

## CAJA TÉRMICA DE BASE CIRCULAR TRANSPORTABLE EN MULA: DESARROLLO, CONSTRUCCIÓN Y USO EN ZONA DE MONTAÑA

Bailey.J<sup>1</sup>., Esteves A<sup>1</sup>., Raimondo E<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INAHE- Av. Ruiz Leal s/n – Parque General San Martín (C.C. 131) 5500 Mendoza - Argentina  
Tel.: 54-261-5244309/10 – [jbailey@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:jbailey@mendoza-conicet.gob.ar); [aesteves@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:aesteves@mendoza-conicet.gov.ar)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza

*Recibido 07/08/16, aceptado 08/10/16*

**RESUMEN:** Las expediciones de montaña requieren del transporte de energéticos como gas licuado (GLP) o leña para realizar las cocciones diarias necesarias para la ingesta de alimentos. La posibilidad de utilizar cocción energéticamente eficiente lo da el uso de cajas térmicas, que permiten completar cocciones, reduciendo el consumo energético y conservando todas las propiedades organolépticas de los alimentos. Se presenta el diseño, construcción y evaluación de una caja térmica de base circular. La misma además se adapta al transporte en mulas, medio utilizado en gran parte del mundo en alta montaña. Adicionalmente se realiza la comparación térmica y económica de la caja de base circular con la caja de base rectangular, llegando a la conclusión de que la primera mantiene 4°C más que la segunda luego de transcurrido 1 hora, tiempo necesario para realizar las cocciones. Además tiene un costo similar a la caja rectangular y resulta más resistente para su transporte.

**Palabras clave:** caja térmica, olla bruja, cocción en montaña.

### INTRODUCCIÓN

En zona de alta montaña, el transporte de cargas se realiza habitualmente mediante mulas, las que se cargan con albardas y cinchan para asegurar la carga. En ese contexto cada año se realiza la réplica del Cruce de Los Andes por donde pasó de ida (Paso “Los Patos”, San Juan) y de retorno (Paso “Los Piuquenes”, Mendoza) el General San Martín en la gesta libertadora de América del Sur.

Por otro lado, cada año más personas se suman a ingresar al Parque Aconcagua con el fin de hacer trekking hasta Confluencia (3300 msnm), Plaza Francia (4000 msnm), Plaza de Mulass (4300 msnm) o hacer cumbre en el Aconcagua (6962 msnm). En este último caso las personas permanecen 14 días, en los primeros casos entre 2 y 7 días, dependiendo de la expedición y el lapso de aclimatación de sus cuerpos ante la falta de oxígeno y ambiente de alta altitud.

En ambos casos, los medios de cocción se realizan transportando el combustible necesario que consiste en garrafas con gas licuado de petróleo – GLP o leña. Los mismos son transportados por mulas, dada su adaptación a las pendientes, fuerza, resistencia a enfermedades, al clima riguroso y su habituación a zonas con poca disponibilidad de comida.

Otra práctica frecuente para abastecerse de energía es el uso de leña encontrada en la zona, en el área del Paso Piuquenes, es común el uso de la raíz de la planta de la Yareta (*Azorella compacta*) para realizar fogones. La misma posee un alto poder calorífico pero con poca cantidad de brasas, por lo cual es necesaria mucha cantidad de raíces para el calentamiento humano como para la cocción de alimentos y hervido de agua para beber. Esta especie presenta individuos que datan de miles de años, por lo que cada una demora muchos años en desarrollarse y acumular biomasa útil, dada su baja tasa de crecimiento. A lo largo de las décadas el uso de esta especie se ha agravado e intensificado el proceso de desertificación. En la Figura 1 se puede observar el detalle de un individuo y a la Yareta en su hábitat natural en alta montaña.



Figura 1: a) vista de la extensión de la yareta en campamento del “Real de la Yareta”, comienzo del Cruce de los Andes por Paso Piuquenes b y c) Yareta (*Azorella compacta*).

Desde hace años, se viene recreando el Cruce de los Andes por los pasos donde cruzó el ejército sanmartiniano en su campaña libertadora. Se realiza en ese caso cocciones para el grupo que recrea tal situación. En esta campaña, el cruce se realizó por el Paso Piuquenes, que parte desde El Manzano Histórico, Tunuyán, Mendoza.

Cocinar a diario (sobre un anafe o fuego) involucra un largo período de tiempo para una gran cantidad de preparaciones, como aquellas que involucran legumbres, granos, vegetales duros y carnes. El tipo de cocción que se realiza durante estas expediciones consiste en: arroz, pastas, sopas, carbonada, polenta, risotto, cous-cous, puchero, guiso, arroz con pollo, humita y carnes. La cantidad de energía necesaria para realizar estas cocciones se puede reducir en un gran porcentaje por medio de la cocción con cajas térmicas, llegando a cifras de un ahorro entre 50% y 70%, dependiendo de la fuente con la que se calienta inicialmente (gas, leña u horno solar) (Esteves et al., 2014).

La caja térmica se basa en el principio de conservación de energía, constituyéndose en una barrera que frena la transferencia de calor por conducción (un material aislante térmico) y por radiación (posee una barrera radiante para frenar la transmisión de energía infrarroja). Por lo tanto, la construcción de la caja se basa en el propósito de “mantener” el calor que tiene la olla, sin permitir que se produzca excesiva transferencia hacia el objeto más frío (en este caso el ambiente exterior).

Las ventajas del uso de las cajas térmicas se pueden enumerar como (Saravia et al., 1999; Esteves y Mercado, 2004):

- El proceso de cocción se realiza con un significativo descenso de las pérdidas térmicas hacia el exterior respecto a los métodos que utilizan la olla en contacto directo con el aire ambiente.
- La caja se puede utilizar en una cocina dentro de la vivienda, por lo que la cocción se asemeja mucho más al proceso tradicional, facilitando la adopción del nuevo sistema.
- Posee un funcionamiento independiente de la situación climática diaria
- Permite una cocción completa en tiempos similares a los del horno u hornalla.
- Es posible integrar diversas fuentes de calentamiento en la misma caja, con lo que se puede aumentar la agilidad de la cocción y trabajar con mejor eficiencia energética.
- Al cocinar en la caja, no se debe estar constantemente mirando que la preparación no se queme a la olla, ni que se pegue.
- Las comidas que se pueden cocinar en ella son variadas: guisos, fideos, vegetales, legumbres, carnes. Las preparaciones en general a realizarse son todas las que sean en base a líquido (agua, leche, salsa, caldo)
- Es posible manejar grandes cantidades de comida, como ocurre en el caso de los comedores donde el uso de ollas entre 20 y 40 litros es común. En esos casos la caja permite utilizar la olla en forma estacionaria. Para aportar la energía solar en el caso de cantidades grandes de comida no es necesario instalar un concentrador único de tamaño grande, sino que se pueden utilizar varios más pequeños, cada uno de los cuales realiza su aporte energético a la caja.
- Su construcción es de bajo costo

Si bien existen otros métodos para lograr una cocción con bajo consumo de combustible, como por ejemplo: una olla con comida, previamente llevada a ebullición, se coloca en un pozo en la tierra y se cubre con paja y tierra y de esta manera se cocina con el calor retenido en la preparación. La aislación de paja permite una disminución lenta del calor conductivo, para lo cual pueden utilizarse otros materiales también: plumas, aserrín, trapos, lana y trozos de papel que son materiales aislantes que cumplen la misma función (solarcooking, 2016).

En la versión construida en Enero de 2016 para el Cruce de los Andes se propuso la utilización de una caja térmica de base circular con capacidad para ollas de hasta 5 litros. Si bien pueden utilizarse diferentes materiales (Esteves, 2013), se prefirió la utilización en base al poliestireno expandido para la cual Mercado indica la secuencia de armado (Mercado, 2013). Se pensó en materiales que influyeran de manera positiva en conferirle rigidez a la caja sin aumentar su peso.

En la Figura 2 se puede observar el transporte de la caja de base circular en el Cruce de los Andes.



*Figura 2: Transporte de caja circular desde el Real de La Yareta al Real de la Cruz, Cruce de los Andes por Paso Piuquenes*

En la Figura 3 se puede observar las diferentes situaciones en las que se transportó la Caja Térmica y cómo se lo hizo en las albardas de las mulas. La carga se debía preparar varias horas antes de la partida en cajones de plástico con todos los elementos envueltos en papel de diario y la caja térmica en tacho de plástico o envuelta con mantas para evitar suciedad y marcas producidas por el cinchado. Se puede observar que son varias las ocasiones donde la caja debe ser cargada y descargada del lomo de la mula, por lo tanto, su forma adaptada a una mayor comodidad, practicidad y seguridad resulta fundamental para no deteriorarse.



*Figura 3:*

- a) Transporte de carga desde el Portillo Argentino hasta el Real de la Cruz.*
- b) Mula y su carga en el Real de la Yareta*
- c) Preparación de carga en el Real de la Cruz*
- d) Descenso de mulas cargueras y caballos silleros del Portillo Argentino*
- e) Preparación de carga en el Real del Gauchito*
- f) Ascenso con mulas cargueras al Portillo Argentino.*

Tomando en cuenta que si bien existe la posibilidad de reforzarla mediante elementos metálicos o de madera por el exterior para evitar este deterioro, también esto aumentaría el peso adicional para la mula, lo cual es crucial al organizar las cargas.

Por lo tanto, se presenta en este trabajo la construcción y evaluación de uso de una caja térmica de base circular de la capacidad necesaria, adaptada al transporte mediante mulas, que permite el cinchado sin deformarse y a la vez de costo similar a la caja rectangular. Se estudia adicionalmente la comparación térmica entre la caja térmica de base rectangular y de base circular.

## **FABRICACIÓN DE CAJA TÉRMICA**

No son muchos los trabajos en referencia a cajas térmicas (en inglés “heat retention box”). En India se llevó a cabo un estudio por Vandana Kaushik (Kaushik., 2010) para evaluar el rendimiento de la caja térmica en la cocción de arroz, que es el principal alimento en este país. Los resultados mostraron que la caja térmica (realizada con planchas de paja prensadas de 20cmx20cmx20cm y de 10cm de espesor) podía tanto cocinar el alimento como mantenerlo caliente dentro de un margen de temperaturas seguras por más de seis horas.

En la Conferencia mundial de cocción solar y procesamiento de alimentos, llevada a cabo en Milano en 1999, se hizo una pequeña mención a la caja térmica, recomendando su uso combinado con el horno solar para terminar cocciones.

En trabajos a nivel nacional Saravia propone el uso de una cocina solar compuesta de concentradores, acumuladores sólidos móviles y una caja térmica diseñada con el fin de facilitar la cocción a partir de los acumuladores sólidos. Este sistema tiene por objeto completar la cocción de volúmenes grandes de comida, como el que ocurre en el caso de escuelas albergues o comedores de centros comunales en regiones aisladas. La caja fue utilizada para calentar una olla de 20 litros, con una altura y diámetro de 32 cm y con una aislación de lana de vidrio de 5cm de espesor (Saravia et al., 1999).

Ya se ha demostrado su efectividad en la cocción de cantidades reducidas, como para una familia, en el trabajo publicado por Esteves (Esteves., 2013). En Mercado y Esteves 2004 se plantea la posibilidad de llevar este elemento a comedores escolares realizando mediciones y pruebas de adaptación a la problemática vinculada a los costos de cocción de gran cantidad de comida. Presentaron un diseño de una caja térmica que permite la cocción de cantidades de comida (20 kg a 40kg) y las temperaturas obtenidas en función del tiempo que se midieron a partir de ensayos experimentales que permitieron optimizar el sistema y a partir de allí evaluaron el ahorro incurrido en el uso del combustible.

El trabajo presente se hace uso del modelo presentado por Esteves orientado a cocciones para un grupo de personas limitado y utilizando los materiales propuestos en el mismo trabajo (Esteves, 2013). Esta caja ha mostrado un muy buen rendimiento y diferentes personas que han asistido a los talleres de construcción, así como investigadores, han desarrollado diversas terminaciones relativas a la estética (forrado con papel autoadhesivo de diversos colores, cartapesta, cartón prensado y diversas manijas o perillas).

a) *Caja térmica de base rectangular*

La Fig. 4 muestra las distintas partes de las que se compone la caja térmica rectangular

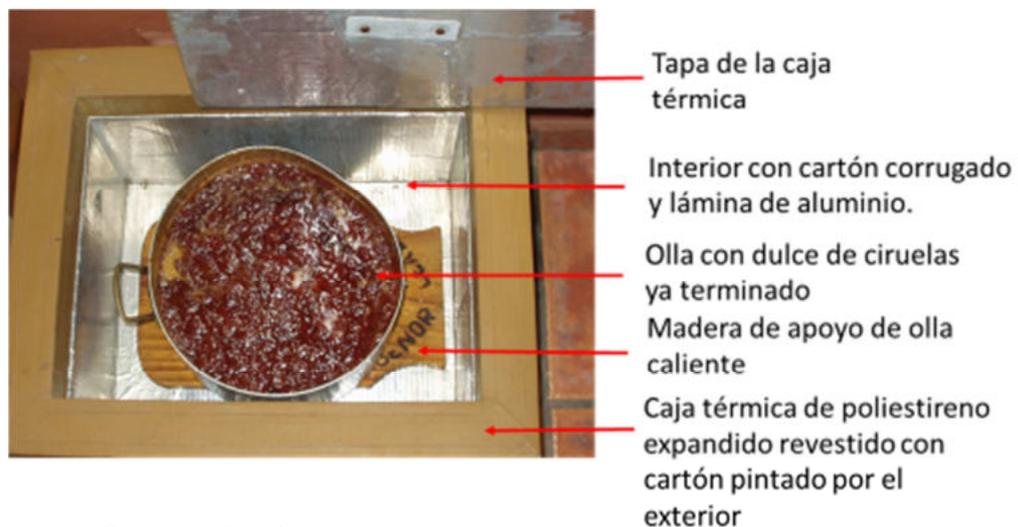
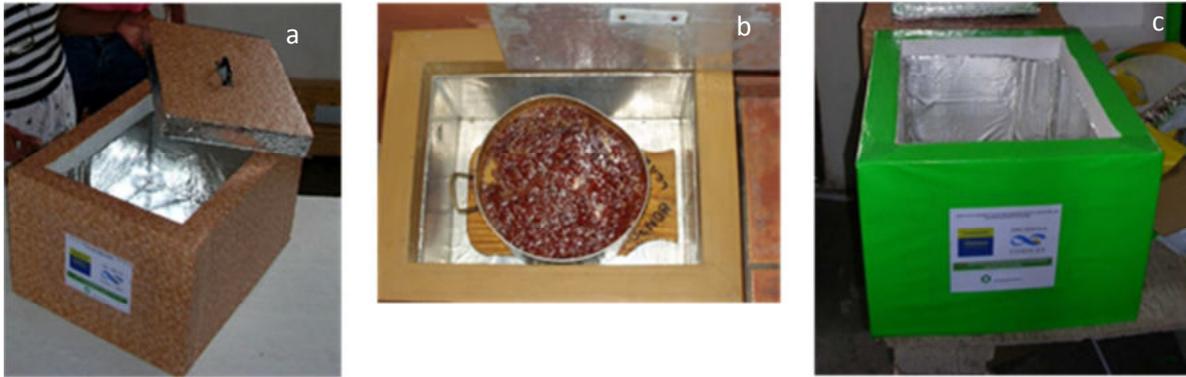


Figura 4: *Caja Térmica Rectangular y sus partes*

Materiales necesarios para la construcción de la Caja Térmica Rectangular:

- 6 planchas de telgopor (poliestireno expandido) de 30cmx40cm y 5cm de espesor
- Papel Aluminio (240cm de largo x 30cm de ancho aproximadamente, para forrar las 6 caras internas)
- Cartón corrugado (240cm de largo x 30cm de ancho aproximadamente, para forrar las 6 caras internas)
- Pegamento apto para telgopor (sin tolueno) Cantidad necesaria para pegar los lados del telgopor y el cartón y aluminio)
- Manija o perilla para la tapa.
- Papel autoadhesivo u otro tipo de material para la terminación exterior.

La Caja Térmica (Figura 5) utilizada por el grupo de investigación del Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía es:



*Figura 5: Cajas Térmicas tradicionalmente usadas por el grupo de investigación con terminaciones de cartón prensado (con dulce de ciruelas en su interior) (b) y papel contact (a y c)*

Esta caja presenta muy buenos resultados, pero su tamaño, con un largo de 50 cm y altura de 30 cm hace que su transporte sea un poco dificultoso, especialmente para trasladar a lugares a los cuales solo se llega con tracción a sangre, como mula o caballo.

*b) Caja térmica de base circular*

Teniendo al tamaño como principal concepto a modificar, se desarrolló una caja térmica circular, cuyos materiales son:

- 1 Plancha de poliestireno expandido de 5 cm de espesor, de 140 cm x 30 cm
- 2 discos de poliestireno expandido de 32 cm de diámetro.
- Papel de aluminio 200 cm x 30 cm (para forrar la cara interna del círculo y los dos discos de base y tapa)
- Cartón corrugado 200 cm x 30 cm (para forrar la cara interna del círculo y los dos discos de base y tapa)
- Poliuretano expandido cantidad necesaria para rellenar los calados (1 aerosol de 750 ml aproximadamente)
- Pegamento apto para telgopor (sin tolueno), cantidad necesaria para pegar los lados del telgopor, cartón y aluminio)
- Manija o perilla para la tapa.
- Papel autoadhesivo u otro tipo de material para la terminación exterior.

Cabe destacar que la superficie exterior de la misma, resulta de  $0,94 \text{ m}^2$ .

*Armado de la caja de base circular*

Dado que no existen en el mercado recipientes circulares que se adapten al uso planteado en este trabajo, se fabricó el cilindro de poliestireno expandido a partir de una plancha rectangular de 140 cm. La misma se “cala” para permitir eliminar parte del material y poder “curvar” la plancha para lograr el cilindro. Recordemos que el mismo posee un diámetro exterior de 41cm e interior de 31cm.

El calado se realiza con una planchuela de acero de 2” x 1/8” que se calienta con soplete y esto permite el calado de la plancha generando el entramado mostrado en las Fig. 6. Posteriormente se forma un cilindro (Figura 7) de diámetro interior un poco mayor que el diámetro de la olla.

Adicionalmente se colocó poliuretano expandido que rellena las ranuras y le confirió mayor rigidez, así como mejora la aislación térmica.

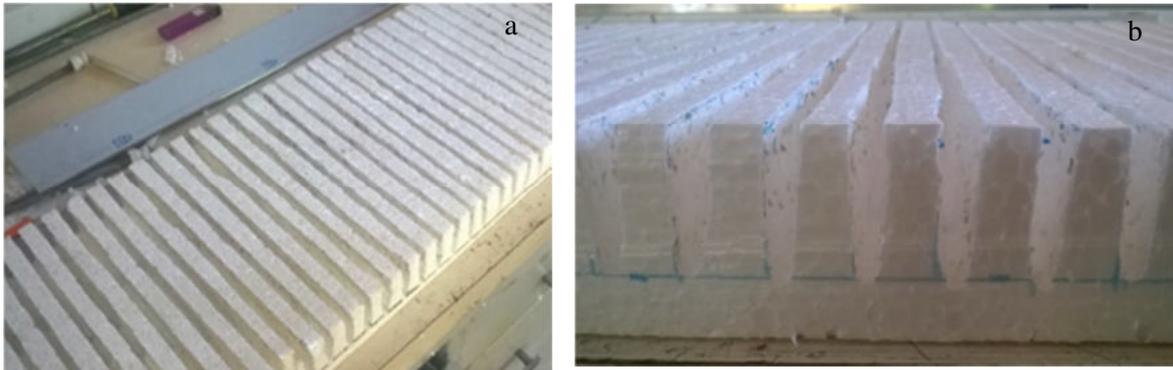


Figura 6: a) y b): Plancha rectangular de 1,4 m de largo x 0,3 m de ancho con las caladuras; b) vista de las caladuras de 1 cm de espesor.

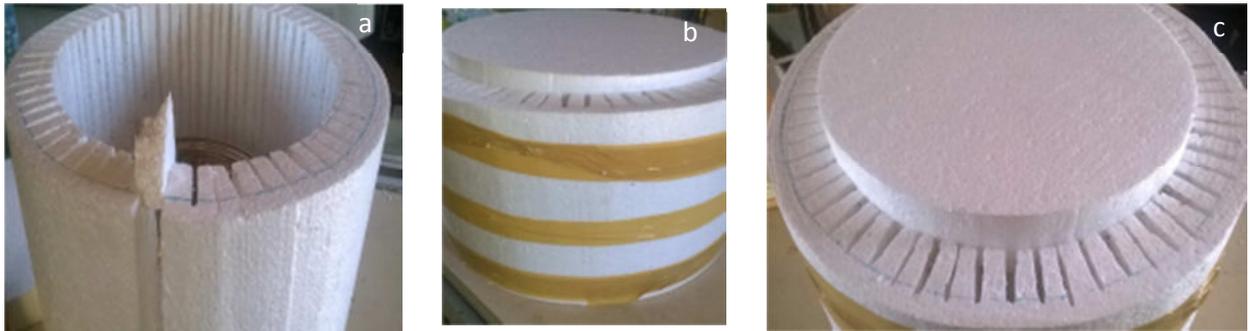


Figura 7: a), b) y c): cerrado de la plancha para formar el círculo, alistado de la tapa y secado sujetado con cinta adhesiva.

Cabe destacar que la superficie exterior de la misma resulta de  $0,65 \text{ m}^2$ , superficie significativamente menor que la superficie de la caja térmica rectangular. .

#### *Manejo y Utilización*

Como fue descrito en el trabajo de Mercado y Esteves (2004), el uso de la caja caliente es simple. Se debe dejar que la comida llegue a la temperatura de ebullición y luego de cinco a diez minutos, pasar la olla a la caja caliente para que allí prosiga con su cocción.

La energía que se aplica en la hornalla es solo la que se necesita para mantener el punto de ebullición; una vez que se llega al mismo, se continúa la cocción en la caja térmica por conservación energética.

La olla se debe colocar sobre una madera o pequeñas maderas de 10cm x 1cm aproximadamente para evitar el sobrecalentamiento y destrucción del poliestireno.

El tiempo que la olla está en la caja térmica es directamente proporcional al ahorro en consumo de gas licuado o leña. Los tiempos de cocción en la caja térmica varían según el tipo de alimento o preparación: varían de 20 minutos a 5 horas.

La mayoría de las verduras, fideos, arroz y papa puede cocerse directamente hasta la primera ebullición. Las legumbres es preferible que sean previamente remojadas durante 8 horas y se mantengan unos 15 minutos en ebullición antes de colocarlas en la caja caliente. Sin embargo, si no se remojan previamente, podría dejarlas un tiempo más prolongado. Hay que tener en cuenta que conviene dejar pasar un poco más de tiempo respecto de la cocción directamente en la hornalla.

### **ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO**

Los ensayos han sido realizados midiendo el tiempo de enfriamiento de la Caja Térmica tradicional y la Caja Térmica circular. Ambos ensayos se realizaron con la misma olla y con una carga de 2 litros de agua.

Se realizó la medición del descenso de temperatura en el lapso de 22 horas en ambos casos.

Se midió, cada minuto, las diferencias de temperatura de agua de la olla, el aire exterior y del ambiente de la caja.

- 1) La Figura 8 muestra las diferencias de temperatura del agua de la olla en ambas cajas, en un registro de 22 horas. La temperatura de la olla de la caja térmica circular tiene un descenso más paulatino de la temperatura.

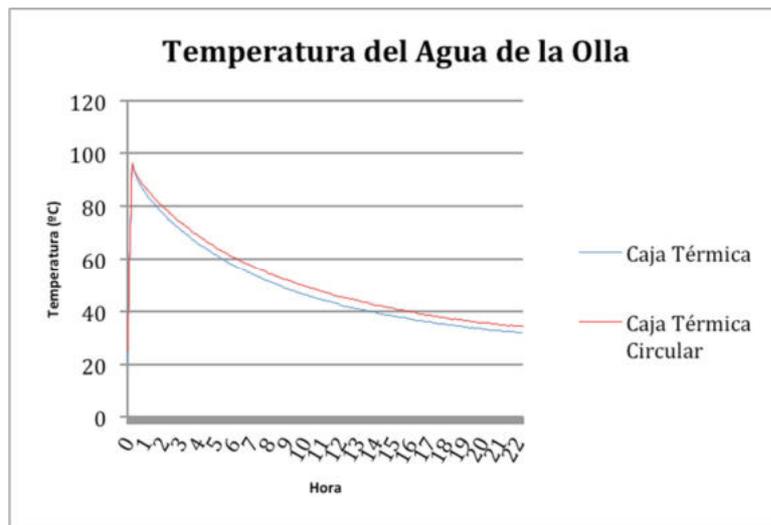


Figura 8: Temperatura del Agua de la Olla en ambas cajas térmicas

En la Figura 9 se observa con más detalle el comportamiento de la temperatura de ambas ollas en un tiempo de 3 horas. Como se puede observar el descenso es más paulatino en la caja térmica circular, pasando por diferencias de 2 a 5°C. Es de destacar que éste tiempo de 3 h cubre las necesidades de cualquier cocción, salvo aquellas de mayor demanda como son los matambres y la elaboración de dulces, pero como se puede observar las temperaturas se mantienen en valores por encima de 60° durante 6 a 7 h.

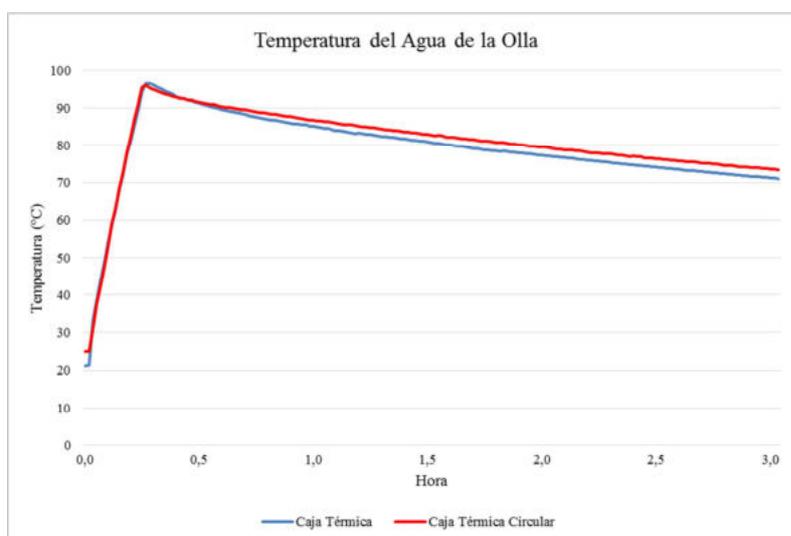


Figura 9: Temperatura del Agua de la Olla en ambas cajas térmicas

La Figura 10 muestra la evolución de la temperatura del aire dentro de la caja caliente. Como puede observarse, el ambiente se enfría muy lentamente, manteniendo al cabo de 4 horas una temperatura cercana a los 60°C en la circular y de 55°C en la tradicional.

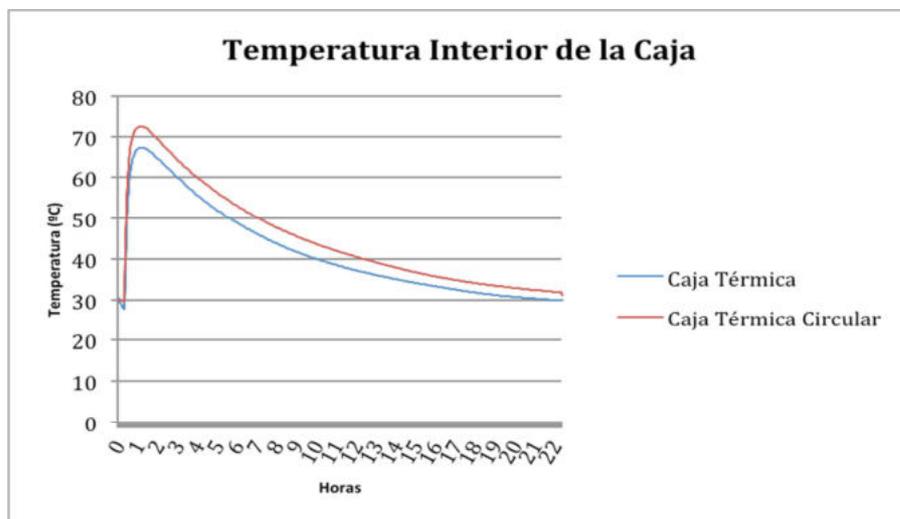


Figura 10: Temperatura del ambiente interior de las Cajas Térmicas

## CONCLUSIONES

La caja térmica de base circular presenta un comportamiento térmico levemente mejor que la de base rectangular, y sumado a ello presenta una forma fácilmente transportable y adaptable también a ollas de 5 litros.

El modelo es fácil de replicar sin conocimiento previo y con un costo de materiales menor en cantidad lo que significa menor peso, dimensiones y pérdidas térmicas.

La incorporación de poliuretano expandido le confiere mayor rigidez, a diferencia de las cajas de telgopor cuando no están recubiertas y protegidas en el exterior.

Esta caja fue utilizada para realizar el “Cruce de los Andes”, transportada en una mula en albarda y cinchada con sogas. La caja no se deformó ni partió, a pesar de la fuerza empleada en su ajuste para que no se moviese en el trayecto en el cruce y permitir mantenerse frente a vientos de moderados a fuertes que suelen correr en la zona.

Con respecto a las cocciones, se pudo realizar pastas, guisos, sopas, polenta, humita y carbonada, permitiendo un ahorro significativo en el uso del combustible para cocción y a la vez, se demostró un muy buen rendimiento térmico en las cocciones realizadas con temperaturas exteriores muy bajas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la nación por subvencionar parcialmente el trabajo de investigación.

## REFERENCIAS

Esteves A. (2013). Caja Caliente para completar la cocción de alimentos. [www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv](http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv) – biblioteca. Fecha consulta: 07/2016.

Esteves A., Ganem C. y Mercado M.V. (2014) Energy Conservation and Solar Energy Use for Cooking -Impact of Its Massive Adoption in the Arid Zone of Argentina. International Journal of Architecture, Engineering and Construction. 3, 1, 44-56.

Kaushik V. (2010). Designing fireless cooker of indigenous insulation material for better heat retention. Journal of Human Ecology, 30 (2): 99-104. India.

Mercado M.V. (2013). Armado de Olla Bruja. [www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv](http://www.mendoza-conicet.gob.ar/lahv) – biblioteca. Fecha consulta: 07/2016.

Mercado M.V. y Esteves A. (2004). Tecnologías para la conservación de energía en cocción de alimentos. Caja caliente para comedores comunitarios y/o escuelas rurales. Vol.8, N°2. Pp. 55-60.

Saravia L.R., Cadena C., Suárez H. y Fernández C. (1999). El uso de la “Caja Caliente” en los procesos de cocción solar y las alternativas para su calentamiento. Revista AVERMA. Vol III, N°2.

Solar Cooking. 2016. <http://solarcooking.org/heat-retention/ret-heat.htm>. Consultada 04/08/2016

Seifer D. (1999). Offprint Proceedings International Conference World solar cooking and food processing -Strategies and Financing Varese, World Solar Academy, Milano Proposals for a Global Solar Cooker Programme.

**Title: DEVELOPMENT, CONSTRUCTION AND USE OF ROUND BASED HEAT RETENTION BOX, ADAPTED TO BE TRANSPORTED BY MULE IN HIGH MOUNTAIN**

**Abstract:** Mountain expeditions require transport of fuels, such as liquefied gas or firewood, to cook meals for the expeditioners. Heat retention box (HRB) allows finishing cooking meals by using energy efficient materials, reducing the total consumption of energy and preserving all its organoleptic qualities. In this article we present the design of a round based HRB, its construction and thermal evaluation. This box adapts to being transported in High Mountain by mules, which are the most used animal for transport of goods and equipment in most of the mountains in the world. In addition, we have compared its thermal performance and its cost compared to the traditionally used rectangular based box. Results show that the round based box keeps 4°C more than the second one after 1 hour, which is the time needed for cooking most meals. Furthermore, the cost is similar to the rectangular one and is more resistant to transport.

**Keywords:** Heat Retention Box, Low Cost Fireless Cooker