

CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE COCINA MEJORADA A LEÑA PARA LOS CERROS DE SALTA

**Valentín Becchio, Laura A. Mosconi, Carolina Subelza, Karla M. Pérez Domínguez,
Pablo R. Dellicompagni**

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO, UNSa – CONICET). Av. Bolivia 5150, A4400FVY, Salta, Argentina.

Tel. 54-0387-4255579 – Fax 54-0387-4255489. E-mail: valentin.becc2@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo presenta los resultados del proceso de construcción, evaluación y apropiación de un prototipo de cocina mejorada a leña denominada “Cocina Martina”, pensada para su implementación en la región de los Cerros de Salta. Esta tecnología busca abordar las problemáticas del uso de fogones abiertos dentro de las cocinas de los hogares en los cerros, cuestión que puede repercutir en problemas de salud y un alto consumo de leña. Se hace foco en evaluar su rendimiento en relación con el consumo de leña, para lo que se implementó una Prueba de Ebullición de Agua a partir de la cual se obtuvieron parámetros como el tiempo empleado para hervir agua, consumo específico de leña, eficiencia de la cocción y potencia de la cocción. Se realizó la misma prueba en un fogón tradicional pudiendo así comparar ambos resultados. Se logró observar que la Cocina Martina logra reducir considerablemente el consumo de leña en relación con el método tradicional, cuestión que concuerda con la experiencia de la familia usuaria luego de un año de uso del prototipo. Se cuenta así con una tecnología que cumple con sus principales metas y tiene alto potencial de replicación en la región de los Cerros de Salta y otros territorios rurales.

Palabras clave: Cocinas mejoradas a leña, metodología WBT, tecnología apropiada.

INTRODUCCIÓN

Al adentrarse en los cerros de Salta, y en otras zonas rurales de la provincia, se evidencia que la cocina es el centro social en el interior de las unidades domésticas. Resulta ser un espacio en el que el ojo no acostumbrado, lagrimea casi al instante. No por un hecho trágico, sino por el humo que desprende el fogón. Ese fogón donde se cocina la comida que en muy poco tiempo será motivo de reunión familiar, ese fogón que irradia calor durante los días más fríos y es testigo de interminables charlas, ese fogón que se encuentra rodeado de paredes de adobe, techo de paja y aire espeso característico de las viviendas en estos lugares.

Las condiciones de vida en los parajes rurales de los cerros están marcadas por la complejidad de acceso a servicios en general. Contar con agua, energía, acceso a salud o educación, entre otros, representa desafíos a los que se enfrentan muchas familias en su día a día, quienes implementan múltiples estrategias para resolverlos. Si nos enfocamos en el acceso a la energía, vemos que la leña es el principal combustible utilizado en los hogares para la cocción de alimentos y la calefacción de los espacios. Es novedoso ver una cocina con garrafa, no necesariamente porque sea en sí una tecnología que no funcione o a la que las familias no puedan acceder, sino porque no existe la cadena logística de provisión que acompañe el funcionamiento de las mismas. Hablamos de familias que se encuentran distanciadas de las zonas urbanas, parajes que en su mayoría no cuentan con camino o huella de vehículo para acceder a ellos. Llegar ahí implica un recorrido por sendas que cruzan ríos, rodean, atraviesan, suben y bajan los filos de los cerros, por lo que traer elementos desde los centros urbanos representa un gran desafío. De manera tradicional en las viviendas de los cerros, la cocción de los alimentos se realiza en un fogón que se encuentra en un espacio cerrado y que está destinado a cumplir las funciones de una cocina. Esta



cuestión puede tener al menos dos problemáticas asociadas. En primer lugar, afectaciones a la salud, que generan principalmente enfermedades respiratorias y función pulmonar reducida asociadas a la constante exposición al humo que desprende la leña cuando es usada como combustible, especialmente el material particulado (Troncoso et al., 2018; Vázquez et al., 2022; Vicente et al., 2024).

Por otro lado, se debe señalar que los fogones tradicionales con los que se cocina en esta zona, constan de una estructura simple de hierro (de dos a cuatro barras cada una de 30 cm aproximadamente), donde se apoyan las ollas por encima del fuego, lo que se traduce en un consumo significativo de biomasa debido a las altas pérdidas de calor del sistema hacia el ambiente. Este uso diario implica destinar gran parte del tiempo de los miembros de las familias a la recolección de leña, aminorando el tiempo disponible para otro tipo de actividades. En ambientes áridos como en los cerros, donde la leña es un recurso escaso, su consumo requiere mucho trabajo de recolección, recorrer varios kilómetros para localizar, cortar y trasladar leña, ya sea al hombro, en burro o carretillas. A su vez, en estos ambientes la sobreutilización de este recurso puede devenir en una presión sobre los ecosistemas.

Ambos componentes de la problemática afectan principalmente a mujeres e infancias, ya que este sector de la población rural se dedica a las tareas de cuidado familiar, ya sea participando en la recolección de leña, preparando los alimentos o estando mayor tiempo en las cocinas acompañando a sus madres, viéndose afectados por la inhalación constante del humo.

Antecedentes

Para abordar esta problemática, se ha desarrollado una serie de experiencias que apuntan a la implementación de cocinas que resuelvan ambos componentes, sacar el humo de la casa y reducir el consumo de leña. Las Cocinas Malena en Bolivia (Condori y Albarracín, 2016), Cocina Patzari y Lorena en México (Olaya, 2017) representan buenos ejemplos de abordaje de esta problemática, desarrollando una tecnología que contribuye a la mejora de las condiciones de cocción de los alimentos en parajes rurales aislados y que es adaptable a la cultura local de cada sitio.

De la revisión de antecedentes vinculados a la implementación de estas y otras tecnologías en el medio rural, y de la experiencia de trabajo previo por parte del equipo de investigación Planificación Energética y Gestión Territorial del Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (PEyGeT/INENCO) en las zonas rurales de la provincia de Salta, identificamos algunos aspectos clave a tener en cuenta en la promoción y funcionamiento de cocinas mejoradas a leña. En primer lugar, observamos que se debe poner énfasis en la promoción de una tecnología que aborde ambos componentes de la problemática, reducir la exposición al humo, así como también mejorar la eficiencia en el uso y consumo de biomasa.

A su vez, identificamos que las condiciones técnicas de diseño y funcionamiento de la tecnología no alcanzan para potenciar su funcionamiento y apropiación. Resulta de suma importancia incorporar las prácticas locales del uso del fuego al diseño de la cocina. Esta se debe amoldar a las técnicas locales de cocción y, de ser posible, propiciar otros usos que las familias le den al fuego. Por ejemplo: disposición constante de agua caliente, calefacción del ambiente, así como también garantizar que la cocina continúe siendo el centro de las reuniones de la familia. Además, resulta importante la promoción y uso de materiales locales, así como accesibles en cada contexto para su construcción, sobre todo si se tiene en cuenta que existen zonas de difícil acceso, donde el traslado de estos puede significar un gran desafío. Otro aspecto a tener en cuenta se vincula con la incorporación de saberes y técnicas constructivas locales en el diseño y construcción de las cocinas, de esta manera se fortalece la autonomía, gustos y preferencias de las familias a la hora de construir o al momento en que se requiera realizar reparaciones a las mismas. Este trabajo se basa en algunos resultados en relación con el inicio de este proceso.

En una primera instancia se está implementando un prototipo de cocina mejorada diseñado y construido en conjunto con la Comunidad Originaria Kondorwaira del paraje de Potrero de Castilla, departamento de La Caldera, Salta. El prototipo se diseñó en el año 2023 en base a los desarrollos de la Cocina Malena y considerando las prácticas culinarias locales, el uso de materiales accesibles y la búsqueda de llevar el humo al exterior y disminuir la cantidad de leña que se utiliza en esta labor. Su construcción se realizó durante el año 2024, y ha sido utilizada por una familia de esta comunidad desde julio de 2024. En consonancia con los otros modelos de cocinas implementadas en América Latina, a este prototipo lo denominamos “Cocina Martina”.

En su primer año de uso, la familia que la ha utilizado de forma cotidiana expresó su satisfacción en relación con los cumplimientos de los dos principales objetivos planteados en el diseño. En diversas oportunidades hicieron referencia a que la cocina efectivamente logra disminuir considerablemente el humo en el espacio de cocina y reduce significativamente la cantidad de leña necesaria para cocinar. Ante esta situación desde el equipo PEyGeT, se planteó la posibilidad de evaluar el consumo de leña de una manera metódica. Para ello durante el mes de julio de 2025 se llevó a cabo una evaluación de la cocina mediante el método estandarizado de ebullición de agua (WBT).

La prueba WBT es un método propuesto por Global Alliance for Clean Cookstove (GACC), cuyo objetivo es determinar la eficiencia en la que una estufa utiliza el combustible para calentar agua en un recipiente, como así también la cantidad de emisiones producidas durante la cocción. Permite estudiar la eficiencia térmica del uso de combustible en cocinas, además de las características de combustión de diversas fuentes, siendo utilizado por diversos autores para comparar diferentes prototipos y tecnologías de cocinas en relación con su rendimiento (Bailis et al., 2007; Grimsby et al., 2016; Medina et al., 2017). Esta prueba proporciona indicadores de rendimiento de las cocinas tales como eficiencia térmica de cocción, consumo de combustible, tiempo de ebullición de una cantidad fija de agua y potencia, y está citada como metodología simplificada del Estándar de Oro para cocinas limpias y eficientes en el marco del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Bajo esta metodología, son importantes dos variables asociadas al combustible: el poder calorífico y la humedad. La primera hace referencia a la cantidad de energía liberada por kilogramo de combustible al producirse su combustión, y varía según la composición y humedad de los distintos tipos de biomasa, siendo necesaria para determinar el potencial bioenergético contenido en ella y poder planificar una futura valorización de la misma (Manrique et al., 2023). Por otro lado, la segunda variable mide el contenido de agua en la biomasa y es de gran importancia para determinar la calidad como biocombustible (Manrique et al., 2023).

En bibliografía no se han encontrado estudios relacionados con la aplicación del método WBT para evaluar rendimiento en prototipos de Cocina Malena, sin embargo, se ha hallado bibliografía relacionada a la aplicación de este método en otras tipologías de cocinas mejoradas, como así también estudio de emisiones.

El presente trabajo aborda el diseño y construcción de la cocina Martina, y hace foco en la evaluación del rendimiento del proceso de cocción de la misma en comparación con los fogones tradicionales, siguiendo el protocolo WBT. De esta manera se buscó analizar si efectivamente esta cocina permite mejorar las condiciones de cocción de alimentos y disminuir el uso de leña.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La construcción y evaluación de la cocina Martina, se llevó a cabo en la zona urbana de la localidad de Vaqueros, departamento La Caldera, Provincia de Salta. Esta localidad forma parte del territorio ampliado de la Comunidad Kondorwaira, que a través de una dinámica de movilidad espacial significan y habitan espacios que se encuentran entre el campo y la ciudad. Los espacios rurales habitados por las familias Kondorwaira se ubican en un sector que presenta una transición entre distintos ecosistemas que van desde la selva montaña, bosque montano de yunga tropical semihúmedo, pastizales de neblina y alto andinos, semipuna y puna. La crianza y el cuidado de animales (cabras, ovejas y vacas), la siembra y cosecha de productos andinos (papas, ocas, maíces, etc.), la elaboración de quesos y artesanías en lana y cuero, forman parte de algunas de las actividades productivas que realiza esta comunidad. Cuentan con una herencia cultural andina (pueblo kolla) que les permite entablar diversas formas de relacionarse con la naturaleza, considerándola un ente vivo (Pérez y Belmonte, 2022; 2024).

Para el caso de estudio en particular, se aprovechó esta dinámica de movilidad territorial de la comunidad para poder desarrollar un prototipo de cocina en la localidad de Vaqueros, donde resultó mucho más fácil de construir y sobre todo de probar, evaluar y perfeccionar el modelo, para luego poder

reaplicar la tecnología en casas ubicadas en la zona rural del territorio Kondorwaira. Como se explicó anteriormente, el presente trabajo pretende sentar las bases para continuar con la implementación de cocinas mejoradas en hábitats rurales de los Cerros de Salta.

Diseño y Construcción

El diseño de la cocina se basó en desarrollos principalmente implementados en Bolivia, como ser la Cocina Malena (Loayza, 2009). Este tipo de cocinas se adaptan a las formas de cocinar en las regiones andinas en las que el uso de ollas para preparar comidas guisadas es la principal práctica culinaria diaria. El diseño (Figura 1) consiste en una estructura de ladrillo que cuenta con una base para elevar la altura a la que se cocina (con los fogones abiertos se suele cocinar a la altura del suelo), una cámara de combustión con su correspondiente boca de carga de leña, una trampa de ceniza y una salida de ceniza. En la parte superior de la cámara de combustión se dejan dos espacios por los que caben las ollas (los espacios para las ollas se diseñaron específicamente para las ollas que más usaba la familia) de manera tal que, a la hora de cocinar, la mayoría de la superficie de estas se ubique por dentro de la cámara de combustión con el objetivo de aumentar la superficie de contacto con el fuego, al mismo tiempo que se disminuyen las pérdidas al exterior. En uno de los extremos de la cámara de combustión se colocó una chimenea por la que sale el humo hacia el exterior de la vivienda.

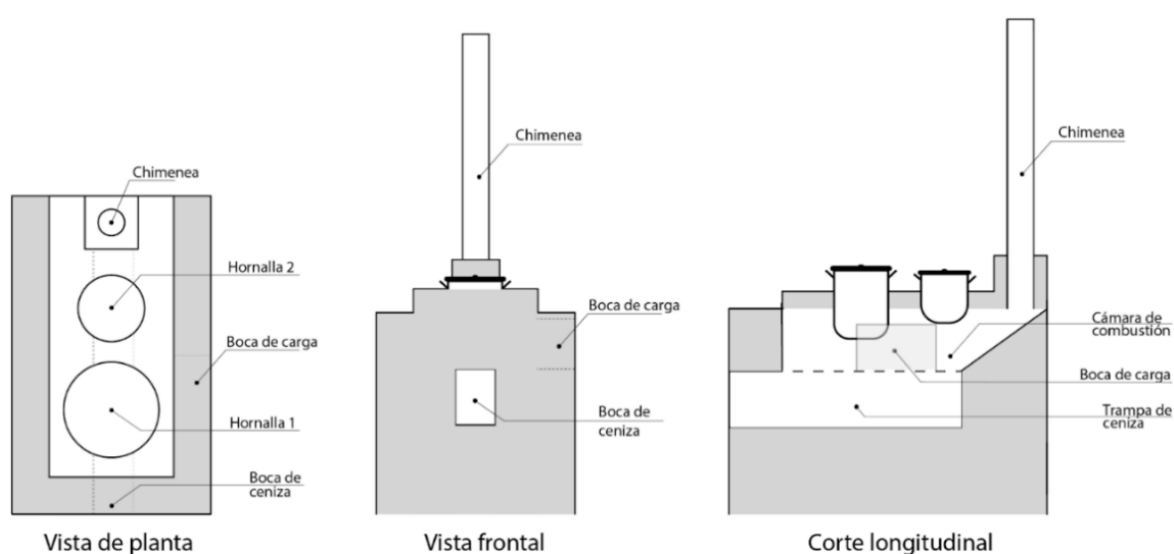


Figura 1: Croquis general de la Cocina Martina.

Tanto el diseño de las dimensiones específicas de la cocina como su construcción se realizaron de manera colectiva con miembros de la familia. Se desarrollaron diversas jornadas en las que se fueron construyendo las diferentes partes de la cocina, evaluando en conjunto con los usuarios las mejores formas para adaptar el modelo a sus particularidades (tamaño de ollas, altura más cómoda para la cocción, espacio del área de cocina, entre otras variables) (Figura 2).



(a)



(b)



(c)

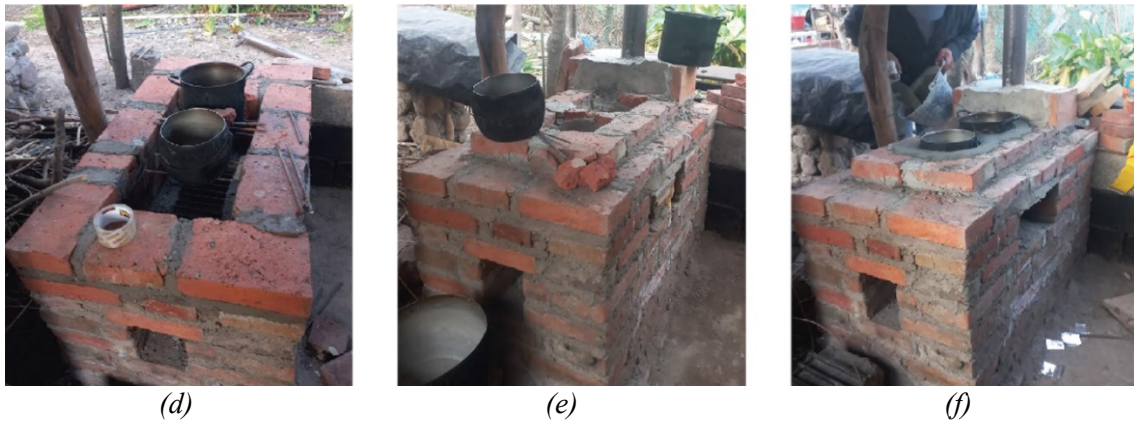


Figura 2: Proceso de construcción de prototipo de Cocina Martina, (a) cimientos, (b) base, (c) trampa de ceniza y base de la cámara de combustión, (d) definición de ubicación de ollas dentro de la cámara de combustión, (e) construcción de hornallas y colocación de chimenea, (f) detalles finales.

Evaluación del rendimiento

Se utilizó el protocolo WBT versión 4.2.3 (GACC, 2014) para evaluar tanto el rendimiento de la cocina Martina construida, como el rendimiento de un fogón tradicional (Figuras 3 y 4) a modo de compararlas. En todos los ensayos se utilizó leña de *Maclura tinctoria*, una especie forestal nativa de la zona, utilizada comúnmente como leña en los hogares, con una dimensión promedio de 27x4x3 cm. Para el inicio del fuego, como base se utilizaron pequeñas ramas de especies varias, recolectadas en la cercanía de la vivienda. Se procuró simular las prácticas locales de encendido y mantenimiento del fuego.



Figura 3: Ensayos en la Cocina Martina construida, (a) vista de frente, con medidor de temperatura del agua de las ollas, (b) vista general, junto con la propietaria y la leña utilizada, (c) vista general con fuego encendido.



Figura 4: Ensayos en el fogón tradicional evaluado con dos ollas, (a) vista lateral, (b) vista superior.

De acuerdo con el protocolo, este método consta de tres fases de análisis (Figura 5):

- 1) De alta potencia con inicio frío, con la cual se busca llevar el agua de las ollas de temperatura ambiente a su punto de ebullición de la manera más rápida posible con la cocina en frío.
- 2) De alta potencia con inicio caliente, se realiza luego de la fase 1 cambiando el agua de las ollas, retirando restos de leña, brasa y ceniza de la cocina y llevando el agua de las ollas de temperatura ambiente a su punto de ebullición de la manera más rápida posible con la cocina en caliente.
- 3) De baja potencia, se realiza luego de la fase 2, reteniendo el agua en la olla y manteniendo en hervor durante 45 minutos simulando una cocción de legumbres.

Antes y después de cada fase se pesan las ollas con agua, la leña a usar, la leña sobrante, leña semi quemada, brasas y ceniza. También se mide la temperatura de las ollas y condiciones ambientales durante todo el proceso (humedad relativa, temperatura y velocidad de viento en cercanías de la cocina). Se realizaron 3 ensayos (cada uno incluyendo las 3 fases mencionadas) en la cocina Martina y 2 ensayos con el fogón tradicional. A pesar de que el método estandariza una serie de pasos con el fin de poder comparar diferentes cocinas, en la práctica resulta complejo manejar algunas variables vinculadas sobre todo al manejo del fuego.

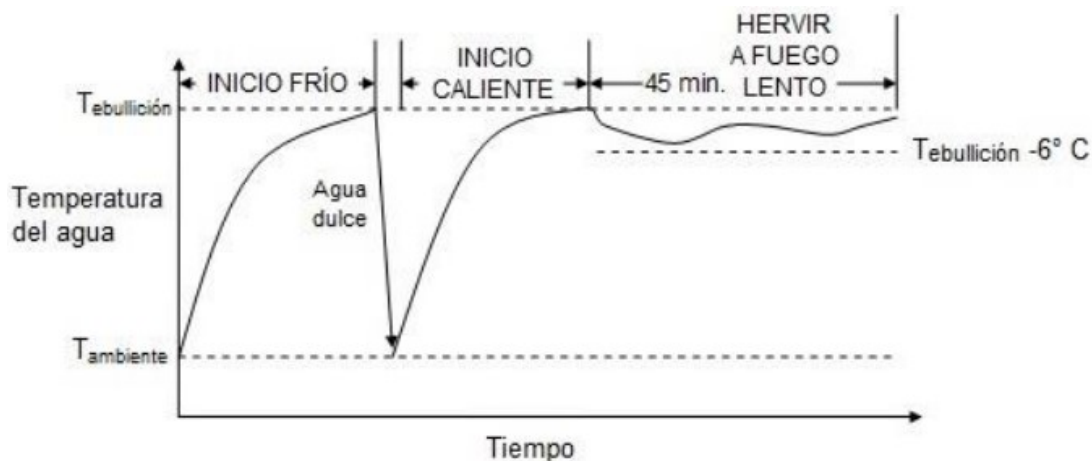


Figura 5: Fases de la metodología WBT.

Para las pruebas se utilizaron dos ollas de cocina con 5l y 3l de agua, respectivamente. Estas son las ollas que más utiliza la familia para la preparación de comidas en ambas cocinas. Se utilizaron las mismas ollas con la misma cantidad de agua para todos los ensayos.

El contenido de humedad se determinó a partir de la recolección de una muestra del combustible, las cuales se secaron en estufa a una temperatura aproximada de 105° en atmósfera de aire hasta mantener su masa constante, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 18134:2016. Por otro lado, como valor aproximado, se decidió utilizar el Poder Calorífico Inferior de una muestra de *Maclura tinctoria* y *Schinopsis balansae* determinado mediante un calorímetro o bomba calorimétrica siguiendo la Norma UNE-EN ISO 18125:2018.

Los parámetros calculados fueron el tiempo para llegar a la ebullición, el combustible específico consumido (Ec. 1), la potencia del proceso de cocción (Ec. 2) y la eficiencia térmica de cada ensayo (Ecs. 3 y 4), los cuales se evaluaron en las fases de alta potencia (inicio frío y caliente) y en la fase de baja potencia, como reportan otros trabajos (Bailis et al., 2007; Grimsby et al., 2016; Medina et al., 2017). En la Ec. 5 se detalla además cómo se obtiene el parámetro de Consumo Equivalente de Combustible (CS), el cual se usa para el desarrollo de los cálculos para obtener los parámetros mencionados. Para el cálculo de los parámetros se utilizó un software incluido en el protocolo WBT 4.2.3.

$$CEC = \frac{1000 * CS}{m_{wb}} \quad (1)$$

$$P_c = \frac{CS * PCI_c}{\Delta t_b * 60} \quad (2)$$

$$\eta_{ca} = \frac{Cp_w (m1_i * \Delta T^{\circ}1 + m2_i * \Delta T^{\circ}2) + \Delta H_{vap} * m_{wv}}{CS * PCI_c} \quad (3)$$

$$\eta_{cb} = \frac{Cp_w \left(\frac{m1_i + m1_f + m2_f}{2} \right) \Delta T^{\circ}_1 + \Delta H_{vap} * m_{wv}}{CS * PCI_c} \quad (4)$$

$$CS = \frac{CH (PCI_c(1 - H^{\circ}_{wb}) - H^{\circ}_{wb}(Cp_w(Tb - T^{\circ}_{amb}) - \Delta H_{vap})) - m_{chf} * PCI_{ch}}{PCI_c} \quad (5)$$

Donde:

CEC = Consumo específico de combustible (g/l).

CS = Consumo equivalente de combustible (g).

CH = Combustible consumido (g).

P_c = Potencia de la cocción (W).

PCI_c = Poder calorífico inferior del combustible (kJ/kg).

PCI_{ch} = Poder calorífico carbón y cenizas (kJ/kg).

Δt_b = Tiempo de ebullición (min).

η_{ca} = Eficiencia térmica de cocción en fases de alta potencia (%).

η_{cb} = Eficiencia térmica de cocción en fases de baja potencia (%).

Cp_w = Capacidad calorífica del agua (kJ/kg °C).

m1 = masa de agua en olla 1 (g).

m2 = masa de agua en olla 2 (g).

m_{chf} = masa de carbón y ceniza sobrante (g).

m_{wb} = Masa de agua hervida (g).

m_{wv} = masa de agua vaporizada (g).

ΔH_{vap} = Entalpía de vaporización del agua (kJ/kg).

H°_{wb} = Humedad del combustible en base húmeda (%).

Tb = Punto de ebullición medido (°C).

Las temperaturas del agua en las ollas se midieron con un termómetro digital Fluke 54II y termocuplas tipo K (resolución 0,1°C). Se utilizó otro termómetro igual para medir temperatura ambiente. Se midieron otras variables ambientales (humedad relativa y velocidad de viento en cercanías a la cocina) con un anemómetro de hilo caliente TES 1341 (resolución 0,01 m/s y 0,1%). Para el pesaje se utilizó una balanza Systel (resolución 0,005 kg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del rendimiento cocina Martina vs. fogón tradicional

En la Tabla 1 se presentan los resultados de los parámetros de rendimiento obtenidos. Se decidió presentar los resultados de todos los ensayos realizados, debido a que se observó una gran variación entre los valores obtenidos.

Tabla 1: Valores obtenidos de los parámetros de rendimiento evaluados, para cada ensayo realizado en la cocina Martina y en el fogón tradicional, incluidas las tres fases de WBT

Fase		Parámetro de rendimiento	Cocina Martina			F. tradicional	
			N° de ensayo			N° de ensayo	
			1	2	3	1	2
Alta potencia	Inicio frío	Tiempo de ebullición (min)	27	29	30	56	74
		Eficiencia térmica (%)	5	17	13	9	9
		Consumo específico de combustible (g/l)	513	157	195	420	508
	Inicio caliente	Potencia (kW)	40	12	14	15	13
		Tiempo de ebullición (min)	16	20	20	50	42
		Eficiencia térmica (%)	6	15	46	8	7
		Consumo específico de combustible (g/l)	425	174	66	375	414
Baja potencia	Potencia (kW)	59	19	7	16	21	
	Eficiencia térmica (%)	59	13	17	16	16	
	Consumo específico de combustible (g/l)	13	404	281	237	201	
	Potencia (kW)	404	14	10	9	7	

Análisis comparativo entre Cocina Martina vs Fogón Tradicional

De acuerdo con la estructura de este prototipo de cocina mejorada se espera una mayor conservación del calor debido a su masa térmica, a sus menores pérdidas de calor dado que la combustión ocurre en un espacio protegido y al bajo coeficiente de conductividad térmica del ladrillo, lo que deriva a su vez, en un menor consumo de combustible, cuestiones que se ven reflejadas sobre todo en las primeras dos fases de la prueba. En este sentido, el desempeño de la cocina evaluada tendió a ser mucho mejor al sistema de fogón tradicional en cuanto al tiempo de ebullición, eficiencia térmica de cocción y combustible específico consumido.

En la etapa de alta potencia con inicio frío, la cocina Martina tardó entre 52% y 59% veces menos en alcanzar el tiempo de ebullición, logró una eficiencia térmica de cocción 89% mayor, en el mejor de los ensayos, y del 44% menor en el peor caso (ensayo 1) y consumió entre 22% más y 69% menos de combustible, en los casos extremos, en comparación con el fogón tradicional.

En cuanto a la etapa de inicio caliente, el desempeño fue mejor, logrando reducir el tiempo de ebullición entre 52% y 68%, alcanzado en el ensayo 3 una eficiencia 557% mayor y consumiendo 84% menos de combustible, aunque en el ensayo 1 la eficiencia térmica fue menor y se consumió más combustible.

La fase de baja potencia mostró un consumo de combustible 100% veces mayor en la cocina martina para el peor escenario, y 39% menor en el mejor de los casos, mientras que la eficiencia térmica de cocción logró superar por un poco más del doble la obtenida por el fogón tradicional, si bien también fue 19% menor en otros ensayos.

Los resultados de potencia se relacionaron con el consumo de combustible, siendo menor potencia a menor consumo, ya que la cocina entrega menos energía para la cocción por unidad de tiempo debido, principalmente, a un menor consumo de leña.

De todos los ensayos realizados en la cocina Martina, el ensayo 1 mostró el peor desempeño, es decir, un consumo de combustible mayor y una menor eficiencia en las tres etapas, probablemente debido a ser la primera prueba realizada y no contar con la experiencia y práctica en el encendido y mantenimiento del fuego, así como también haber colocado una disposición de los trozos de leña diferente, causando una menor eficiencia en la transferencia de calor.

En contraparte, los ensayos 2 y 3 tuvieron mejor rendimiento, siendo el ensayo 3 el óptimo en las etapas de alta potencia con inicio caliente y baja potencia, consumiendo 84% y 41% menos de combustible en las etapas mencionadas respectivamente, en comparación con el ensayo 1 y logrando una eficiencia térmica de cocción del 46% en la etapa de inicio en caliente, la mayor obtenida. Esto acompaña lo dicho

anteriormente, para el ensayo 3 se logra un mejor manejo, armado y mantenimiento del fuego. Además, para mejorar la combustión, se fue adaptando la metodología de encendido y tamaño de los leños, para ser más propicia, cortando los trozos de leña iniciales en trozos más pequeños y astillados, lo que mejora la superficie de combustión e intercambio de calor, favorece a los mecanismos de migración de humedad hacia el exterior y, en conjunto con una mejor disposición de los retazos, favorece al factor de dilución del oxígeno contenido en el aire y necesario para la combustión.

Análisis entre fase de alta potencia inicio frío, inicio caliente y fase de baja potencia

Durante el desarrollo de las fases de alta potencia (inicio frío e inicio caliente), la eficiencia térmica de la cocina Martina fue aumentando entre una fase a otra, como así también el tiempo de ebullición fue disminuyendo. Este desempeño fue el esperado debido a que, con la cocina fría se necesita mayor tiempo para calentar la masa térmica que rodea la cámara de combustión, y una vez que la cocina ya se utilizó y está caliente, el aporte de calor hacia las ollas es mayor por lo que el tiempo de ebullición es menor, observando en general un menor consumo de combustible específico y mayor eficiencia térmica en la cocción.

El parámetro de eficiencia térmica en la cocción es considerado por varios autores como un claro indicador del rendimiento de la cocina en términos de combustible consumido. Sin embargo, en el desarrollo de los ensayos, durante la fase de baja potencia donde se precisa mantener el tiempo de cocción durante 45 minutos, un mejor indicador fue el consumo específico del combustible. En este sentido, la cocina tuvo buen desempeño en cuanto a la eficiencia térmica (durante este tiempo se evaporó mayor cantidad de agua), no obstante, el consumo de combustible fue mayor que en las fases anteriores, ya que se le suministró el combustible suficiente para el mantenimiento de la temperatura. Este comportamiento lo describe el protocolo de WBT, y se muestra como resultado en Grimsby et al. (2016), siendo característico de la fase de baja potencia en el WBT.

En contraposición, se puede observar que el fogón tradicional consume menos leña durante la fase de baja potencia, llegando además a equiparar su consumo con el de la Cocina Martina durante esta misma fase. Una de las cuestiones que explican esto es que en el fogón tradicional las brasas se mantienen por debajo de la olla todo el tiempo, mientras que en la Cocina Martina las mismas pueden caer a la trampa de ceniza disminuyendo considerablemente el calor que aportan a las ollas. Cabe aclarar que esta fase se realiza manteniendo las brasas sobrantes de la fase 2, que para el caso del fogón tradicional resultaron ser más.

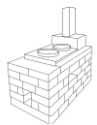

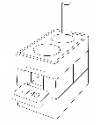
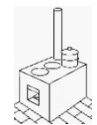
Resultados generales de los ensayos

No obstante, la alta variabilidad de los parámetros resultantes, el estudio muestra una evaluación positiva en los tres parámetros estudiados de rendimiento de cocción (combustible específico consumido, eficiencia térmica de cocción y tiempo de ebullición), tanto para hervir agua para consumo con la cocina fría o calentada previamente, como para el proceso de cocción en 45 minutos, excepto por tender a consumir más combustible en relación con el fogón durante esta última etapa. La performance final de la cocina Martina comparada con el fogón tradicional se muestra en la Tabla 2. Por otro lado, también se presenta una comparativa de la cocina aquí estudiada con respecto a diseños de cocinas publicados por otros autores (Tabla 3). Los parámetros corresponden a valores promedios obtenidos a partir de todos los ensayos realizados, para cada fase.

Tabla 2: Desempeño final cualitativo de la cocina Martina y fogón tradicional según cada parámetro y etapa. APf: etapa alta potencia inicio frío. APc: etapa alta potencia inicio caliente. BP: etapa baja potencia. Las X asignadas reflejan cuál cocina tuvo mejor rendimiento en cada situación

Cocina	Parámetro y etapa							
	Consumo de combustible			Eficiencia térmica			Tiempo de ebullición	
	APf	APc	BP	APf	APc	BP	APf	APc
Martina	x	x		x	x	x	x	x
Fogón tradicional			x					

Tabla 3: Comparativa entre la cocina Martina y otros modelos encontrados en la literatura, incluidas las tres fases de WBT

Cocina		Martina	Patsari	ONIL	Okoa-II	
Autor		Presente	(Bailis et al., 2007)	(Medina et al., 2017)	(Grimsby et al., 2016)	
Esquema						
Alta potencia	Inicio frío	Tiempo de ebullición (min)	29	60	62	22
		Eficiencia térmica (%)	12	7	15	26
		Consumo específico de combustible (g/l)	288	473	200	168
		Potencia (kW)	22	-	8	4,4
	Inicio caliente	Tiempo de ebullición (min)	19	47	62	12
		Eficiencia térmica (%)	22	17	15	33
		Consumo específico de combustible (g/l)	222	188	200	135
		Potencia (kW)	28	-	8	6,6
Baja potencia	Eficiencia térmica (%)	15	17	17	25	
	Consumo específico de combustible (g/l)	307	193	100	1109	
	Potencia (kW)	11	-	5	5,3	

Los resultados comparados para los distintos modelos de la Tabla 3 difieren entre sí debido a variables tales como el combustible empleado (tamaño, forma, sustancia, disposición), el fin para el cual han sido diseñadas las cocinas (cocción por hervor en olla o directamente en plancha), los materiales empleados en la construcción y la geometría (adobe, ladrillo refractario, cemento, etc.), el volumen de agua empleado en los ensayos, como así en el manejo del fuego (técnica de encendido, movimiento o rotación de brasas, acceso del combustible, incorporación de chimenea, correcto calce de ollas en recintos, etc.). Sin embargo, a pesar de las diferencias en los resultados y en las técnicas constructivas y de uso de las cocinas, se puede realizar una comparación entre ellas.

Para la etapa APf, el modelo OKOA-II se destaca como el más eficiente, hirviendo el agua en solo 22 minutos con un consumo de combustible de 168 g/l, lo que representa una eficiencia del 26%. Por otro lado, la cocina Martina también presenta un buen rendimiento, hirviendo el agua en 29 minutos y alcanzando una alta potencia de 22 kW. En contraste, el modelo Patsari es el de menor rendimiento en esta fase, siendo el más lento y el menos eficiente. En cuanto a la etapa APc, la cocina OKOA-II consolida su posición como la más eficiente, logrando hervir el agua en solo 12 minutos con una eficiencia térmica del 33% y el menor consumo de combustible (135 g/l). La cocina Martina también demuestra un excelente rendimiento, con un tiempo de ebullición de 19 minutos. En el lado opuesto, la cocina ONIL presenta el peor desempeño, siendo la más lenta con 62 minutos para hervir el agua y una eficiencia del 15%. Por su parte, la Patsari muestra una ligera mejora respecto a la fase anterior, pero sigue por debajo del resto de los modelos. Finalmente, en la fase BP la cocina OKOA-II lidera con la mayor eficiencia térmica, alcanzando un 25%. Por otro lado, la cocina Martina destaca por su alta potencia de 11 kW, lo que la hace ideal para cocciones que demandan un calor más intenso.

REFLEXIONES FINALES

Los resultados que se obtuvieron a través de la implementación del protocolo WBT versión 4.2.3 acerca del rendimiento de la cocina Martina vs. el rendimiento de un fogón tradicional confirman lo analizado empíricamente por la familia usuaria: efectivamente la cocina Martina permite un ahorro significativo de leña. Se pudo corroborar que en todos los casos la Cocina Martina alcanza más rápido el punto de ebullición del agua, lo que impacta a su vez en menor tiempo de cocción y mayor confort por parte de

los usuarios. También se logró apreciar que, un buen manejo del fuego la Cocina Martina permite un ahorro muy significativo de la leña, sobre todo para lograr el punto de ebullición de las ollas.

Sumado a estos resultados se encontró, que el uso de esta cocina logró reducir significativamente la contaminación directa del aire que llega al usuario de la cocina y habitaciones cercanas, propia de los fogones abiertos, debido a que el humo de la combustión logra salir de la cocina por la chimenea. Además, el confort a la hora de cocinar fue mucho mayor, ya que el usuario no se encuentra expuesto constantemente al fuego, se debe alimentar mucho menos el fuego para mantenerlo, no se está agachado a la hora de cocinar, entre otros beneficios.

A partir del desarrollo de este estudio y sumando a que el prototipo de cocina fue adoptado positivamente por la familia se puede afirmar que efectivamente la Cocina Martina cumple con sus dos principales metas a la hora de implementación: mejora el aire dentro de la cocina y reduce el consumo de leña.

Prospecciones a futuro

Se proyecta repetir el estudio con un mayor número de ensayos y sistematizando las formas de realizar el fuego a fin de cuantificar efectivamente la proporción de reducción de leña en función de las técnicas de uso del fuego. Además, uno de los próximos estudios en este prototipo podría ser el análisis de emisiones provenientes de la chimenea, cuya metodología para efectuar el mismo está incluida en el protocolo WBT, y disponiendo de los equipos de medición requeridos, sería posible efectuar este análisis. Además, se podría analizar el impacto del uso de la cocina en términos de calefacción del ambiente, evaluando la cantidad de calor que se acumula y cómo se trasfiere este calor al ambiente.

Por otro lado, la familia propietaria de cocina Martina está valorando realizar algunas adecuaciones que le permitan mejorar el uso cotidiano de la cocina. Algunas de las propuestas son cambiar la entrada o boca del fuego, ya que, al estar en constante contacto con este espacio, consideran que puede ser un riesgo y puede ocasionar accidentes. Desean colocar una parrilla más fina en el cenicero, esto para no perder las brasas y que puedan retirarlas y utilizarlas posteriormente para cocción de otros alimentos. Además, desde el equipo PEyGeT se evaluó que existe mucha energía en forma de calor que se disipa al ambiente por medio de la chimenea. Esta energía podría ser aprovechada, por ejemplo, para el calentamiento de agua por medio de un intercambiador de calor. Las adecuaciones que se desean realizar son fáciles de incorporar, y no requieren de la presencia de técnicos especializados. Se podría avanzar también con un estudio más sistemático de las percepciones de las familias usuarias sobre el ahorro de leña y otros beneficios asociados a esta tecnología, recolectando información valiosa para futuros desarrollos.

Por último, cabe señalar que la correcta apropiación y evaluación de este prototipo de cocina mejorada sienta las bases para la construcción de cocinas mejoradas en los hogares rurales de las familias de Comunidad Kondorwaira. De esta manera se comenzará a abordar la problemática in situ. Para poder desarrollar esta propuesta se deberá evaluar el uso de adobe y barro para las cocinas, debido a que los ladrillos implican una gran complejidad a la hora de trasladarlos a las zonas rurales de la comunidad. Queda claro que, a partir de este y otros trabajos, la implementación de cocinas de este tipo tiene un muy alto potencial de mejora de las condiciones de vida de las familias que habitan en los Cerros de Salta, así como en otros territorios.

REFERENCIAS

- Bailis, R., Berrueta, V., Chengappa, C., Dutta, K., Edwards, R., Maser, O., y Smith, K. R. (2007). Performance testing for monitoring improved biomass stove interventions: Experiences of the Household Energy and Health Project. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 57–70. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60400-7](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60400-7)
- Condori Alarcón, V. L., y Albarracín Dekker, J. (2016). *Evaluación ex post del proyecto “Mejorando la calidad de vida de la familia desde la cocina en el municipio de La Asunta del departamento de La Paz”* [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Universidad Mayor de San Andrés.

- Global Alliance for Clean Cookstove. (2014). *The water boiling test version 4.2.3: Cookstove emissions and efficiency in a controlled laboratory setting*. GACC. <https://cleancooking.org/protocols/>
- Grimsby, L. K., Rajabu, H. M., y Treiber, M. U. (2016). Multiple biomass fuels and improved cook stoves from Tanzania assessed with the Water Boiling Test. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 14, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.01.004>
- Loayza, M. R. (2009). *Manual para la construcción de cocinas mejoradas Malena*. Cooperación Técnica Alemana – GTZ, Programa de Desarrollo Agropecuario.
- Manrique, S. M., Mosconi, L., Subelza, C., y Honorato, M. (2023). Capítulo III: Biocombustibles sólidos en S. M. Manrique, C. Binda, A. Salvo y B. Balderrama (Eds.), *Usos y aplicaciones energéticas de la biomasa: Hacia una bioeconomía circular*. Guía científico-técnica (pp. 57–89). CYTED Ediciones.
- Medina, P., Berrueta, V., Martínez, M., Ruiz, V., Edwards, R. D., y Masera, O. (2017). Comparative performance of five Mexican plancha-type cookstoves using water boiling tests. *Development Engineering*, 2, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2016.06.001>
- Olaya, B. (2017). *Una aproximación a la reducción de la contaminación intradomiliar a través de la mejora de la habitabilidad básica* [Tesis de maestría, Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano]. <https://oa.upm.es/47462/>
- Pérez Domínguez, K. M., y Belmonte, S. (2022). ¿Y vos, creés en la pachamama? Naturaleza(s) otra(s) y saberes locales: Una aproximación a las relaciones socio-naturales y cosmovisión de la comunidad originaria kolla Kondorwaira. *Revista Ra Ximhai*, 18(6 Especial), 15–42. <https://doi.org/10.35197/rx.18.06.2022.01.kp>
- Pérez Domínguez, K. M., y Belmonte, S. (2024). Arriba están los cerros y abajo la ciudad: Categorizaciones locales y construcción territorial de una comunidad originaria kolla en la provincia de Salta. *Huellas*, 28(2), 68–87. <https://doi.org/10.19137/huellas-2024-2819>
- Troncoso, K., Smith, K. R., Tagle, M., Galeano, A., Torres, R., y Soares da Silva, A. (2018). Afecciones respiratorias por el uso de leña y carbón en comunidades de Paraguay. *Pediatría (Asunción)*, 45(1), 45–52. <https://doi.org/10.31698/ped.45012018006>
- Vicente, E. D., Figueiredo, D., y Alves, C. (2024). Toxicity of particulate emissions from residential biomass combustion: An overview of in vitro studies using cell models. *Science of the Total Environment*, 927, 171999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171999>

CONSTRUCTION AND EVALUACIÓN OF AN IMPROVED STOVE FOR SALTA’S HILLS

ABSTRACT: This article reports on the design, evaluation, and adoption of a prototype improved wood-burning stove called “Cocina Martina,” developed for use in the Cerros de Salta region. The technology addresses challenges associated with traditional open-fire stoves commonly used in local household kitchens, which are linked to health concerns and high wood consumption. The study evaluates the stove’s performance in terms of wood consumption using a Water Boiling Test, measuring parameters such as water boiling time, specific wood consumption, cooking efficiency, and fuel efficiency. The same test was conducted on a traditional open-fire stove for direct comparison. Results indicate that the Cocina Martina reduces wood usage relative to the traditional method, as reflected by the experiences of user families after one year of prototype use. The technology is designed to meet its primary objectives and may be suitable for replication in the Cerros de Salta region and other rural contexts.

Keywords: Wood-based improved stove, WBT methodology, adopted technology.