción de café con leña de Madrecacao.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo en la prueba de cocción de café, no se encontraron diferencias estadísticas

significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-6 y 11).

En el consumo de leña y en el poder calorífico si hubo diferencia estadística significativa porque la cocina de Fogón abierto tuvo un consumo promedio de leña en las tres repeticiones de 2.4 kg y un poder calorífico de 11,145.38 Kcal.

4.6 Prueba de cocción de arroz con leña de Conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción del arroz con leña de Conacaste blanco se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 31.67 minutos; seguida por la cocina Tezulutlán con 33.33 minutos; luego la cocina de Fogón abierto con 41.67 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 73.33 minutos (cuadro 7) (figura 20).

El menor gasto de leña de Conacaste blanco en la prueba de cocción del arroz se tuvo con la cocina Finlandia con 1.2 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 1.4 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 1.6 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 4.2 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del arroz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 18,666.61 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 7,111.09 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 6,222.20 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 5,333.32 Kcal (A-12).

Cuadro 7. Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Conacaste blanco.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Finlandia | 31.67 | 1.2 | 5,333.32 |
| Tezulutlán | 33.33 | 1.4 | 6,222.20 |
| Fogón abierto | 41.67 | 1.6 | 7,111.09 |
| Lorena Mejorada | 73.33 | 4.2 | 18,666.61 |



Figura 20. Resultados de la cocción de arroz con leña de Conacaste blanco.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de arroz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-7 y 12).

4.7 Prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao

El menor tiempo para la cocción del arroz con leña de Madrecacao se tuvo con la cocina Tezulutlán con una media de 30 minutos; seguida por la cocina Finlandia con 31.67 minutos; luego la cocina de Fogón abierto con 33.33 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 50 minutos (cuadro 8).

El menor gasto de leña de Madrecacao en la prueba de cocción del arroz se tuvo con la cocina Finlandia con 1.3 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 1.5 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 1.8 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 4.1 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del arroz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 19,040.03 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 8,359.04 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 6,965.87 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 6,037.08 Kcal (A-11).

Cuadro 8. Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 31.67 | 1.3 | 6,037.08 |
| Tezulutlán | 30 | 1.5 | 6,965.87 |
| Fogón abierto | 33.33 | 1.8 | 8,359.04 |
| Lorena Mejorada | 50 | 4.1 | 19,040.03 |



Figura 21. Resultados de la cocción de arroz con leña de Madrecacao.

Un estudio realizado por el INE (2009) en una prueba de cocción de arroz utilizaron una olla de 0.24 m de diámetro y 2 kg de leña de tipo Matarratón (*Gliricidia sepium*), los tiempos más altos correspondieron a la cocina a Fuego abierto con 21 minutos; y las menores mediciones se dieron en la cocina ecológica de bloque con 11.75 minutos y en la de ladrillo con 10.25 minutos.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de arroz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero sí con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-7 y 12).

4.8 Prueba de cocción de frijol con leña de Conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción del frijol con leña de Conacaste blanco se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 98.33 minutos; seguida por la cocina Tezulutlán con 101.67 minutos; luego la cocina de Fogón abierto con 111.67 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 166.67 minutos (cuadro 9) (figura 22).

El menor gasto de leña de Conacaste blanco en la prueba de cocción del frijol se tuvo con la cocina Finlandia con 5.7 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 5.9 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 6.3 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 8.8 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del frijol se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 39,110.98 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 27,999.91 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 26,222.1.4 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 25,333.32 Kcal. Esta fue la prueba de cocción que más energía produjo por el tipo de alimento (A-14).

Cuadro 9. Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de Conacaste blanco.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 98.33 | 5.7 | 25,333.32 |
| Tezulutlán | 101.67 | 5.9 | 26,222.1.4 |
| Fogón abierto | 111.67 | 6.3 | 27,999.91 |
| Lorena Mejorada | 166.67 | 8.8 | 39,110.98 |



Figura 22. Resultados de la cocción de frijol con leña de Conacaste blanco.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de frijol, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-8 y 13).

4.9 Prueba de cocción de frijol con leña de Madrecacao

El menor tiempo para la cocción del frijol con leña de Madrecacao se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 101.67 minutos; seguida por la cocina de Fogón abierto con 105 minutos; luego la cocina Tezulutlán con 115 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 168.33 minutos (cuadro 10) (figura 23).

El menor gasto de leña de Madrecacao en la cocción del frijol se tuvo con la cocina Finlandia con 5.8 kg; seguida por la cocina Tezulutlán con una media de 5.9 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 7 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 9.1 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del frijol se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 42,259.58 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 32,507.37 Kcal; luego la cocina Tezulutlán con 27,399.07 Kcal; y por último la cocina Finlandia con 26,934.68 Kcal (A-13).

Cuadro 10. Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de Madrecacao.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Finlandia | 101.67 | 5.8 | 26,934.68 |
| Tezulutlán | 115 | 5.9 | 27,399.07 |
| Fogón abierto | 105 | 7.0 | 32,507.37 |
| Lorena Mejorada | 168.33 | 9.1 | 42,259.58 |



Figura 23. Resultados de la cocción de frijol con leña de Madrecacao.

El INE (2009) en México realizó un estudio en una estufa ecológica Lekil Vaj en la cocción de 1 kg de frijol negro y 1 kg de maíz en una olla sin tapa; luego se cocieron las mismas cantidades de frijol y maíz en ollas con tapa; en total se utilizó un promedio de 1.5 kg de leña por cada kilogramo de alimento cocido en comparación con el fogón tradicional que utilizó 5,2 kg de leña por cada kilogramo de alimento cocido. Por último, cocieron 2 kg de tortillas en un tiempo de 255 minutos utilizando 10 kg de leña. En resumen, se concluye que la estufa Lekil Vaj está ahorrando aproximadamente el 70% de leña comparada con el fogón tradicional, lo cual demuestra que a más cantidad de alimentos mayor consumo de leña se necesita para el fogón tradicional y por lo tanto se tiene menos eficiencia en el traslado de calor.

Con la cocina Finlandia se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a las variables de tiempo de cocción y leña gastada, porque la cámara de combustión de dicha cocina es más hermética, trasladando más calor a la superficie de la olla; en la cocina Tezulutlán la cámara de combustión es más grande y el calor no se dirige específicamente al área de la olla. En la cocina Lorena Mejorada y de Fogón abierto se determinó que hay una excesiva pérdida de calor.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de frijol, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-8 y 13).

4.10 Prueba de cocción de maíz con leña de Conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción de maíz con leña de Conacaste blanco se tuvo con la cocina Tezulutlán con una media de 43.33 minutos; seguida por la cocina Finlandia con 46.67 minutos; luego la cocina de Fogón abierto y la Lorena Mejorada con 71.67 minutos (cuadro 11) (figura 24). La cocción del maíz se evaluó desde que se encendió la leña hasta que el grano de maíz se descascaró o nixtamalizó.

El menor gasto de leña de Conacaste blanco en la prueba de cocción del maíz se tuvo con la cocina Tezulutlán con 5.1 kg; seguida por la cocina Finlandia con una media de 5.6 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 5.7 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 6.6 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción de maíz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 29,333.24 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 25,333.25 Kcal; luego la cocina Finlandia con 24,888.81 Kcal; y por último la cocina Tezulutlán con 22,666.59 Kcal (A-16).

Cuadro 11. Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de Conacaste blanco.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Tezulutlán | 43.33 | 5.1 | 22,666.59 |
| Finlandia | 46.67 | 5.6 | 24,888.81 |
| Fogón abierto | 71.67 | 5.7 | 25,333.25 |
| Lorena Mejorada | 71.67 | 6.6 | 29,333.24 |

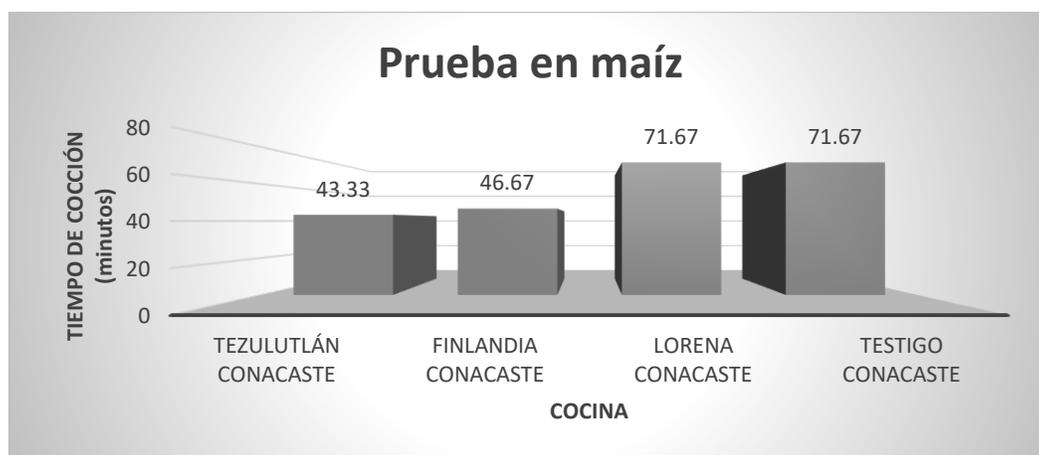


Figura 24. Resultados de la cocción de maíz con leña de Conacaste blanco.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de maíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cuatro cocinas (A-18) (Cuadro A-9 y 14).

4.11 Prueba de cocción de maíz con leña de Madrecacao

El menor tiempo para la cocción de maíz con leña de Madrecacao se tuvo con la cocina Tezulutlán con una media de 43 minutos; seguida por la cocina Finlandia con 45 minutos; luego la cocina de Fogón abierto con 65 minutos; y por último la cocina Lorena Mejorada con 73 minutos (cuadro 12) (figura 25). El menor gasto de leña de Madrecacao en la prueba de cocción del maíz se tuvo con la cocina Tezulutlán con 4.6 kg; seguida por la cocina Finlandia

con una media de 5 kg; luego la cocina de Fogón abierto (testigo) con 5.9 kg; y por último la cocina Lorena Mejorada con 8.3 kg.

El mayor poder calorífico en la prueba de cocción de maíz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 38,544.45 Kcal; seguida por la cocina de Fogón abierto con una media de 27,399.07 Kcal; luego la cocina Finlandia con 23,219.55 Kcal; y por último la cocina Tezulutlán con 21,361.99 Kcal (A-16).

Cuadro 12. Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de Madrecacao.

| Cocina | Tiempo de cocción (min) | Leña gastada (kg) | Poder calorífico (Kcal) |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Tezulutlán | 43 | 4.6 | 21,361.99 |
| Finlandia | 45 | 5.0 | 23,219.55 |
| Fogón abierto | 65 | 5.9 | 27,399.07 |
| Lorena Mejorada | 73 | 8.3 | 38,544.45 |

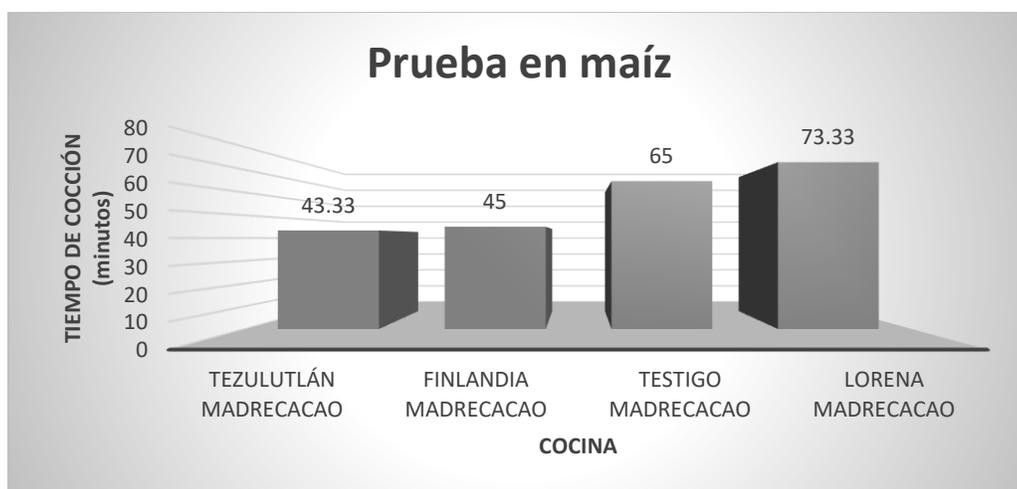


Figura 25. Resultados de la cocción de maíz con leña de Madrecacao.

León (2017) realizó un estudio en Honduras sobre cocinado controlado de un kilogramo de tortillas en una cocina Citlalli, la cual presento un menor consumo de leña, pero mayor tiempo en la preparación; en cambio, el fogón abierto reduce hasta cuatro veces el tiempo necesario para la cocción de un kilogramo de tortillas en comparación con las estufas mejoradas, pero utiliza el doble de leña. Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de maíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las

cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada (A-18) (cuadro A-9 y 14).

4.12 Costos de inversión en las cocinas ahorradoras de leña

La cocina ahorradora de leña que tiene el mayor costo de inversión es la cocina Tezulutlán con \$325.11 dólares; seguida por la cocina Lorena Mejorada con \$237.66 dólares; y la cocina que tiene el menor costo de inversión es la cocina Finlandia con \$224.66 dólares (A-17) (cuadro A-1,2,3 y 4).

La cocina Finlandia se construye más fácil porque el diseño es más sencillo, aunque depende de la habilidad del albañil; la construcción de la cocina Lorena Mejorada tiene un poco de dificultad ya que se tiene que colocar material de PVC para hacer los conductos y se debe colar el barro y el estiércol de ganado bovino para que peguen los materiales de la cocina; la cocina Tezulutlán es la más cara debido a que utiliza una plancha lisa de hierro de ¼" que debe ir soldada a la cocina para evitar que por el calor se salga del lugar donde se ubica.

4.13 Ventajas y desventajas de las cocinas ahorradoras utilizadas en la investigación

Ventajas de la cocina Lorena Mejorada

- 1) Produce mucha ceniza que se puede utilizar como fertilizante orgánico para las plantas.
- 2) Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
- 3) Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas.
- 4) La temperatura caliente se mantiene en la cámara de combustión de la cocina, por lo que se facilita el encendido de una próxima cocinada.

Desventajas de la cocina Lorena Mejorada

- 1) Se necesita mayor cantidad de ladrillos que las cocinas Tezulutlán y Finlandia.
- 2) La entrada de la cocina y la cámara de combustión son demasiado reducido.
- 3) Solo enciende cuando se utiliza leña de tamaño pequeña como astillas, olote, ocote, gas, papel, otros.
- 4) Aumenta el trabajo por el rajado de la leña.

- 5) Debido a que la cámara de combustión es muy pequeña produce mucho humo cuando empieza la combustión, se debe soplar o generar viento con una tabla o cartón para agregar oxígeno.
- 6) El calor tiene dificultad para desplazarse hasta las hornillas.
- 7) Difícil de construir si no se tiene experiencia.
- 8) El tamaño del comal es muy pequeño para la preparación de tortillas.
- 9) Es muy alta y tiene demasiados conductos para el transporte del calor.
- 10) Difícil la preparación de grandes cantidades de alimentos y de sopas.

Ventajas de la cocina Tezulutlán

- 1) El encendido del fuego es rápido.
- 2) La cámara de combustión es más espaciosa lo que permite usar leña gruesa.
- 3) Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas y porque se pierde menos calor al ambiente.
- 4) Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
- 5) Tiene tres hornillas de diferente tamaño (grande, mediana y pequeña) para recipientes de diferentes tamaños.
- 6) El fuego y el calor es constante dentro de la cámara de combustión.
- 7) La cámara de combustión se puede limpiar fácilmente.

Desventajas de la cocina Tezulutlán

- 1) El valor de la parrilla de hierro incrementa los costos de inversión.
- 2) Se debe utilizar equipo de soldadura porque la parrilla de hierro debe ir soldada a la cocina y al poyetón para evitar que se levante por las altas temperaturas generadas dentro de la cámara de combustión.
- 3) Si no se tiene cuidado hay una alta posibilidad de quemadura por la parrilla de hierro durante la cocción de los alimentos.
- 4) Falta de uniformidad en el tamaño de las piezas de la cocina, lo que dificulta la eficiencia de la tecnología.
- 5) No tiene comal para hacer tortillas.

Ventajas de la cocina Finlandia

- 1) Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
- 2) Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas.
- 3) Debido al fuego intenso que se genera la temperatura aumenta rápidamente.
- 4) Utiliza menos material para su construcción.

Desventajas de la cocina Finlandia

- 1) Se raja y se desquebraja sino se prepara bien la mezcla de barro-cemento.
- 2) La entrada de la cámara de combustión es estrecha.
- 3) La cámara de combustión es muy profunda lo que dificulta limpiarla.
- 4) No se pueden hacer tortillas a pesar que tiene un comal, ya que no se puede colocar leña gruesa que es la que mantiene un fuego intenso y constante, por lo que la masa se pega al comal.

Ventajas de la cocina de Fogón abierto

- 1) Son económicas y no requiere mayor inversión.
- 2) Fácil de construir y usar.
- 3) Se puede mover de lugar.
- 4) Se usan diferentes tipos de combustibles y leña de diferente grosor y tamaño.
- 5) Se adapta a las formas de los recipientes.

Desventajas de la cocina de Fogón abierto

- 1) Baja eficiencia en la preparación de alimentos como frijoles y maíz.
- 2) La mayor cantidad del calor generado se pierde por los costados.
- 3) Genera mucho humo que afecta la salud de las personas (enfermedades respiratorias, de los ojos, quemaduras, artritis, otras), principalmente en mujeres, niñas y niños.
- 4) Elevado consumo de leña.

4.14 Cocina Prototipo

Como producto de la evaluación de las tres cocinas ahorradoras de leña, los tipos de leña, el calor generado y las pruebas de cocimiento de alimentos, se construyó una cocina Prototipo ahorradora de leña en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias

Agronómicas de la Universidad de El Salvador, que se le ha puesto un nombre de cocina ahorradora de leña “Estación UES”. Esta cocina se construyó tomando de base las necesidades que se tienen en la Planta de Procesamiento de Alimentos de la Estación Experimental y de Practicas, por lo cual se construyó en tres secciones con diferente funcionamiento cada una.

Para construir la cocina prototipo se tomó en cuenta lo siguiente: de la cocina Finlandia se aprovechó los materiales utilizados para la construcción y el diseño de las hornillas, en el prototipo se construyó una sección donde está el comal para mejor manejo y aprovechamiento de la leña para la preparación de las tortillas; de la cocina Tezulutlán se tomó de base el tamaño de la cámara de combustión y de las hornillas; de la cocina Lorena Mejorada se aprovechó el diseño de la entrada de la cámara de combustión y la colocación de ladrillos en medio de la cámara para distribuir de mejor manera el calor; y de la cocina de Fogón abierto se tomó la forma de oxigenar la cámara de combustión para que siempre haya fuego y calor.

Los materiales utilizados fueron: ladrillo de barro tipo “calavera”, arena, cemento, zacate seco picado, melaza, sal, barro, varillas de hierro de 3/8 de pulgada y un poyetón.

Las dimensiones del poyetón donde está la cocina son: 0.70 m de alto, 2.42 m de largo y 1.50 m de ancho; la cocina tiene las siguientes medidas: 0.24 m de alto, 2.42 m de largo y 1.13 m de ancho.



Figura 26. Cocina prototipo.

Una vez construido el poyetón, se colocó la primera hilada de ladrillos, dejando tres agujeros donde se va a poner la leña, debido a que la cocina se dividió en tres secciones: la 1ª sección (de izquierda a derecha) mide 0.74 m de ancho por 1 m de largo, en ella se instaló una parrilla de hierro sobre la cual se puede cocinar carne asada y también servirá para colocar un comal

de 0.65 m de diámetro para hacer tortillas; la 2ª sección mide 0.65 m de ancho por 1 m de largo, se ubica al centro de la cocina y se construyó una hornilla para cocinar alimentos en mayores cantidades, por ejemplo: sopa de frijoles, cocer maíz, otros; la 3ª sección mide 1 m de ancho por 1.03 m de largo, está ubicada al lado derecho, se construyeron dos hornillas para cocinar alimentos en menores cantidades, por ejemplo: arroz, huevo, café, otros.

Después se puso la segunda hilada de ladrillos, dejando la abertura para poner la leña de 0.28 m de ancho por 0.17 m de alto; luego se preparó una mezcla de barro, cemento, melaza, sal y zacate seco picado, con el propósito de que pegue o “amarre” bien el barro y no se rajé la cocina cuando se haya secado. Encima de las hiladas de ladrillo se puso una malla de alambre llamada comúnmente “tela para gallinero”, sostenida con varillas de hierro de 3/8”, sobre la malla se colocó la mezcla y se pusieron tres depósitos redondos que sirvieron de molde para formar los huecos de las tres hornillas.

La cocina se dejó secar por dos semanas, pasado ese tiempo se puso leña en las tres cámaras de combustión o entradas de la cocina y se encendió fuego para observar si la leña enciende rápido o no, si se quema fácilmente o con dificultad. Se pudo observar que en la sección de en medio de la cocina y en la sección donde hay dos hornillas hace falta un agujero en cada costado que permita la entrada de oxígeno y sirva como respirador, para que la leña haga una buena combustión, no se apague el fuego y evite que aparezca humo. Después de haber encendido fuego se pudo comprobar que la mezcla colocada en la parte superior de la cocina no se calienta, lo cual evita que las personas se quemen al momento de utilizarla.

La cocina prototipo se va a seguir evaluando hasta encontrar que sea un modelo eficiente en el consumo de leña y tiempo de cocción de los alimentos, en comparación con las cocinas ahorradoras de leña evaluadas. La inversión para construir esta cocina fue de \$259.76 dólares (cuadro A-4).



Figura 27. Pruebas de encendido en la cocina prototipo.

5. Conclusiones

Con la cocina Finlandia se obtuvieron los mejores resultados en las cinco pruebas de cocción de alimentos y en el uso eficiente de la leña, ya que ésta enciende con alta intensidad, pero tiene el inconveniente de que cuesta manejar la leña por lo estrecho y profundo de la cámara de combustión, el comal no calienta bien por lo que las tortillas se pegan y no se cocinan bien.

Con la cocina Lorena Mejorada se tuvo el mayor consumo de leña y el mayor tiempo de cocción de los alimentos, debido a que el fuego que llega a las hornillas no es intenso por que los conductos no tienen el espacio necesario para que circule el calor, además, por el poco espacio que posee la cámara de combustión dificulta el encendido del fuego y es necesario reducir el tamaño de los trozos de leña para que encienda más rápido.

El tamaño de la cámara de combustión de la cocina Tezulutlán permitió que toda la leña se consumiera en forma homogénea con fuego intenso, pero es la más cara por el uso de la lámina de hierro que se debe soldar en el poyetón.

La cocina tradicional o de fogón abierto tiene una combustión incompleta de la leña, perdida de energía calorífica por procesos de transferencia de calor y expulsa demasiado humo contaminando el ambiente.

El poder calorífico de un kilogramo de leña de Madrecacao es de 4,643.91 Kcal/kg y de Conacaste blanco fue de 4,444.43 Kcal/kg, por lo que se puede utilizar menos cantidad de leña de Madrecacao para la preparación de los alimentos.

La inversión más baja en materiales y mano de obra fue en la construcción de la cocina Finlandia con \$224.00 dólares, seguida por la cocina Lorena Mejorada con \$237.66 dólares, la cocina Prototipo con \$259.76 y la cocina Tezulutlán con \$325.11 dólares.

6. Recomendaciones

Mejorar la construcción de la parte superior de la cocina Finlandia con materiales que tengan más resistencia al calor y no se rajen fácilmente, y ampliar la entrada de la cámara de combustión para que el calor generado sea aprovechado en el uso del comal.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación no se recomienda el uso de la cocina Lorena Mejorada por el alto consumo de leña y tiempo invertido en la preparación de los alimentos y por qué no tiene buena eficiencia energética.

Continuar evaluando las cocinas ahorradoras de leña utilizadas en esta investigación con otros materiales de combustión y en otras condiciones.

Evaluar en la cocina prototipo “Estación UES” el consumo de leña, el tiempo de cocción y la eficiencia energética en la preparación de diferentes alimentos.

Evaluar otros modelos de cocinas ahorradoras de leña que se estén promoviendo en el país o en la región.

Utilizar leña de Madrecacao para cocinar porque tiene un poder calorífico de 4,643.91 Kcal/kg, además, el árbol es de rápido crecimiento, tiene capacidad de rebrote y produce leña todo el año.

Promocionar en el país el uso de las cocinas ahorradoras de leña como una alternativa para que las mujeres y niñas que cocinan con leña no se expongan al humo que les causa problemas en la salud, y que también ayudan a disminuir la deforestación.

7. Bibliografía

- Añamisse Ayala, LE. 2015. Medición de Índices de Adopción de estufas mejoradas en las comunidades de El Chagüite y Cuesta Grande, Honduras (en línea). Honduras. Zamorano. Consultado 02 de sep. 2018. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4481/1/IAD-2015-002.pdf>
- Blanco Rodríguez, JM. 2013. Estufas mejoradas de leña en Centroamérica: Detonando los mercados. San José, Costa Rica. 1 ed. 40 p.
- Bonilla de Torres, BL. 2015. Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. El Salvador. 172 p.
- Burbano, AC. 2006. Planeación participativa: diagnóstico, plan de desarrollo y evaluación de proyectos. S.I., Universidad del Valle. Colombia. 180 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 1994. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural. Validación y construcción. Turrialba. Costa Rica. Serie Técnica No 216. 63 p.
- Consortio CARE-FUNDAMUNI-SalvaNATURA-SACDEL, El Salvador. 2004. Diagnóstico Rural Participativo con Enfoque de Género. Proyecto AGUA (Acceso, Gestión y Uso Racional del Agua). Municipio de San Pedro Puxtla, departamento de Ahuachapán. El Salvador. 73 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). s. f. Recursos naturales (en línea) Consultado 7 de octubre de 2019. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/am859s/am859s12.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, El Salvador). 2011. Uso y Construcción de la Estufa Ahorradora Tezulután-modificada. El Salvador. Morazán. 7 p.

IBNA (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2016. Guía Técnica de las Especies Forestales más utilizadas para la producción de leña en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 66 p. Serie Técnica GT-009 (2016).

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Perú). s. f. Tercer Seminario Nacional Manejo de Cuencas Hidrográficas. 138 p.

INE (Instituto Nacional de Ecología, México). 2009. Informe final: “Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México”. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 61 p. Convenio INE/ADE – 038/2008.

León Abad, MA. 2017. Evaluación del desempeño de estufas mejoradas portátiles operados con combustibles sólidos alternativos. Tesis en Ingeniería de Ambiente y Desarrollo. Honduras. Escuela Panamericana Zamorano. 60 p.

LINEB (Laboratorio de Innovación y Evaluación en Estufas de Biomasa, México). s. f. Estufas eficientes de leña (en línea). México. Consultado 23 de jul. 2018. Disponible en: <http://www.altiplano.uvg.edu.gt>

López Garnica, RM. 2008. Implementación de Estufas Ahorradoras de Leña. Escuela Oficial Rural Mixta María Sandoval, Aldea Llano Grande, Jalapa. San Carlos, Guatemala. 78 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2011. Estufa ahorradora Tezulutlán–modificada. El Salvador. 7 p.

MAG (Ministerio de Agricultura de Ganadería, El Salvador). 2004. Poder calorífico de especies forestales en El Salvador. Dirección de Ordenamiento Forestal Cuencas y Riegos, Área Forestal. El Salvador. 2 p.

Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. 2005. Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. El Salvador. Universidad de El Salvador. 98 p.

Mejía Barragán, F. 2011. Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 24 de ago. 2018. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/4125/1/905057.2011.pdf>

Montenegro, D; Hesneyder, N; Rúales, D; Noralba, Y. 2017. Determinación de un indicador de sostenibilidad para la medición del sistema de aprovechamiento y uso energético eficiente de la madera, en huertos leñeros y estufas ecológicas en la jurisdicción de Corpoguavio (en línea). Instname: Universidad Libre. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10674>.

Moreno, JAO; Cerutti, ORM; Gutiérrez, AFF. 2014. La Ecotecnología en México. s.l. IMAGIA. México. 130 p.

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía, Centro América). 2008. Proyecto apoyo a la matriz de acciones para la integración y desarrollo energético de Centroamérica. Asistencia Técnica sobre lecciones aprendidas y recomendaciones para el desarrollo de proyectos de estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá. Informe RD Jiménez. Centro América. OLADE. 120 p.

ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2015. Lista Oficial Objetivo del Desarrollo del Milenio (en línea). Consultado 25 febrero 2019. Disponible en: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Home>

PIC (Parr Instrument Company, Estados Unidos). 2021. Calorímetro de Bomba de Chaqueta Sencilla 1341 (en línea). Illinois, Estados Unidos. Consultado 20 de febrero 2021. Disponible en: <https://www.parrinst.com/es/products/oxygen-bomb-calorimeters/1341-plain-jacket-bomb-calorimeter/>

- Quiroz-Carranza, J; Orellana, R. 2010. Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. Use and management of firewood in dwellings of six localities from Yucatán, México. 16 (2):47-67.
- Quiroz-Carranza, J; Cantú-Gutiérrez, C. 2012. El fogón abierto de tres piedras en la península de Yucatán: Tradición y transferencia de tecnología. Revista Pueblos y fronteras. 270-301p.
- Ramírez Rodas, LR. 2014. Construcción, implementación y evaluación de una estufa ahorradora de leña (en línea). Tesis M.Sc. Chiapas, México, UNICACH. Consultado 25 abr. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/650.pdf>.
- Schneider, HE. 2012. "Caracterización del Consumo de Leña y Carbón Vegetal en El Salvador". San Salvador. Consejo Nacional de Energía. El Salvador. 28 p
- Singer, H. s.f. Nuevos diseños para cocinar de leña. Producción de leña y Economía Forestal (en línea). Solothurn, Suiza. Consultado 23 de abr. de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x5400s/x5400s04.htm>
- Tot, N. 2011. Manual para la elaboración de estufas ahorradoras de leña de manera artesanal, dirigido a las familias del caserío El Astillero del municipio de Tactic, Alta Verapaz (en línea). Guatemala. Consultado 24 de ago. 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1218.pdf
- UES (Universidad de El Salvador). 2013. Manual de Química Agrícola. Laboratorio Practico N° 4 Manejo de la Bomba Calorimétrica para la determinación del calor de combustión. San Salvador, El Salvador. 9 p.
- UNJBG (Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú). 2005. Evaluación comparativa de una cocina tradicional y una cocina mejorada para ahorrar leña. Tacna, Perú. 97 p.
- UNLP (Universidad Nacional de La Plata, Argentina). 2019. Bomba Calorimétrica: reconstrucción de un equipo. Buenos Aires, Argentina. Juanto, S; Stei, J; Prodanoff, F; Yalet, MN. 31 v. 425-431 p.

UVG (Universidad del Valle de Guatemala Altiplano). 2010. Estufas Mejoradas. Manual dirigido a estudiantes (en línea). Valle de Guatemala Altiplano, Guatemala. 25 p. Consultado el 12 de sep. 2020. Disponible en:

http://altiplano.uvg.edu.gt/proyectos/cdr/practicas/2010/Estufas/estufas_estudiantes.pdf

8. Anexos

Anexo 1. Cálculo del calor de combustión

La entalpía es una función de estado y, por tanto, la variación en las condiciones experimentales no afecta el valor numérico del ΔH_{comb} . De la 1ª Ley de la Termodinámica se obtiene que:

$$\Delta H_{\text{comb}} = - C_v (T_2 - T_1) + RT\Delta n_{\text{gas}} \quad (1)$$

El calor de combustión calculado de esta forma tiene que ser corregido por el calor liberado en la formación de ácido nítrico por combustión del nitrógeno del aire- y el calor generado por el alambre usado para el circuito de ignición. Del valor de ΔH del HNO_3 (60.58 KJ/mol) y el ΔH_{comb} del alambre (especificado por el suplidor) se obtiene de (1):

$$\Delta H_{\text{comb}} = - C_v (T_2 - T_1) + RT\Delta n_{\text{gas}} - \Delta H_{(\text{HNO}_3)} * n_{(\text{HNO}_3)} - \Delta H_{\text{alambre}} * g_{\text{alambre}} \quad (2)$$

Anexo 2. Datos a determinar para la bomba calorimétrica Parr 1341

A partir de modificaciones realizadas para la bomba calorimétrica marca Parr modelo 1341, los datos que deben estar disponibles para completar la prueba son los siguientes:

a = tiempo de ignición.

b = tiempo (cercano a 0.1 min) cuando la temperatura alcanza el 60% del incremento total.

c = tiempo en comenzar el período (después del incremento de temperatura) en el cual la razón de temperatura pasa a ser constante.

ta = temperatura al tiempo de ignición, corregido para la escala de error del termómetro.

tc = temperatura al tiempo c, corregido para la escala de error del termómetro.

r1 = velocidad (unidades de temperatura por minuto) a la cual la temperatura estuvo incrementando durante el período de 5 minutos antes de la ignición.

r2 = velocidad (unidades de temperatura por minuto) a la cual la temperatura estuvo incrementando durante el período de 5 minutos después del tiempo c, r2 es negativo y la cantidad $- r2 (c-b)$ se convierte en positiva y debe ser sumada cuando calcule la corrección para el incremento de temperatura.

c1 = mililitros de solución estándar del álcali usado en la titulación ácida.

c2 = porcentaje de azufre en la muestra.

c3 = centímetros de alambre fusible consumido en la ignición.

W = energía equivalente del calorímetro, determinada bajo estandarización.

m = masa de muestra en gramos.

Los valores a, b y c se obtienen a partir del gráfico de temperatura contra tiempo.

Anexo 3. Incremento de temperatura

Calcule la corrección del incremento neto de temperatura para corregir los efectos de la no-adiabaticidad del instrumento utilizando la siguiente ecuación de Dickinson:

$$t = t_c - t_a - r_1(b - a) - r_2(c - b)$$

Anexo 4. Correcciones termoquímicas

Estos valores deben calcularse para cada prueba.

e1 = corrección en calorías para el calor de formación del ácido nítrico (NH₃), su valor es igual a c1 si en la titulación fue usado un álcali 0.0709 N.

e2 = corrección en calorías para el calor de formación del ácido sulfúrico (H₂SO₄), su valor es igual a 13.7*c2*m.

e3 = corrección en calorías para el calor de combustión del fusible, su valor es igual a 2.3*c3 cuando se usa el fusible de níquel-cromo Parr 45C10 y es igual a 2.7*c3 cuando se usa el fusible de hierro calibrado No 34 B. & S.

Anexo 5. Calor total de combustión

El calor total de combustión en calorías por gramo queda expresado de la siguiente manera:

$$H_g = \frac{t * W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

Anexo 6. Otros datos experimentales

Ejemplo de los datos que debe registrar la persona encargada de determinar el poder calorífico de la muestra de la madera.

Masa de muestra: _____

Tamaño del fusible utilizado: _____

Tamaño del fusible residual: _____

Volumen de titulante: _____

Anexo 7. Cálculos del poder calorífico en prueba de agua con leña de Madrecacao.

Cocina Finlandia con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.6 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.6 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 7,430.26 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.7 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.7 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 7,894.65 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.8 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.8 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 8,359.04 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
3.3 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{3.3 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 15,324.90 \text{ Kcal}$$

Anexo 8. Cálculos del poder calorífico en prueba de agua con leña de Conacaste blanco.

Cocina Tezulutlán con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
0.9 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{0.9 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 3,9999.99 \text{ Kcal}$$

Cocina Finlandia con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
1.1 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.1 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 4,888.87 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
1.2 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.2 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 5,333.32 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena mejorada con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
2.0 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{2 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 8,888.86 \text{ Kcal}$$

Anexo 9. Cálculos del poder calorífico en prueba de café con leña de Madrecacao.

Cocina Finlandia con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.1 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.1 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 5,108.30 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.7 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.7 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 7,894.65 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
2.4 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{2.4 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 11,145.38 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena mejorada con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
4.6 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{4.6 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 21,361.99 \text{ Kcal}$$

Anexo 10. Cálculos del poder calorífico en prueba de café con leña de Conacaste blanco.

Cocina Finlandia con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
1.4 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.4 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 6,222.20 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
1.5 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.5 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 6,666.65 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
2.1 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{2.1 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 9,333.30 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
4.2 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{4.2 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 18,666.61 \text{ Kcal}$$

Anexo 11. Cálculos del poder calorífico en prueba de arroz con leña de Madrecacao.

Cocina Tezulutlán con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.3 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.3 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 6,037.08 \text{ Kcal}$$

Cocina Finlandia con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.5 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.5 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 6,965.87 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
1.8 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.8 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 8,359.04 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
4.1 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{1.1 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 19,040.03 \text{ Kcal}$$

Anexo 12. Cálculos del poder calorífico en prueba de arroz con leña de Conacaste blanco.

Cocina Finlandia con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4444.43 Kcal de Energía
1.2 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.2 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 5,333.32 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4444.43 Kcal de Energía
1.4 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.4 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 6,222.20 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4444.43 Kcal de Energía
1.6 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{1.6 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 7,111.09 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4444.43 Kcal de Energía
4.2 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{4.2 \text{ Kg} \times 4444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 18,666.61 \text{ Kcal}$$

Anexo 13. Cálculos del poder calorífico en prueba de frijol con leña de Madrecacao.

Cocina Finlandia con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
5.8 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{5.8 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 26,934.68 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
5.9 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{5.9 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 27,399.07 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
7.0 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{7 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 32,507.37 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
9.1 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{9.1 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 42,259.58 \text{ Kcal}$$

Anexo 14. Cálculos del poder calorífico en prueba de frijol con leña de Conacaste blanco.

Cocina Finlandia con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
5.7 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.7 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 25,333.32 \text{ Kcal}$$

Cocina Tezulutlán con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
5.9 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.9 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 26,222.14 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
6.3 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.3 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 27,999.91 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
8.8 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{8.8 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 39,110.98 \text{ Kcal}$$

Anexo 15. Cálculos del poder calorífico en prueba de maíz con leña de Madrecacao.

Cocina Tezulutlán con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
4.6 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{4.6 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 21,361.99 \text{ Kcal}$$

Cocina Finlandia con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
5.0 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{5.0 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 23,219.55 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
5.9 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{5.3 \text{ Kg} \times 4,643.91 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 27,399.07 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Madrecacao

1.0 kg de leña de Madrecacao-----4,643.91 Kcal de Energía
8.3 kg de leña de Madrecacao-----X

$$x = \frac{5.3 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 38,544.45 \text{ Kcal}$$

Anexo 16. Cálculos del poder calorífico en prueba de maíz con leña de Conacaste blanco.

Cocina Tezulutlán con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
5.1 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.1 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 22,666.59 \text{ Kcal}$$

Cocina Finlandia con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
5.6 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.6 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 24,888.81 \text{ Kcal}$$

Cocina de Fogón abierto (testigo) con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
5.7 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{5.7 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 25,333.25 \text{ Kcal}$$

Cocina Lorena Mejorada con leña de Conacaste

1.0 kg de leña de Conacaste-----4,444.43 Kcal de Energía
6.6 kg de leña de Conacaste-----X

$$x = \frac{6.6 \text{ Kg} \times 4,444.43 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} = 29,333.24 \text{ Kcal}$$

Anexo 17. Presupuestos de construcción de las cocinas ahorradoras de leña.

Cuadro A-1. Presupuesto para construcción de una cocina Lorena Mejorada.

| Materiales | Unidad de medida | Cantidad para una cocina | Costo unitario (dólares) | Costo por cocina (dólares) |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ladrillo de obra | Unidad | 49 | \$0.25 | \$12.25 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1 | \$8.50 | \$8.50 |
| Arena | Metro cúbico | 0.06 | \$17.14 | \$1.00 |
| Tubos de cemento | Unidad | 3 | \$2.00 | \$6.00 |
| Capacete de lámina | Unidad | 1 | \$10.00 | \$10.00 |
| Barro | Metro cúbico | 0.50 | \$6.00 | \$3.00 |
| Varilla de hierro de 3/8" | Metro | 2 | \$1.30 | \$2.60 |
| Codos de PVC 4" | Unidad | 3 | \$2.50 | \$7.50 |
| Comal | Unidad | 1 | \$4.00 | \$4.00 |
| | | | Subtotal | \$54.85 |
| Poyetón | | | | |
| Ladrillo de obra | Unidad | 136 | \$0.25 | \$34.00 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1.5 | \$8.50 | \$12.75 |
| Arena | Metro cúbico | 1.5 | \$17.14 | \$25.71 |
| Varilla de hierro de 1/2" | Metro | 9 | \$1.15 | \$10.35 |
| Mano de obra | | | | \$100.00 |
| | | | Total | \$237.66 |

Cuadro A-2. Presupuesto para construcción de una cocina Finlandia.

| Materiales | Unidad de medida | Cantidad para una cocina | Costo unitario (dólares) | Costo por cocina (dólares) |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ladrillo de obra | Unidad | 27 | \$0.25 | \$6.75 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1 | \$8.50 | \$8.50 |
| Arena | Metro cúbico | 0.06 | \$17.14 | \$1.00 |
| Tubos de cemento | Unidad | 3 | \$2.00 | \$6.00 |
| Capacete de lámina | Unidad | 1 | \$10.00 | \$10.00 |
| Barro | Metro cúbico | 0.50 | \$6.00 | \$3.00 |
| Varilla de hierro de 3/8" | Metro | 2 | \$1.30 | \$2.60 |
| Comal | Unidad | 1 | \$4.00 | \$4.00 |
| | | | Subtotal | \$41.25 |
| Poyetón | | | | |
| Ladrillo de obra | Unidad | 136 | \$0.25 | \$34.00 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1.5 | \$8.50 | \$12.75 |
| Arena | Metro cúbico | 1.5 | \$17.14 | \$25.71 |
| Varilla de hierro de 1/2" | Metro | 9 | \$1.15 | \$10.35 |
| Mano de obra | | | | \$100.00 |
| | | | Total | \$224.66 |

Cuadro A-3. Presupuesto para construcción de una cocina Tezulutlán.

| Materiales | Unidad de medida | Cantidad para una cocina | Costo unitario (dólares) | Costo por cocina (dólares) |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ladrillo de obra | Unidad | 26 | \$0.25 | \$6.50 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1 | \$8.50 | \$8.50 |
| Arena | Metro cúbico | 0.06 | \$17.14 | \$1.00 |
| Tubos de cemento | Unidad | 3 | \$2.00 | \$6.00 |
| Capacete de lámina | Unidad | 1 | \$10.00 | \$10.00 |
| Barro | Metro cúbico | 0.25 | \$6.00 | \$1.50 |
| Gancho de metal | Unidad | 1 | \$1.00 | \$1.00 |
| Plancha lisa de hierro de ¼" | Pliego | 0.50 | \$213.00 | \$106.50 |
| Varilla de hierro de 3/8" | Metro | 1 | \$1.30 | \$1.30 |
| | | | Subtotal | \$142.30 |
| Poyetón | | | | |
| Ladrillo de obra | Unidad | 136 | \$0.25 | \$34.00 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 1.5 | \$8.50 | \$12.75 |
| Arena | Metro cúbico | 1.5 | \$17.14 | \$25.71 |
| Varilla de hierro de ½" | Metro | 9 | \$1.15 | \$10.35 |
| Mano de obra | | | | \$100.00 |
| | | | Total | \$325.11 |

Cuadro A-4. Presupuesto para construcción de una cocina prototipo.

| Materiales | Unidad de medida | Cantidad para una cocina | Costo unitario (dólares) | Costo por cocina (dólares) |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ladrillo de obra | Unidad | 250 | \$0.25 | \$62.50 |
| Cemento gris (bolsa) | Bolsa | 6 | \$8.50 | \$51.00 |
| Arena | Metro cúbico | 1.00 | \$17.14 | \$17.14 |
| Barro | Metro cúbico | 0.50 | \$6.00 | \$3.00 |
| Alambré de amarre | Libra | 2 | \$0.86 | \$1.72 |
| Varilla de hierro de ½" | Metro | 9 | \$1.15 | \$10.35 |
| Varilla de hierro de ¼" | Unidad | 2 | \$0.90 | \$1.80 |
| Sal | Libra | 25 | \$0.25 | \$6.25 |
| Zacate | | 2 | \$3.00 | \$6.00 |
| Mano de obra | | | | \$100.00 |
| | | | Total | \$259.76 |

Anexo 18. Análisis estadístico

Cuadro A-5 Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de agua.

| Prueba agua | | | |
|--|---|------------------------------|-------|
| HSD Tukey ^a | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| C Finlandia | 3 | 25.00 | |
| M Finlandia | 3 | 25.00 | |
| M Tezulutlán | 3 | 26.67 | |
| C Tezulutlán | 3 | 28.33 | |
| C Testigo | 3 | 33.33 | |
| M Testigo | 3 | 33.33 | |
| M Lorena | 3 | | 48.33 |
| C Lorena | 3 | | 51.67 |
| Sig. | | .487 | .989 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | |

Cuadro A-6. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de café.

| Prueba de café | | | | |
|--|---|------------------------------|-------|-------|
| HSD Tukey ^a | | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| C Finlandia | 3 | 33.33 | | |
| C Tezulutlán | 3 | 33.33 | | |
| M Tezulutlán | 3 | 35.00 | 35.00 | |
| M Finlandia | 3 | 35.00 | 35.00 | |
| M Testigo | 3 | 38.33 | 38.33 | |
| C Testigo | 3 | | 43.33 | |
| M Lorena | 3 | | | 61.67 |
| C Lorena | 3 | | | 65.00 |
| Sig. | | .623 | .113 | .919 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | | |

Cuadro A-7. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de arroz.

| Prueba de arroz | | | | | |
|------------------------|---|------------------------------|-------|---|---|
| HSD Tukey ^a | | | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| M Tezulutlán | 3 | 30.00 | | | |
| C Finlandia | 3 | 31.67 | 31.67 | | |
| M Finlandia | 3 | 31.67 | 31.67 | | |

| | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|
| C Tezulutlán | 3 | 33.33 | 33.33 | | |
| M Testigo | 3 | 33.33 | 33.33 | | |
| C Testigo | 3 | | 41.67 | 41.67 | |
| M Lorena | 3 | | | 50.00 | |
| C Lorena | 3 | | | | 73.33 |
| Sig. | | .962 | .097 | .231 | 1.000 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | | | |

Cuadro A-8. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de frijol.

| Prueba de frijol | | | |
|--|---|------------------------------|--------|
| HSD Tukey ^a | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| C Finlandia | 3 | 98.33 | |
| C Tezulutlán | 3 | 101.67 | |
| M Finlandia | 3 | 101.67 | |
| M Testigo | 3 | 105.00 | |
| C Testigo | 3 | 111.67 | |
| M Tezulutlán | 3 | 115.00 | |
| C Lorena | 3 | | 166.67 |
| M Lorena | 3 | | 168.33 |
| Sig. | | .505 | 1.000 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | |

Cuadro A-9. Pruebas de Tukey del tiempo de cocción en prueba de maíz.

| Prueba de maíz | | | |
|--|---|------------------------------|-------|
| HSD Tukey ^a | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| C Tezulutlán | 3 | 43.33 | |
| M Tezulutlán | 3 | 43.33 | |
| M Finlandia | 3 | 45.00 | |
| C Finlandia | 3 | 46.67 | |
| M Testigo | 3 | 65.00 | 65.00 |
| C Lorena | 3 | | 71.67 |
| C Testigo | 3 | | 71.67 |
| M Lorena | 3 | | 73.33 |
| Sig. | | .052 | .877 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | |

Cuadro A-10. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de agua.

| Prueba de agua | | | | | | |
|--|---|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| HSD Tukey ^a | | | | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C Tezulutlán | 3 | 0.9667 | | | | |
| C Finlandia | 3 | 1.1000 | 1.1000 | | | |
| C Testigo | 3 | 1.2667 | 1.2667 | 1.2667 | | |
| M Finlandia | 3 | 1.6000 | 1.6000 | 1.6000 | 1.6000 | |
| C Testigo | 3 | | 1.7333 | 1.7333 | 1.7333 | |
| M Tezulutlán | 3 | | | 1.8333 | 1.8333 | |
| C Lorena | 3 | | | | 2.0667 | |
| M Lorena | 3 | | | | | 3.3000 |
| Sig. | | .079 | .079 | .144 | .319 | 1.000 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | | | | |

Cuadro A-11. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de café.

| Prueba de café | | | | | |
|--|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| HSD Tukey ^a | | | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| M Finlandia | 3 | 1.1333 | | | |
| C Finlandia | 3 | 1.4333 | 1.4333 | | |
| C Testigo | 3 | 1.5000 | 1.5000 | | |
| M Tezulutlán | 3 | 1.7333 | 1.7333 | 1.7333 | |
| C Tezulutlán | 3 | | 2.0667 | 2.0667 | |
| M Testigo | 3 | | | 2.4000 | |
| C Lorena | 3 | | | | 4.2000 |
| M Lorena | 3 | | | | 4.6333 |
| Sig. | | .107 | .079 | .058 | .402 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | | | |

Cuadro A-12. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de arroz.

| Prueba de arroz | | | |
|------------------------|---|------------------------------|---|
| HSD Tukey ^a | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| C Finlandia | 3 | 1.2667 | |
| M Tezulutlán | 3 | 1.3667 | |
| C Tezulutlán | 3 | 1.4333 | |

| | | | |
|--|---|--------|--------|
| M Finlandia | 3 | 1.5000 | |
| C Testigo | 3 | 1.6333 | |
| M Testigo | 3 | 1.8333 | |
| M Lorena | 3 | | 4.1667 |
| C Lorena | 3 | | 4.2333 |
| Sig. | | .134 | 1.000 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | |

Cuadro A-13. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de frijol.

| Prueba de frijol | | | |
|--|---|------------------------------|--------|
| HSD Tukey ^a | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| C Finlandia | 3 | 5.7000 | |
| M Finlandia | 3 | 5.8667 | |
| M Tezulutlán | 3 | 5.9333 | |
| C Tezulutlán | 3 | 5.9667 | |
| C Testigo | 3 | 6.3000 | |
| M Testigo | 3 | 7.0333 | 7.0333 |
| C Lorena | 3 | | 8.8000 |
| M Lorena | 3 | | 9.1667 |
| Sig. | | .512 | .082 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | |

Cuadro A-14. Pruebas de Tukey de consumo de leña en prueba de maíz.

| Prueba de maíz | | | | |
|--|---|------------------------------|--------|--------|
| HSD Tukey ^a | | | | |
| Cocina | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| M Tezulutlán | 3 | 4.6000 | | |
| M Finlandia | 3 | 5.0000 | | |
| C Tezulutlán | 3 | 5.1667 | 5.1667 | |
| C Testigo | 3 | 5.6000 | 5.6000 | |
| C Finlandia | 3 | 5.7000 | 5.7000 | |
| C Testigo | 3 | 5.9333 | 5.9333 | |
| C Lorena | 3 | | 6.6000 | |
| M Lorena | 3 | | | 8.3333 |
| Sig. | | .083 | .053 | 1.000 |
| Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. | | | | |
| a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. | | | | |

Anexo 19. Poder calorífico de especies forestales

Cuadro A-15. Poder calorífico de especies forestales.

| Nombre común | Incremento (m ² /ha/año) | Peso específico (g/cm ³) | Poder calorífico (Kcal/kg) |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Acacia amarilla | 15 | 0.8 | 4600 |
| Acacia mangun | 8 | 0.5 | 7100 |
| Aceituno | 14 | 0.55 | 3000 |
| Almendro de río | 10 | 0.63 | 4500 |
| Balsa | 11 | 0.28 | 3100 |
| Bálsamo | 8 | 0.74 | 2500 |
| Barrillo | 11 | 0.45-0.72 | 4500 |
| Botoncillo | 15 | 0.99 | 2500 |
| Brasil | 11 | 0.95 | 4500 |
| Caoba | 8 | 0.61 | 5500 |
| Carao | 10.8 | 0.76 | 5200 |
| Carreto | 10 | 0.64 | 5600 |
| Castaño | 8 | 0.45 | 5500 |
| Casuarina | 17 | 0.80-0.95 | 4950 |
| Caulote | 15 | 0.6 | 4600 |
| Cedro | 5 | 0.51 | 4900 |
| Ceiba | 11 | 4 | 730 |
| Ciprés | 12 | 0.80-0.95 | 5500 |
| Conacaste | 8 | 0.44 | 5500 |
| Copinol | 9 | 0.77 | 7300 |
| Cortés blanco | 12 | 0.64 | 5500 |
| Cortés negro | 14 | 1.25 | 7000 |
| Chaperno | 11 | 0.8 | 4900 |
| Chaquiroy | 16 | 0.82 | 7000 |
| Eucalipto camaldulensis | 22 | 2.6 | 4800 |
| Eucalipto deglupta | 19 | 0.51 | 5000 |
| Eucalipto grandis | 21 | 0.65 | 4619 |
| Eucalipto robusto | 21 | 0.64 | 4950 |
| Eucalipto saligna | 19 | 0.61 | 4800 |
| Funera | 9 | 1.22 | 7000 |
| Granado | 9 | 1.22 | 7000 |
| Guachipilín | 10 | 0.54 | 5500 |
| Istaten | 15 | 0.8 | 2650 |
| Laurel | 11 | 0.64 | 5500 |
| Leucaena | 12 | 0.81 | 5500 |
| Liquidámbar | 10 | 0.71 | 6000 |

| | | | |
|------------------|---------|------|------|
| Madrecacao | 1.5-2.2 | 0.65 | 4900 |
| Madersal | 15 | 1.01 | 4300 |
| Mangle blanco | 14 | 0.92 | 6100 |
| Mangle rojo | 15 | 1.15 | 5200 |
| Mongollano | 11 | 0.64 | 5500 |
| Maquilishuat | 16 | 0.57 | 7100 |
| Malina | 24 | 0.6 | 5200 |
| Memble | 14 | 0.6 | 5500 |
| Mora | 8 | 0.88 | 7100 |
| Neem | 20 | 0.58 | 5200 |
| Nogal | 7 | 0.49 | 7200 |
| Paraíso | 9 | 0.65 | 4900 |
| Pepeto | 11 | 0.75 | 5400 |
| Pepeto de rio | 10 | 0.75 | 5500 |
| pinabete | 12.2 | 0.46 | 6500 |
| Pino caribe | 17 | 0.37 | 2300 |
| Pino ocote | 15 | 0.4 | 2500 |
| Pino tecunumanis | 11.9 | 0.52 | 4683 |
| Pito | 15 | 0.48 | 4900 |
| Quebracho | 6 | 0.57 | 5500 |
| Roble | 12 | 0.86 | 7300 |
| Ron-ron | 7.9 | 0.73 | 7100 |
| Salamo | 16 | 0.81 | 5500 |
| San Andrés | 16 | 0.79 | 4600 |
| Teca | 10 | 0.79 | 5000 |
| Tempisque | 8 | 0.52 | 5200 |
| Tigüilote | 15 | 0.43 | 3000 |
| Volador | 17 | 0.65 | 4960 |

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2004). Dirección de Ordenamiento Forestal Cuencas y Riegos, Área Forestal. Editado por Ing. Josué Mario Guardado, Técnico Forestal. Revisado por Das. Amílcar López, Técnico Forestal. Nueva San Salvador.

Anexo 20. Certificado de análisis para Poder Calorífico



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 25 de marzo de 2021.

Tipo de muestra : Madre Cacao y Polvo de Queso

Análisis solicitado: Poder Calorífico.

Usuario: Salvador Eduardo Moran Amaya.
Estudiante- Tesis.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

| Muestra | | Metodología | |
|------------|------------|------------------------|---------|
| | | Bomba Calorimétrica | |
| ID interno | ID Usuario | Poder calorífico cal/g | |
| MXU07 | 2021 | madrecacao | 4643.91 |
| MXU08 | 2021 | palo de queso | 4444.43 |

Analista: Lic. Emerson Gustavo Hernandez Martinez.

Figura A-1. Resultados del análisis del poder calorífico de la leña.