

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CAJAS TERMICAS EN FUNCION DE LA CARGA Y SU RENDIMIENTO EN EL TIEMPO

A. Esteves, N. Quiroga, F. Buenanueva, D. Orduna
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA CCT CONICET Mendoza
Av. Ruiz Leal s/n – Parque Gral. San Martín
C.C. 131 - 5500 Mendoza – Argentina – Tel.: 0261-5244309/4338
e-mail: aesteves@mendoza-conicet.edu.ar

RESUMEN Se presenta el estudio de los aspectos cualitativos y cuantitativos de cajas térmicas que han sido construidas por el Microemprendimiento de Carlos Luna en Mendoza, Argentina. Una tiene 3 años de uso, y la otra es una caja térmica nueva con la tecnología utilizada en este momento, la que ha variado levemente respecto de aquélla. Se presentan los resultados del análisis cualitativo del estado de las diferentes partes de la misma: aspecto exterior, reflejante interior y ajuste de la tapa. Además se han realizado ensayos de la respuesta térmica para distintas cantidades de carga de masa y también de la respuesta entre ellas. Se observa que entre la nueva y la usada 3 años, una variación de 1°C de la temperatura de la carga, aparece luego de 200 minutos desde la colocación de la olla en ebullición. Además para pequeñas cantidades de masa, tal como 1 o 2 kg de carga, la variación térmica implicaría no poder cocinar totalmente alimentos como legumbres o verduras duras, requiriendo en estos casos de una mayor aislación térmica o colocar un nuevo ciclo de calentamiento en la caja o terminar en hornalla la cocción.

Palabras clave: cocción de alimentos, conservación de energía, mantenimiento, durabilidad de materiales.

INTRODUCCIÓN

Las personas del área rural del Centro-Oeste de Argentina, consumen energía proveniente fundamentalmente de la leña y del gas envasado en las zonas fuera del alcance de la red de gas natural. El origen de la leña es la poda anual de frutales y vides en zonas de oasis o de bosques de especies nativas, fundamentalmente algarrobo, en zonas de secano. Esta energía la utilizan para cocción de alimentos, horneado de panes, lavado de ropa y calentamiento de agua para aseo.

En el caso del gas envasado, utilizado para cocción, el costo de la garrafa de 10 y 15 kg tiene un valor que se triplicó durante la crisis económica del año 2001 y continúa en aumento, a causa de la crisis energética, donde a las empresas productoras les conviene exportar que vender a un precio menor. Existe la garrafa social que según la ley 26020 tiene precio promocional para la venta de GLP y crea un fondo fiduciario para atender a estas necesidades, así como atender la ampliación de la red de gas natural en zonas inexistentes.

El uso de los recursos y el nivel de contaminación provocado por el mundo humano han sobrepasado el límite de sustentabilidad, a pesar del mejoramiento de la tecnología, de una mayor concientización y de políticas ambientales más severas. En Sapiña, 2006 se enfatiza que la solución de los problemas ambientales requiere un cambio de paradigma en el cual, se trata de humanizar el sistema económico, de forma que el ser humano pase así a ocupar un lugar central, tendiendo siempre hacia el desarrollo sustentable.

La sustentabilidad energética es el desafío presente. Cada comunidad debe usar la energía eficientemente y hacer uso de las energías renovables disponibles en el lugar. Es importante introducir y expandir la tecnología y hábitos para hacer a los sistemas sociales más controlables por las personas mismas, de manera que la vida no dependa de fuentes no renovables (De Juana y Santos, 2007). Con el aumento del precio del petróleo (a más de US\$ 100/barril) es claro que el acceso a los recursos no resultará equitativo y los que padecerán son los que se encuentran más lejos de los centros de aprovisionamiento. En este sentido, ya se ha instaurado un debate respecto del cultivo de energéticos para generar biocombustibles a partir de oleaginosas, pero esta solución atenta contra la producción de alimentos a costos moderados.

Utilizar la energía solar sería estratégico para nuestro país, para las personas de bajos recursos cuya vida depende fundamentalmente del consumo de gas envasado o leña, tanto para calefaccionar la vivienda, calentar agua y/o cocinar. O que contando con la instalación de gas natural, su situación ya sea de desempleo o disminución de la calidad del empleo, tienen una situación difícil de mantener con una calidad mínima (Esteves y otros, 1999).

Cuando no está disponible la energía, las personas se encuentran frente a la imposibilidad de cocinar alimentos que son estratégicos para su nutrición: fundamentalmente cereales y proteínas. Según Albino, 2011 *“La formación del sistema nervioso central está determinada en los primeros 2 años de vida. Si durante este lapso el niño no recibe la alimentación y estimulación necesarias, se detendrá el crecimiento cerebral y el mismo no se desarrollará normalmente, afectando su coeficiente intelectual y capacidad de aprendizaje; corriendo el riesgo de convertirse en un débil mental. Este daño afecta a toda la sociedad ya que la principal riqueza del un país reside en su capital humano, y si éste está dañado, ese país no tiene futuro”*.

Con el descubrimiento del petróleo, la idea de conservar energía para cocción fue disminuyendo y prácticamente no fue utilizado hasta fines del siglo 20, en que su uso comenzó a extenderse dada sus posibilidades para gente del área rural, permitiendo disminuir los consumos de leña y con ella los problemas que implica utilizarla (largas jornadas de acopio y acarreo que ocasionan dolores, lumbalgias, heridas; cocinar en un ambiente con humo que ocasiona lloriqueo de los ojos y alergias; desertificación del lugar, que genera espacios cada vez mas amplios sin cubierta vegetal sometido al deterioro por el clima y así una serie de factores importantes que pueden ser disminuidos utilizando el horno solar y/o la caja térmica. (Serrano, 1991).

Desde Mendoza, en INCIHUSA-CONICET hemos realizado un diseño de una “Caja Térmica”, también llamada popularmente “olla Bruja”, o “caja caliente” a través de la cual, se permite la terminación de los alimentos, insumiendo una cantidad de energía mucho menor que si fueran cocinados en la cocina a gas. Además el desarrollo del artefacto permite su armado por copia en forma sencilla y/o su armado en talleres comunitarios. En éstos, las personas se entrenan en los conceptos tales como transferencia de calor, aislaciones térmicas, materiales reflectivos, etc., temas que pueden aplicar luego en sus viviendas para mejorar su situación térmica. También se ha diseñado una caja térmica para comedores infantiles, cuyas consideraciones se presentan en una publicación anterior (Mercado et al., 2004).

A través de estos talleres es que se ha transferido la tecnología a cerca de 800 familias. Una de ellas, el Sr. Carlos Luis Luna, ha tomado esta tecnología y ha generado un microemprendimiento productivo de fabricación de cajas térmicas, las cuales fabrica bajo encargo.

El tiempo que debe permanecer la comida dentro de la caja para completar las cocciones, son variables dependiendo del tipo de comida que se trate. La Tabla 1 muestra los valores indicativos tanto del calentamiento en ebullición, como del tiempo posterior que debe permanecer la comida para lograr la cocción completa del alimento.

Comida	Tiempo en Ebullición [min]	Tiempo en Caja Térmica [min]
Puchero	7	60
Verduras duras: papas, zanahorias	7	50
Verduras blandas: acelga, cebolla, chauchas	2	20
Sopa verduras	5	40
Sopa fideos	2	25
Fideos tallarines	2	30
Guisos en general	5	60
Polenta	2	30
Computas	5	25
Legumbres	10	90
Matambre	15	180
Mermeladas (variable)	15	180-240

Tabla 1: tiempo de calentamiento en ebullición y posterior permanencia en la caja térmica para completar la cocción.

Estos tiempos son indicativos, en rigor pueden variar conforme a la cantidad de masa térmica incorporada en la caja térmica. Esto es así porque mientras mayor es la cantidad de masa incorporada, la disminución de su temperatura en función del tiempo será menor y menor entonces el tiempo que demore la cocción.

En el presente trabajo se presentan los resultados del tiempo empleado para cocción en cajas térmicas en función de la cantidad de masa incorporada, y además se presenta también la disminución del rendimiento en función del tiempo de uso comparando una caja nueva con una utilizada ya desde hace 3 años.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Con el objeto de poder cuantificar el resultado de la utilización de las cajas térmicas en el tiempo, hemos tomado dos cajas térmicas y se han ensayado. La Figura 1 muestra las fotos de cada una de ellas. Una corresponde a una caja térmica que tiene 3 años de uso y la otra corresponde a una caja térmica nueva.

Se han realizado dos tipos de ensayo. Por un lado, la relación entre la temperatura y el tiempo para cada carga de masa y el otro ensayo la relación temperatura-tiempo para cada una de las cajas térmicas.

El primero de ellos es para tomar en cuenta hasta qué carga se tiene posibilidades de cocción con éxito. El otro ensayo permite corroborar si a través de los 3 años de uso, donde se supone que la misma al estar sometida a calentamiento/enfriamiento reiteradas veces va perdiendo estanqueidad que genere un cambio en las condiciones de conservación de energía.



Figura 1: vista de la caja térmica nueva y usada 3 años a evaluar.

Las temperaturas fueron registradas con termocuplas tipo T, asociadas a un sensor HOBO Modelo U12-014, registrando los datos de temperatura cada 2.5 minutos. La cantidad de agua fue pesada con balanza electrónica marca Kretz de 30 kg de capacidad máxima.

EVALUACIÓN TÉRMICA

1- Comportamiento térmico con la variabilidad de masa

Para conocer el comportamiento con el nivel de carga, se ha realizado la experiencia de incorporar una olla con diferentes cantidades de masa de agua, lo que permite evaluar el enfriamiento en cada caso. Esto se realizó con la caja nueva. La Figura 2 muestra los resultados obtenidos. Se podría establecer el límite de 80°C es interesante como límite para la cocción de los alimentos.

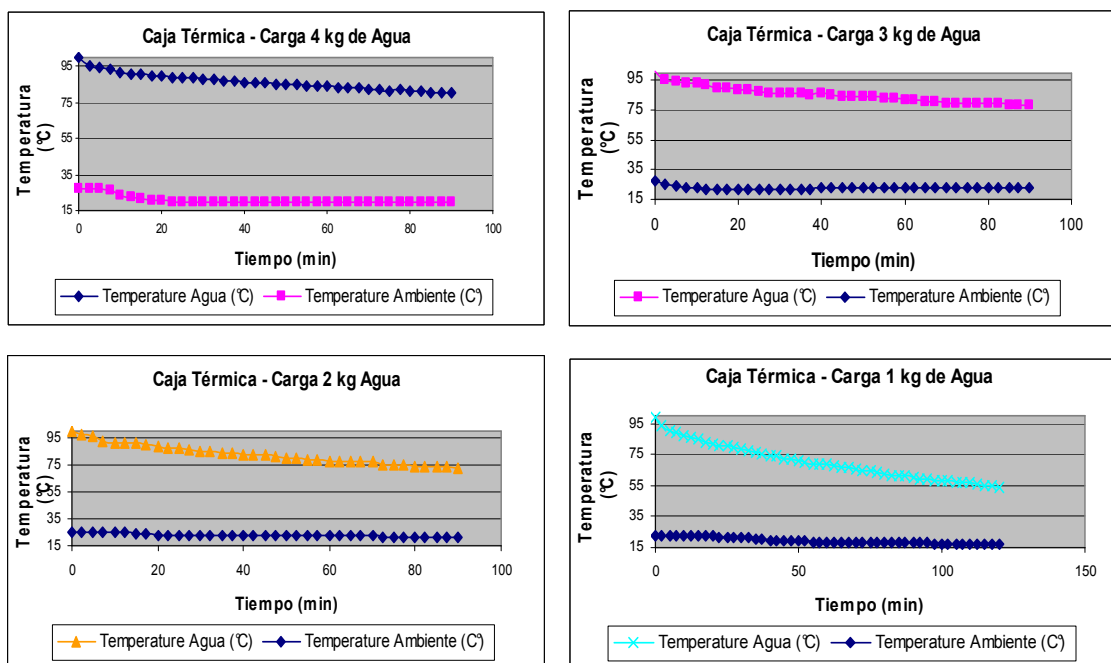


Figura 2: temperatura del agua y el ambiente exterior de la caja en función de la carga de masa.

La temperatura ambiente se puede observar que es la típica de los ambientes interiores de cocina. La misma varió entre la máxima de 27°C y la mínima de 16°C, con el promedio en 20.3°C para todos los ensayos.

Se puede observar que las temperaturas permanecen por encima de los 80°C una cantidad de tiempo variable de acuerdo a la carga de masa térmica en el interior. En estos casos la masa está materializada con la mayor o menor cantidad de agua en el interior de la caja térmica.

Las ecuaciones para cada carga determinada y sus coeficientes de determinación son las siguientes

Carga 4 kg: $y = 0.0015x^2 - 0.3041x + 95.991$; $R^2 = 0.9647$

Carga 3 kg: $y = 0.002 x^2 - 0.4412x + 97.26$; $R^2 = 0.9906$

Carga 2 kg: $y = 0.0017 x^2 - 0.3451x + 96.24$; $R^2 = 0.9668$

Carga 1 kg: $y = 0.0009 x^2 - 0.4241x + 91.153$; $R^2 = 0.9924$

Como se puede observar las temperaturas al cabo de 90 minutos (1,5 hr desde el traspaso de la olla a la caja), se indican en la Tabla 2. Este tiempo cubre casi la totalidad de las cocciones (salvo las mermeladas y/o matambre) indicadas en la Tabla 1.

Evidentemente para cargas menores a 2 kg, la caja, tal como está armada no producirá las cocciones completas en las legumbres y debería o bien utilizar un aislante térmico de mayor espesor o trabajar con una carga mayor. De todos modos, la mayoría del resto de las cocciones si se podría utilizar perfectamente dado que al cabo de los 60 minutos, las temperaturas resultan muy cercanas a 70°C.

Carga	1kg	2kg	3kg	4kg
Temperatura a 90 min	60.5°C	72.2 °C	78.1 °C	80.1°C
Temperatura a 60 min	68.3°C	78.1 °C	82.0 °C	84.0 °C

Tabla 2: temperaturas para distinta masa de carga y para 90 y 60 minutos dentro de la caja térmica

2- Evaluación térmica con el tiempo de uso

La evaluación térmica consistió en realizar el ensayo de enfriamiento utilizando una carga de 3 kg de masa de agua llevada a ebullición, luego se introduce en la caja y se mide la temperatura del agua y el ambiente. Como se puede observar, en la Fig. 3, recién a los 200 minutos aparece una diferencia de 1°C entre la temperatura del agua de ambas cajas. Por lo tanto, es interesante notar la confiabilidad de tal diseño para mantener el rendimiento térmico.

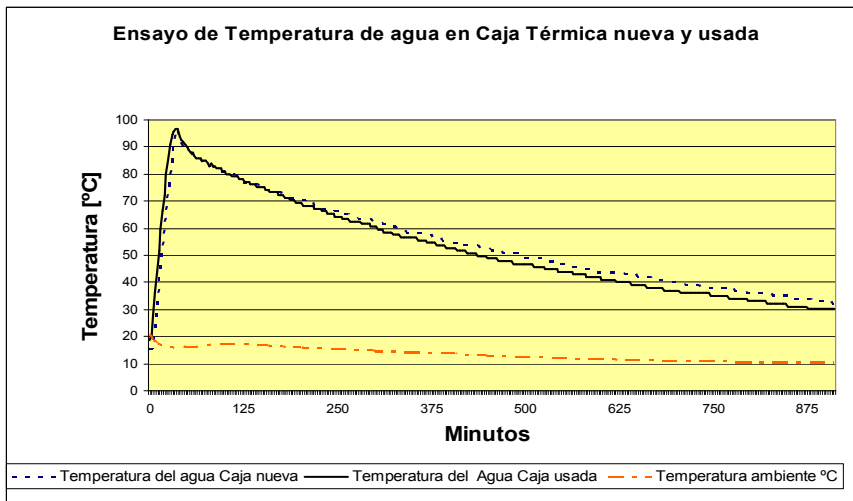


Figura 3: temperatura del agua para caja nueva y usada 3 años.

EVALUACIÓN DE ASPECTOS CUALITATIVOS

El aspecto cualitativo se ha encarado a través de las observaciones exhaustivas del estado de las distintas partes que conforman la caja térmica, es decir, estado del recubrimiento exterior, estado de la barrera radiante interior y estado de la tapa, manija y cierre.

Recubrimiento exterior

La Fig. 3 muestra el estado del recubrimiento exterior para los dos casos estudiados. El caso de la caja usada está constituido por un cartón pintado con pintura esmalte sintético. El caso de la caja nueva, obedece a un mejoramiento del sistema, y está conformado de una placa de MDF (Médium Density Fiberboard) de 3 mm de espesor pintada con esmalte sintético. El problema común que ocurre en este tipo de artefacto es la migración de vapor desde el interior a la cámara donde se encuentra el aislante térmico condensando sobre el recubrimiento exterior. En este caso, se nota que en algún momento, la caja usada ha condensado, sobretodo en la zona de la base de la misma.

Sin embargo, durante 3 años, se ha conservado en buenas condiciones generales y puede mantenerse por más tiempo del mismo modo. Es de esperar que el caso de la caja nueva, el período de mantenimiento sea aún mayor. Se podría indicar un pintado adicional para volver a dejarla en plenas condiciones por el lado exterior.



Figura 3: vista exterior de la caja térmica nueva (izq.) y la usada 3 años (der.).

Estado de la barrera radiante interior

En el caso de la barrera radiante interior, su deterioro obedece a sollicitaciones mecánicas que se producen al incorporar o quitar la olla, derrames de alimento que exige una limpieza interior, fruto de la cual, se podría deteriorar el interior. Por otro lado, el contacto del vapor o el agua condensada en aquellos puntos de deterioro de la película de aluminio, podría deteriorar el cartón prensado, soporte de la barrera radiante.

En el caso de la caja usada se observa en buenas condiciones, salvo que con el uso, se ha ensuciado y se ha preferido no efectuar una limpieza muy a fondo dado la fragilidad del papel aluminizado interior. Sin embargo, no se nota despegado el papel, ni el cartón y se han mantenido las dimensiones interiores. Ver Fig. 4 .



Figura 4: estado de la barrera radiante interior y los soportes para la caja nueva (izq.) y usada (der.).

Estado de la tapa, manija y cierre

El estado de la tapa de la caja usada es en general bueno, manteniendo las condiciones de cierre sin ningún problema. La Fig. 5 muestra la tapa y su estado. Se observa manchado el aluminizado interior fruto de la condensación de vapor sobre ésta lámina, sin embargo se mantiene en perfectas condiciones de ajuste y uso con 3 años de uso.

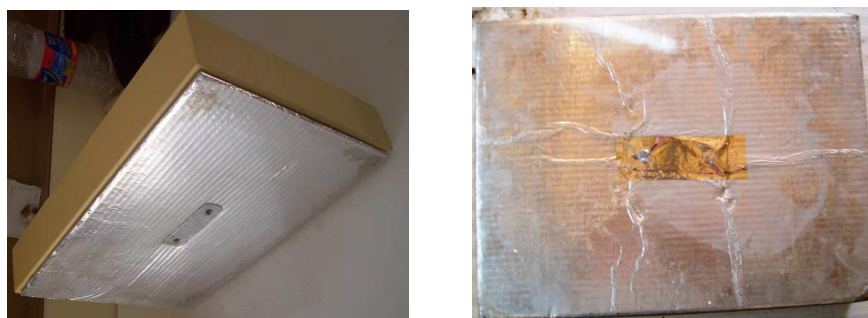


Figura 5: vista de las tapas de la caja térmica nueva y usada 3 años.

CONCLUSIONES

Se han realizado un análisis cuantitativo y cualitativo para 2 cajas térmicas, una de ellas utilizada durante 3 años y la otra en estado nuevo, sin uso.

Como se puede observar, luego de 3 años de uso variado, las condiciones de la misma no presentan problema para completar cocciones de todo tipo. Sólo por una cuestión de estética, se podría cambiar la película reflejante del interior y repintar la superficie exterior de modo de mantener así las condiciones estéticas de la caja.

Cuando se analiza la cantidad de carga de masa de agua y la evolución de las temperaturas de la carga para distinta masa interior, se pone en evidencia que este diseño de caja térmica, mientras menor es la cantidad de carga, las prestaciones son más limitadas. Como límite se podría indicar que por debajo de los 2 kg de carga, la misma tendrá problemas para mantener las condiciones de cocción en el caso de las legumbres, mientras que el resto de las cocciones pueden llevarse a cabo hasta para 1 kg de carga.

Cuando se evalúa la variación de rendimiento entre una caja nueva y una usada durante 3 años, se observa que la variación es muy pequeña, alcanzando 1°C luego de 200 minutos de incorporada la olla en ebullición en el interior de cada una.

Agradecimientos: este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto de la ANPCYT 2006-1963.

REFERENCIAS

- Albino, A. 2011. La formación del sistema nervioso central está determinada en los primeros 2 años de vida. www.conin.org.ar – fecha ingreso: 28/07/2011.
- De Juana, José; Santos F. 2007. Energías Renovables para el Desarrollo. 2ª Ed. Editorial Thompson. España.
- Esteves A., Pattini A., Mesa A., Candia R., Delugan M. (1999). "Sustainable Development Of Isolated Communities And The Role Of Solar Technology: The Case Of Ñacuñan, Santa Rosa, Mendoza, Argentina". *Ecosystems and Sustainable Development II*. Section 6. pp. 235-244. Ed. WITPress. Southampton, UK.
- Esteves A. 2003. Cocinas Solares de Iberoamerica. Cap. 5. Ed. 2- Red RICSА. CYTED. Subprograma VI: SOLCYTED. ISBN 987-20105-3-6. CYTED. INENCO, Salta, Argentina. 2003.
- Funk P.A. 2000. Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance. *Solar Energy* Vol. 68, N°1, p 1-7.
- Mercado M.V., Esteves A. 2004. Tecnologías para la conservación de energía en cocción de alimentos. Caja caliente para comedores comunitarios y/o escuelas rurales. *AVERMA* Vol. 8, N° 2, pp. 07-55, 07-60. Salta. Argentina.
- Piñón Richard. 1983. About Solar Cookers. *Passive Solar Journal*. Vol. 2, N° 3.
- Sapiña Fernando. 2006. ¿Un futuro sostenible? Ed. Publicacions de la Universitat de Valencia. Ed. Maite Simón ISBN: 84-370-6307-8.
- Serrano P. 1991. Energía Solar para todos. Editorial El canelo de Nos. Santiago. Chile.

Abstract: in this paper both qualitative and quantitative aspects of two heat retention box are presented. These boxes has been made by Carlos Luna entrepreneurs, in Mendoza, Argentine. One have 3 years in use, with different frequency, the other is new. Qualitative aspects studied are: interior reflectors, exterior aspect, and adjust of top. Thermal test has been made in order to determine the variability of performance with time of use its. Temperature of new and used boxes are very similar, only posterior to 200 minutes have a little variation of 1°C. In addition for small amounts to mass, as 1 or 2 kg of load, the thermal variation would imply not to be able to cook totally as legumes or hard vegetables, requiring in these cases of a greater thermal isolation, a new thermal cycle of heating to boiling and put into box or of finishing in gas cooking the food.

Keywords: cooking of foods, energy conservation, maintenance, durability of materials.