

---

## DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA FOGÓN MEJORADO DE ADOBE COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SÉBACO Y MUNICIPIO DE MATAGALPA

### DETERMINATION OF ENERGY EFFICIENCY OF ADOBE IMPROVED FIRE IN COMMUNITIES OF THE SÉBACO MUNICIPALITY AND MUNICIPALITY OF MATAGALPA

Alba Veranay Díaz Corrales<sup>1</sup>  
Alejandro Manuel Pérez López<sup>2</sup>  
Engels Noxoly Zeledón Sobalvarro<sup>3</sup>

**RESUMEN:** La investigación contó con el apoyo financiero del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y fue desarrollada en el marco de colaboración entre la Asociación Colectivo Zompopo, la Universidad Nacional de Ingeniería Sede Regional del Norte y la Universidad del País Vasco-España y tuvo como propósito determinar la eficiencia energética de dos diseños de fogón mejorado de adobe, así como fogones tradicionales. El estudio constó de dos fases para la toma de datos, la primera recolección de datos se realizó en el primer diseño de fogón (de ahora en adelante fogón mejorado tipo 1) en comunidades de Sébaco y la segunda recolección se realizó en el segundo diseño de fogón (de ahora en adelante fogón mejorado tipo 2) en comunidades de Matagalpa. Las variables que permitieron determinar el rendimiento energético de los fogones fueron los gramos de combustible empleados para cocinar 1 lb de arroz y el tiempo de cocinado. Mediante la prueba de varianza se pudo comprobar las diferencias significativas de las variables consumo específico de combustible y tiempo de cocinado en donde se obtuvo que los dos tipos de fogón mejorado presentan diferencias significativas con el fogón tradicional en términos de consumo específico de combustible y en términos de tiempo de cocinado el fogón tipo 1 difiere del fogón tipo 2 y el fogón tradicional. De igual manera se determinó la incidencia en el rendimiento energético del fogón tipo 1 con la variación de la medida de la chimenea de éste, en donde se concluyó que el consumo específico de combustible no depende de la altura de la chimenea del fogón.

**PALABRAS CLAVES:** Fogón mejorado; fogón tradicional; Eficiencia energética; rendimiento energético.

**ABSTRACT:** The research was financially supported by the United Nations Development Program (UNDP) and was developed within the framework of collaboration between the Zompopo Collective Association, the National University of Engineering Northern Regional Headquarters and the University of the Basque Country-Spain And aimed to determine the energy efficiency of two designs of improved adobe stove as well as traditional stoves. The study consisted of two phases for data collection, the first data collection was performed in the first design of stove (from now on improved stove type 1) in communities of Sébaco and the second collection was made in the second design of Stove (from now on improved stove type 2) in communities of Matagalpa. The variables that allowed to determine the energy efficiency of

---

<sup>1</sup> Coordinadora de Investigación UNI-RUACS, Nicaragua [alba.diaz@norte.ni.edu.ni](mailto:alba.diaz@norte.ni.edu.ni) – Autor para la correspondencia.

<sup>2</sup> Egresado Ingeniería Agroindustrial UNI-RUACS, Nicaragua

<sup>3</sup> Egresado Ingeniería Agroindustrial UNI-RUACS, Nicaragua

the stoves were the grams of fuel used to cook 1 pound of rice and the cooking time. By means of the test of variance it was possible to verify the significant differences of the variables specific fuel consumption and cooking time in which it was obtained that the two types of improved stove present significant differences with the traditional stove in terms of specific consumption of fuel and in terms Of cooking time the type 1 cooker differs from the type 2 cooker and the traditional cooker. In the same way the incidence in the energy efficiency of the type 1 stove was determined with the variation of the measurement of the chimney of this, where it was concluded that the specific consumption of fuel does not depend on the height of the chimney of the stove.

**KEYWORDS:** Improved cooker; Traditional stove; Energy efficiency; Energy efficiency.

## INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad la leña ha sido la fuente de calor más utilizada por el hombre ya que es más accesible que otros combustibles. Sin embargo se consume una gran cantidad de combustible y se producen emisiones de partículas y gases de combustión que afectan negativamente a la salud humana.

En el marco de la Estrategia Nacional de leña y carbón vegetal 2011-2021 se propone “Fortalecer los programas sociales para la distribución de cocinas mejoradas en hogares rurales y peri-urbanos de Nicaragua.”

Para ello diversas organizaciones han emprendido programas para promover el uso de fogones mejorados, principalmente en sectores rurales del país, los resultados del uso de estos, no han sido monitoreados ni evaluados en su totalidad.

Sin embargo se consume una gran cantidad de combustible y se producen emisiones de partículas y gases de combustión que afectan negativamente a la salud humana, con el fin de darle un mejor uso a la leña como combustible en el marco de la Estrategia Nacional diversas organizaciones han emprendido programas para promover el uso de fogones mejorados, principalmente en sectores rurales del país donde su consumo se incrementa de forma considerable producto de patrones culturales arraigados.

Por lo antes planteado y la importancia que representa la evaluación de la eficiencia energética en fogones, se llevó a cabo el estudio de determinación de niveles de eficiencia energética en fogones mejorados de adobe construidos por el Colectivo Zompopo en el año 2014 en comunidades del municipio de Sébaco. Y en el año 2016 en comunidades del municipio de Matagalpa. De esta manera se comparó los niveles de eficiencia energética de ambos diseños construidos.

Para la evaluación de los fogones se utilizó la prueba de cocinado controlado (CCT por sus siglas en inglés), la cual permitió medir el rendimiento de los fogones mejorados en términos de consumo específico de combustible y tiempo de cocción, para ser comparados con el rendimiento de los fogones tradicionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en el departamento de Matagalpa específicamente en comunidades Agua Zarca, La Estancia y Los Calpules de Sébaco y Piedra de Agua, Carrizo y Casa Sola de Matagalpa.

### Tipo de estudio

Estudio descriptivo, utilizando métodos combinados de la investigación cualitativa y cuantitativa, midiendo y evaluando diversos aspectos relacionados al rendimiento energético y la eficiencia de combustión de fogones mejorados de adobe y fogones tradicionales. De igual manera es un estudio de medición de variables independientes, ya que se cuantifican variables como: tiempo y combustión.

### Tamaño de la muestra

Debido al acceso y recursos disponibles se tomaron 8 hogares con fogones tipo 1, 11 hogares con fogones tipo 2 y 5 hogares con fogones tradicionales.

La primera etapa del estudio consistió en describir el diseño y los materiales que son utilizados para la construcción del fogón mejorado de adobe, para esto, se llevó a cabo una capacitación por parte de la Asociación Colectivo Zompopo en una de las comunidades en estudio. De igual manera fue necesario el involucramiento en la construcción de un fogón modelo en la comunidad Agua Zarca (municipio de Matagalpa) y en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS).

La segunda etapa consistió en la recolección de datos de los fogones estudiados. Para ello se concertaron visitas a través de la Asociación Colectivo Zompopo a las comunidades en estudio, en donde se realizaron pruebas a cada uno de los fogones seleccionados en la muestra.

Para la determinación del rendimiento energético de los fogones mejorados de adobe, se utilizó un protocolo internacional llamado Controlled Cooking Test (CCT) desarrollado por Partnership for a Clean Indoor Air Network (PCIA) y se puede encontrar descrito junto con las plantillas en formato Excel en la página web de Aprovecho Research Center: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>

En cada fogón se realizaron 3 repeticiones de CCT para obtener datos más confiables, de igual manera se controlaron aspectos como: temperatura de inicio de las pruebas en el fogón ( $\pm 90$  °C en la parrilla de la cámara de combustión), encender el fogón utilizando ocote como único medio de inicio, utilizar los mismos recipientes de metal en todas las pruebas, utilizar la misma cantidad de alimento e insumos en todas las pruebas.

Para la realización de las pruebas se seleccionó arroz como alimento a preparar ya que es uno de los alimentos básicos en la dieta de los comunitarios, se utilizaron insumos como: sal, agua y aceite. Se pesó la leña inicial para cocinar y se determinó la humedad de la misma utilizando un higrómetro sin agujas MO297.



Figura 1 Controlled Cooking

Se anotó la hora de inicio y se procedió a cocinar, posteriormente se anotó la hora de finalizado de la prueba, la cantidad de alimento cocinado, la leña semi quemada y el carbón resultante.

Los datos que se obtuvieron se aplicaron para determinar el consumo específico de combustible y el tiempo de cocinado para cada una de las pruebas realizadas haciendo uso de la plantilla Excel: Controlled Cooking Test (CCT) data calculation sheet v.2.0.

La tercera etapa consistió en realizar un análisis estadístico a los datos obtenidos utilizando el software INFOSTAT Y SPSS. Las pruebas que se llevaron a cabo fueron:

- Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre las variables consumo específico de combustible y tiempo de cocinado de los tres tipos de fogones estudiados
- LSD Fisher para comparar los promedios de las variables consumo específico de combustible y tiempo de cocinado.
- Correlación lineal de Pearson para medir el grado de relación entre las variables altura de chimenea y consumo específico de combustible del fogón mejorado tipo 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 2 Diseño fogón mejorado de adobe

El diseño de fogón mejorado de adobe es principalmente de adobe y ladrillo cocido. El adobe es uno de los materiales más utilizados en este tipo de construcción, ya que, además de su solidez e inercia térmica es el más barato y el de uso más sencillo, que todos los materiales conocidos para construcciones autosustentables. La estructura del fogón es levantada por tierra cruda; paredes aislantes y transpirables construidas con 110 ladrillos de dimensiones 30 cm x15 cm x10 cm. La cámara de combustión está basada en los principios de la estufa 'Rocket', es un espacio reducido y bien ventilado construida con ladrillos de tierra cocida y aislada con materiales refractarios y de gran resistencia térmica que mantiene y aprovecha el calor obtenido. El diseño de la chimenea es duradero, barato, aislante y anti-sísmico, construida con ladrillos cocidos, iniciando con una base de adobe se levanta una columna piramidal estable ante temblores.

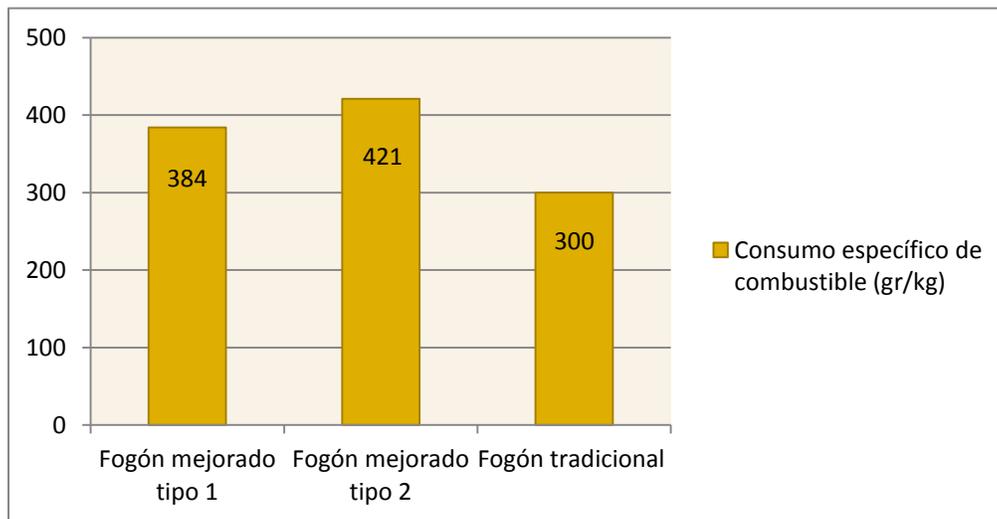
Los factores en estudio que permitieron determinar el rendimiento energético de los fogones son: los gramos de combustible empleados para cocinar el arroz (consumo específico de combustible) y el tiempo invertido en cocinar dicho arroz.

En el gráfico número 1 se presentan los valores obtenidos en cuanto a consumo específico de combustible de los tres tipos de fogones evaluados. Como se puede observar el fogón tradicional presenta valores más bajos de consumo en relación a los fogones mejorados tipo 1 y tipo 2.

Estas variaciones en el consumo específico de combustible de los fogones mejorados, pudieron haber surgido debido a que, no todos los fogones son iguales aunque se utiliza un mismo diseño de fogón, las familias lo han construido y adecuado a las características del hogar, por ende el comportamiento del fogón en términos de rendimiento no es similar.

Aunque es de mencionar que las diferencias de consumo específico de combustible entre los tres tipos no es significativa.

**Gráfico 1:** Consumo específico de combustible fogones estudiados



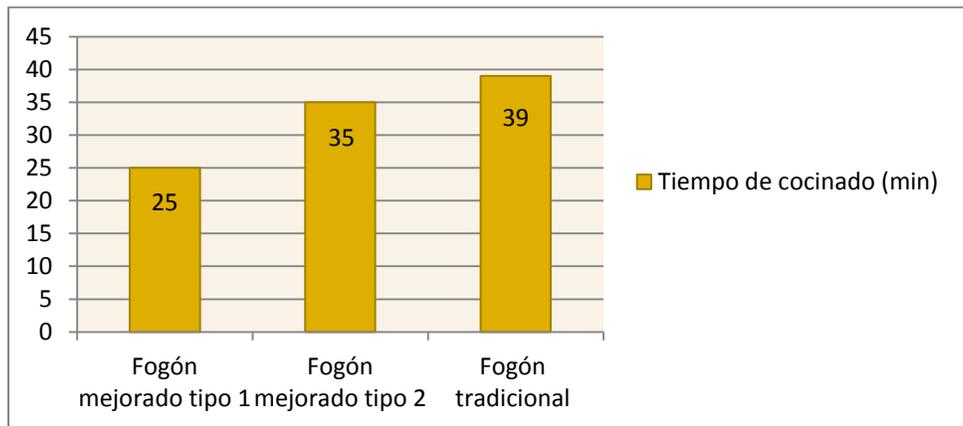
**Fuente:** Elaboración propia

En el gráfico 2 se presentan los valores obtenidos en cuanto a tiempo de cocinado de los tres tipos de fogones evaluados. Se puede observar que el fogón mejorado tipo 1 presenta valores más bajos de tiempo de cocinado en comparación del fogón mejorado tipo 2 y fogón tradicional.

La variabilidad que existe entre los fogones estudiados se puede atribuir a las condiciones que existen al momento de realizar la prueba. Por ejemplo:

- Condiciones climatológicas durante la realización de las pruebas, generalmente en la zona donde están instalados los fogones tipo 2 y fogones tradicionales prevalece una temperatura que oscila entre 20 y 21 °C, por lo tanto a la hora de hacer las pruebas los fogones solían apagarse o demoraban en calentar.
- Las características propias del diseño del fogón tradicional en cuanto a su dimensión, tamaño de la cámara de combustión, ventilación, etc.

**Gráfico 2:** Tiempo de cocinado fogones estudiados



**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto al análisis estadístico hecho a los datos obtenidos, el análisis de varianza para la variable consumo específico de combustible y tiempo de cocinado demostró que existen diferencias significativas entre los tres tipos de fogones evaluados. La prueba LSD Fisher demostró que el fogón mejorado tipo 1 y tipo 2 se comportan similar y difieren del fogón tradicional en términos de consumo específico de combustible. Sin embargo en términos de tiempo de cocinado el fogón mejorado tipo 2 se comporta similar al fogón tradicional, difiriendo del fogón mejorado tipo 1.

La prueba de Correlación Lineal de Pearson demostró que no existe relación entre las variables consumo específico de combustible y altura de chimenea del fogón mejorado tipo 1, por lo cual el rendimiento energético no depende de la chimenea del fogón.

## CONCLUSIONES

Mediante la realización de las pruebas a los fogones se pudo comprobar que algunos de éstos (principalmente los fogones mejorados tipo 1) han sufrido ciertas modificaciones con respecto al diseño original, a las cocineras se les presentaban ciertos obstáculos para manejar el fogón y realizaron modificaciones para adaptarlo a sus necesidades.

En lo que respecta al rendimiento energético, de los tres tipos de fogones evaluados fue el fogón tradicional quien presentó valores más bajo de consumo específico de combustible. Esto podría estar dado al propio diseño del fogón tradicional como su ventilación, cámara de combustión, tamaño de las troneras, etc. En cuanto a tiempo de cocinado fue el fogón mejorado tipo 1 quien presentó valores más bajos y podría estar dado a las condiciones climatológicas de las comunidades donde están instalados estos fogones.

Las pruebas estadísticas demostraron que los fogones mejorados de adobe presentan diferencias significativas en cuanto a consumo específico de combustible se refiere y que el rendimiento energético del fogón no depende de la altura de chimenea del mismo.

Es de mencionar que ha existido una buena aceptación al uso de los fogones mejorados de adobe por parte de las familias, ya que consideran la disminución del humo en el interior de las viviendas como su principal ventaja.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por el apoyo financiero para este estudio.

A la Asociación Colectivo Zompopo por el apoyo técnico y logístico para llevar a cabo este estudio.

A la tesista Marina Díez Arrizabalaga por la asesoría brindada durante el estudio.

A los comunitarios involucrados en el estudio, por su entera disposición, hospitalidad y amabilidad brindada durante el tiempo que se trabajó.

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Cámara de combustión:** Parte del fogón en la que se quema el combustible.
- **Parrilla cámara de combustión:** Red de barras que sirve para mantener fijo el combustible en un fogón.
- **Leña semi quemada:** Residuo de leña inicial que no termina por quemarse al final de las pruebas.

### REFERENCIAS

*Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina.* (Agosto de 2013). Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de <http://www.energiayambienteandina.net/getattachment/b2766e52-ec08-4922-892c-bfbc61c361c/Informe-de-evaluacion-de-cocinas-mejoradas.aspx>

Aprovecho Research Center. (Julio de 2006). *The Partnership for Clean Indoor Air.* Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://www.pciaonline.org/files/Spanish-Design-Principles-07-10-06.pdf>

Carrillo Palacios, E., & de la Rica Extremiana, J. (2014). *Manual para la Auto construcción de un fogón mejorado de adobe.* Jinotega.

Dicovskyi, L., & Pedroza, H. (2006). *Sistema de Análisis Estadístico con SPSS.* (E. Rodríguez, Ed.) Managua, Nicaragua.

National Academy of Sciences. (1983). *Firewood crops* (Vol. II). Washington, D.C., Estados Unidos: National Academy Press.



**Alba Veranay Díaz Corrales:** Es Ingeniero Químico, especialista en Didácticas de las Ingenierías y Arquitectura. Experiencia en Formulación y Ejecución de Proyectos de Investigación. Participación como expositora en foros y congresos a nivel nacional e internacional. Coautor de Atlas de cafés especiales de Nicaragua, Manual Técnico “Beneficio, Calidad y Denominación de Origen y publicación de artículos científicos en la revista científica de la UNI-Norte “El Higo”. Docente e investigadora en la temática Denominación de Origen. Asesora en la aplicación de herramientas TGP. Tutora de tesis monográficas