

## EXPERIENCIAS CONTROLADAS REALIZADAS CON DISTINTAS COCINAS SOLARES

D. Stoll<sup>1</sup>, J. F. Giroux<sup>1</sup> y V. Passamai<sup>2</sup>  
INENCO – CIUNSA<sup>3</sup> - CONICET  
Facultad de Ciencias Exactas  
Avda. Bolivia 5150 – 4400 Salta. R. Argentina  
Tel.: 0054-387-4255389 – FAX: 0054-387-4255489 – E-mail: <passamai@UNSa.edu.ar>

### RESUMEN

Se presentan los resultados de distintas experiencias controladas, realizadas tanto en el Laboratorio de Secado y Cocción de Alimentos (LSCA), del INENCO, como al aire libre, usándose distintas formas de calentamiento bajo radiación de un litro de agua contenido en una olla de aluminio. Se calentó y comparó su comportamiento térmico en dieciséis sistemas diferentes, desde la simple olla de aluminio hasta diferentes modelos de cocinas solares.

### INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la metodología de trabajo desarrollada en un trabajo de Passamai (1998), se realizaron una gran cantidad de nuevas experiencias controladas para calentar un litro de agua contenido en un mismo tipo de olla de aluminio, de las cuales se muestran en este trabajo una selección de dieciséis sistemas, tanto de laboratorio como de campo, presentándose una discusión y comparación de los resultados obtenidos. Por “sistema” se entiende al agua cuya temperatura se mide durante el calentamiento así como al conjunto de accesorios que la rodea, de modo que todo cambio introducido en su entorno térmico – como la pintura de la olla, la colocación o no de una bolsa transparente que la encierre, su introducción en una cocina solar, etc.- constituye una variante de dicho sistema.

### MATERIALES Y MÉTODO

Las pruebas de laboratorio involucraron el uso de una lámpara, descrita también en el trabajo mencionado, estableciéndose un período de calentamiento inicial de dos horas y, a continuación, luego de cortar el suministro de energía, siguió otro de enfriamiento de dos horas y cuarenta minutos. Durante este lapso total se midieron no sólo la temperatura del agua, sino también la del aire dentro del horno, debajo de la olla entre su base y la placa colectorora de la cocina, en un costado de la olla, en el aire dentro de la olla y la tapa de la misma. La radiación total proveniente de la lámpara se mantuvo constante e igual para todas las pruebas. Se usó un datalogger Keithley conectado a una placa que se introduce en la placa madre de una PC 386, disponiéndose la captura de datos cada 5 minutos. La radiación se mantuvo entre 820 y 850 W/m<sup>2</sup>.

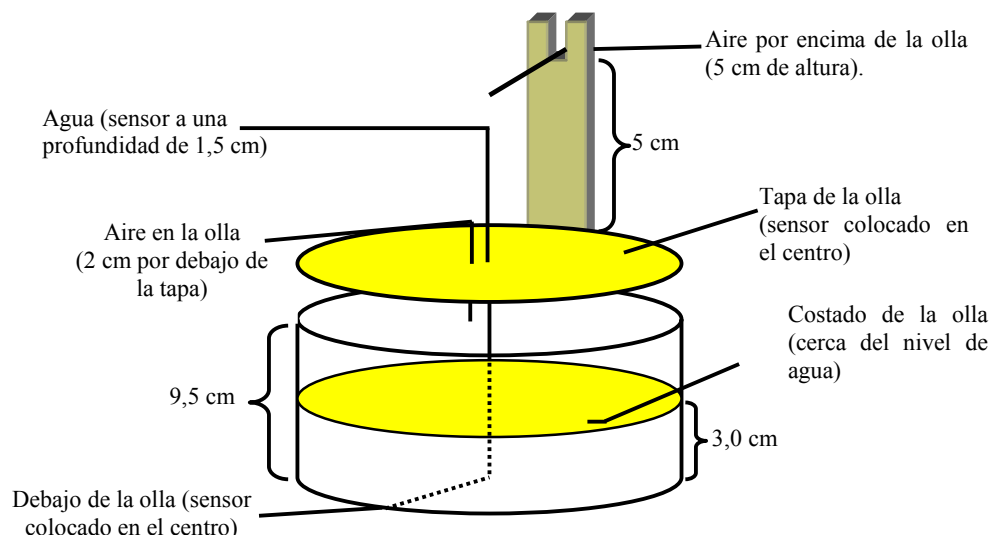


Figura 1: Esquema de la olla y seis sensores de temperatura.

Las pruebas de campo involucraron el uso de un datalogger Omega R-220 y tanto las temperaturas como la radiación solar se midieron cada 5 minutos. Las distintas cocinas solares fueron reorientadas hacia el sol cada 30 minutos.

<sup>1</sup> Becarios del Brace Research Institute (BRI), McGill University, Montreal, Canadá.

<sup>2</sup> Perteneciente a la Carrera del Investigador del CONICET.

<sup>3</sup> Organismo financiador.

La Figura 1 muestra un esquema de la olla y seis de las termocuplas usadas para medir temperaturas alrededor del recipiente. Las condiciones iniciales de temperatura se regularon mediante el agregado de hielo hasta disminuir el valor alrededor del grado de diferencia respecto del establecido en el primer día de prueba. La cantidad de agua se controló por pesada y el uso de pipeta. Ocho sistemas diferentes de calentamiento se probaron en el laboratorio con la olla de aluminio sin pintar, de acuerdo con la Tabla 1, repitiéndose otras pruebas con el mismo conjunto de sistemas pero con la misma olla pintada de negro. La Tabla 2 muestra las especificaciones de las cinco cocinas solares usadas como parte de los sistemas 3 a 8 (Tabla 1).

Nº	Sistema de calentamiento conteniendo un litro de agua colocada bajo la radiación
1	Olla de aluminio (20,5 cm de diámetro, 9,5 cm de alto)
2	olla de aluminio encerrada dentro de la bolsa transparente de plástico provista por Solar Cookers Int. (Nandwani, 1998)
3	olla de aluminio ubicada dentro de la cocina "Solar Cookit" (Nandwani, 1998)
4	olla de aluminio encerrada dentro de la bolsa transparente de plástico y ubicada dentro de la cocina "Solar Cookit"
5	olla de aluminio dentro de un "secador-cocina" solar de tipo caja, operando como cocina
6	olla de aluminio dentro de una cocina solar "de policarbonato" (polic.)
7	olla de aluminio dentro de una cocina solar de madera, con interior de aluminio reflectante ("Al")
8	olla de aluminio dentro de una cocina solar de madera, con interior de aluminio pintado de negro ("Al-N")

Tabla 1: Sistemas de calentamiento de un litro de agua contenido en olla de aluminio.

Nombre	Lugar de constr.	Materiales-acceso	Reflectante	Aislación	\$	Dimen.-Peso
Solar Cookit	California, USA	Cartón-papel Al.	Papel aluminio	Sin aislación	15	Peso: 0,2 kg
Secador-cocina	UNSA, 1997	Polic., de frente.	Papel de aluminio	Lana de vidrio	50	50x40cm <sup>2</sup> , 3 kg
Cocina de polic.	BRI, 1998	Polic., por detrás.	Lámina autoadhes.	Poli-isocianurato	35	57x46 cm <sup>2</sup> , 5 kg
Coc. de madera-Al	UNSA, 1998	Polic., por detrás.	Sin reflector	Lana de vidrio	70	50x37 cm <sup>2</sup> , 12 kg
Coc. de mad.-Al-N	UNSA, 1998	Polic., por detrás.	Sin reflector	Lana de vidrio	70	50x37 cm <sup>2</sup> , 12 kg

Tabla 2: Especificaciones de las cinco cocinas solares usadas en las pruebas.

Las pruebas de campo fueron realizadas de la misma manera que en el laboratorio. En este caso se midieron solamente las temperaturas del agua y del aire dentro de las cocinas, además de la radiación solar.

## RESULTADOS

Los cuatro gráficos de la Figura 2 resumen los valores de temperaturas encontradas para el agua en las dieciséis experiencias:

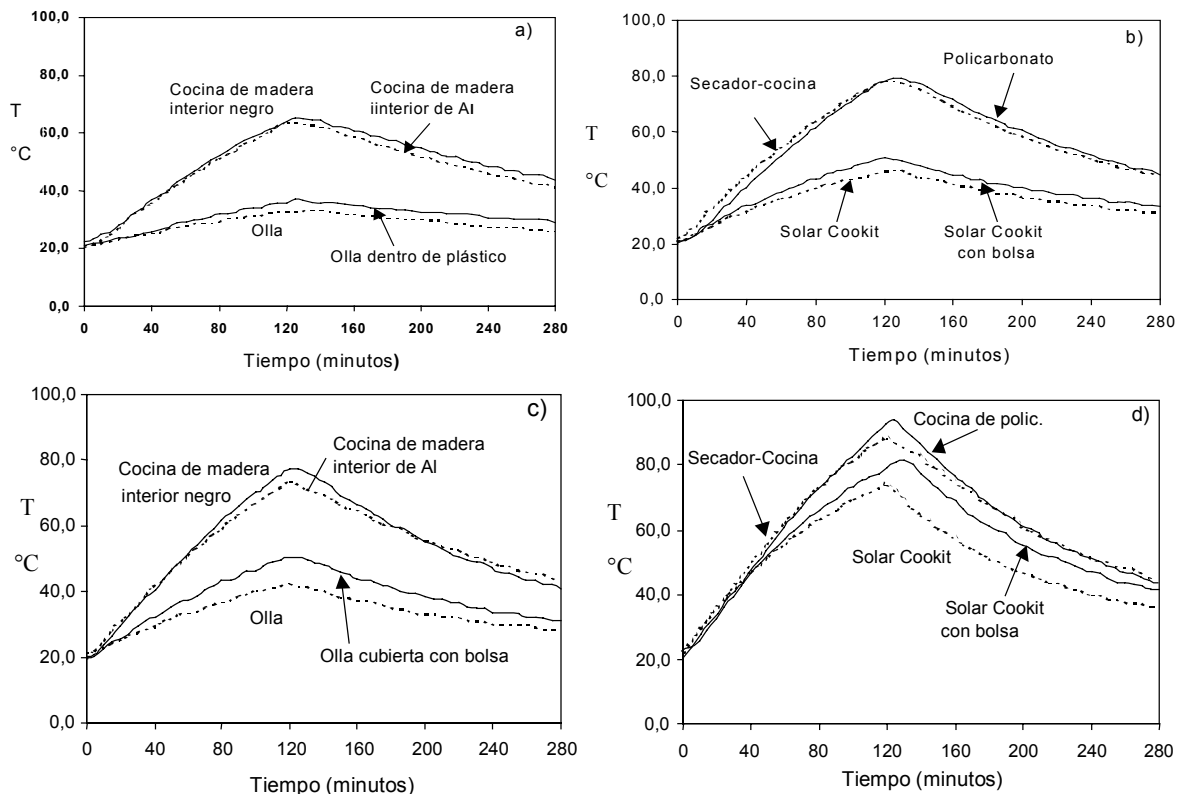


Figura 2: Temperatura del agua en los sistemas de calentamiento (olla de aluminio, a) y b); olla pintada de negro, c) y d).

De la figura 2 a) puede concluirse que la olla de aluminio sin pintar, como sistema térmico, tiene por sí misma un comportamiento muy poco eficiente pues el agua apenas alcanzó 33 °C cuando se calentó bajo radiación, mientras que al cubrirse con una bolsa de plástico transparente aumentó a 35,8 °C. Comparativamente, en la parte c) se observa un aumento mayor (del orden de 15 °C) cuando se pintó de negro. Sin embargo, mayor es el efecto de calentamiento cuando la olla se coloca dentro de una cocina solar, observándose mejor comportamiento si el interior de la misma está pintado de negro, tanto si la olla está pintada de negro o no. Un máximo de 74 °C se obtuvo para la olla negra dentro de la cocina de madera con el interior pintado de negro (c), mientras que para la olla sin pintar se llegó a 64°C (a). Por su parte, las cocinas de tipo caja de policarbonato, figuras b) y d), demuestran tener comportamientos muy similares, con un máximo de temperatura de 78 °C para el caso en que la olla que se usó era de aluminio sin pintar, y de más de 90 °C cuando la olla se pintó de negro. Un comentario aparte merece el comportamiento del sistema “Solar Cookit”, el cual tuvo un comportamiento similar al de las cocinas de madera cuando se usó una bolsa de plástico para cubrir la olla pintada de negro (figuras c) y d) ), registrándose una temperatura de 79 °C en el caso de la figura d) y 77 °C para la c).

La Figura 3 muestra las respectivas temperaturas del aire, 5 cm por encima de la olla para cada experiencia:

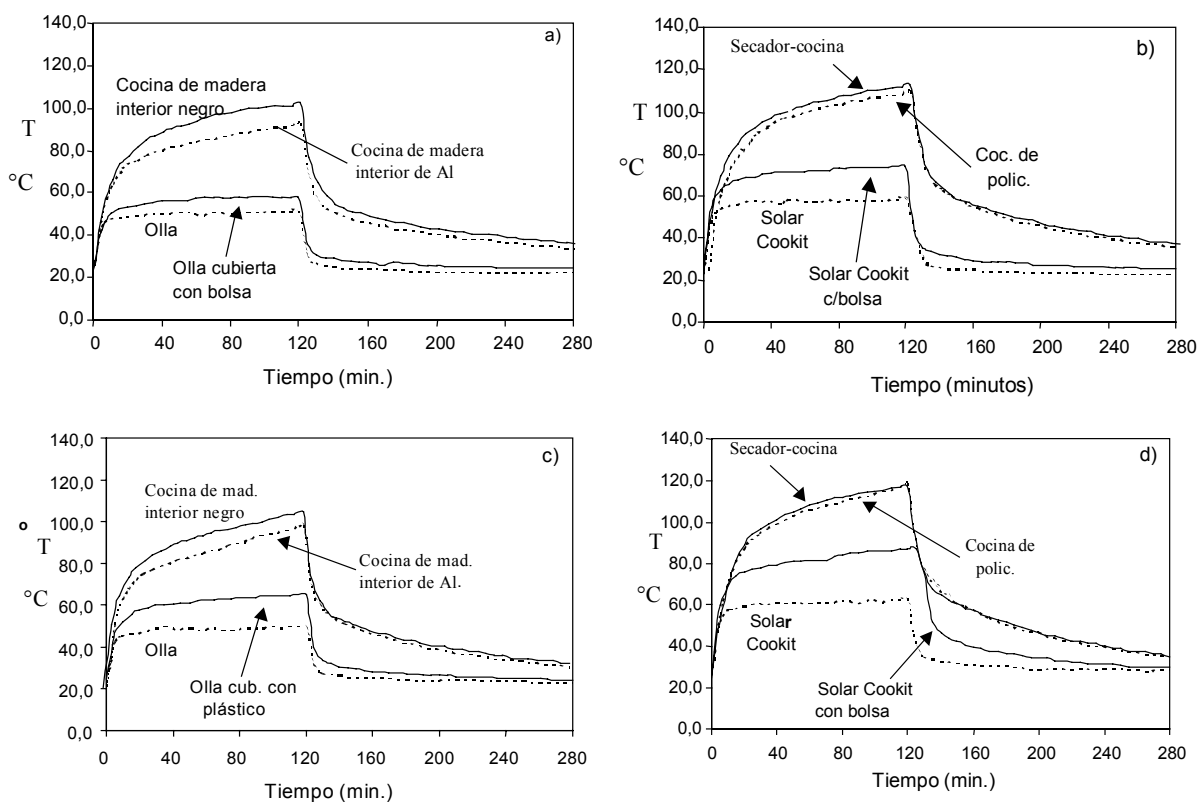


Figura 3: Temperatura del aire del horno en los sistemas olla de aluminio ( a) y b) ) y olla pintada de negro ( c) y d) ).

Para medir la temperatura del aire se cubrió la termocupla a fin de evitar su calentamiento por la incidencia de radiación directa sobre el bulbo. Los resultados se correlacionan con los mostrados en la Figura 2, mostrando las temperaturas un comportamiento acorde con la menor inercia térmica del aire frente a la del agua.

La lectura de las demás temperaturas (debajo de la olla, en un costado, por encima del agua y en la tapa) reflejaron igualmente el comportamiento del agua y el aire por encima de la olla, por lo que no se reproducen aquí por falta de espacio.

### Análisis de la pruebas de campo

La radiación solar tuvo valores similares a los fijados en el laboratorio, es decir alrededor de los 800 W/m<sup>2</sup>, sobre nivel horizontal, para lo cual las experiencias se realizaron entre el 20 y 22 de abril de 1999, en el horario comprendido por las 11:30 y las 13:30. Esto se estimó mediante el cálculo aproximado dado por el método de Hottel para días claros, que tiene en cuenta el tipo de clima, la latitud y altura del lugar. Considerándose que las cocinas solares de tipo caja tienen una cubierta transparente con pendiente, la radiación solar incidente se pudo estimar como adecuada y comparable a las del laboratorio. La Figura 4 muestra las curvas de radiación obtenidas para dos de los días de prueba en campo, superpuestas con la del laboratorio y la calculada. La curva continua muestra la presencia de algunas nubes, mientras que las gráficas de puntos representan la correlación de Hottel y la medida realizada para el día claro.

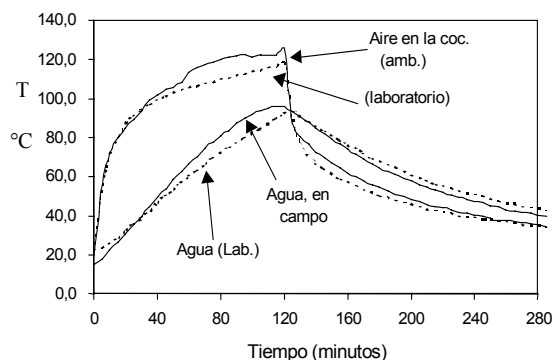
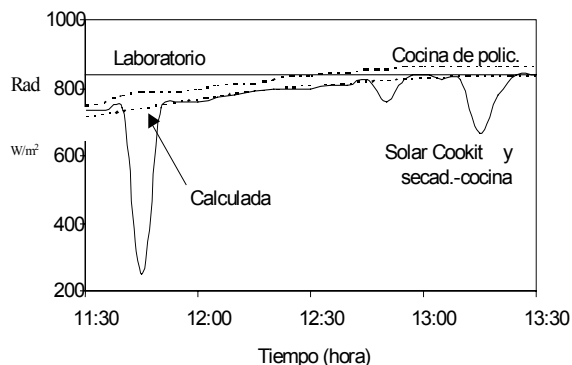


Figura 4: Curvas de radiación para las distintas pruebas realizadas. Figura 5: Mediciones en la cocina de policarbonato. La Figura 5 muestra los resultados obtenidos para las temperaturas en la cocina de policarbonato, tanto para el agua como el aire dentro del horno, para el caso de la olla negra, superpuestas con las gráficas correspondientes al caso del laboratorio. Se observa el alto grado de coincidencia encontrado, lo que valida la hipótesis de similitud de condiciones en ambos procesos.

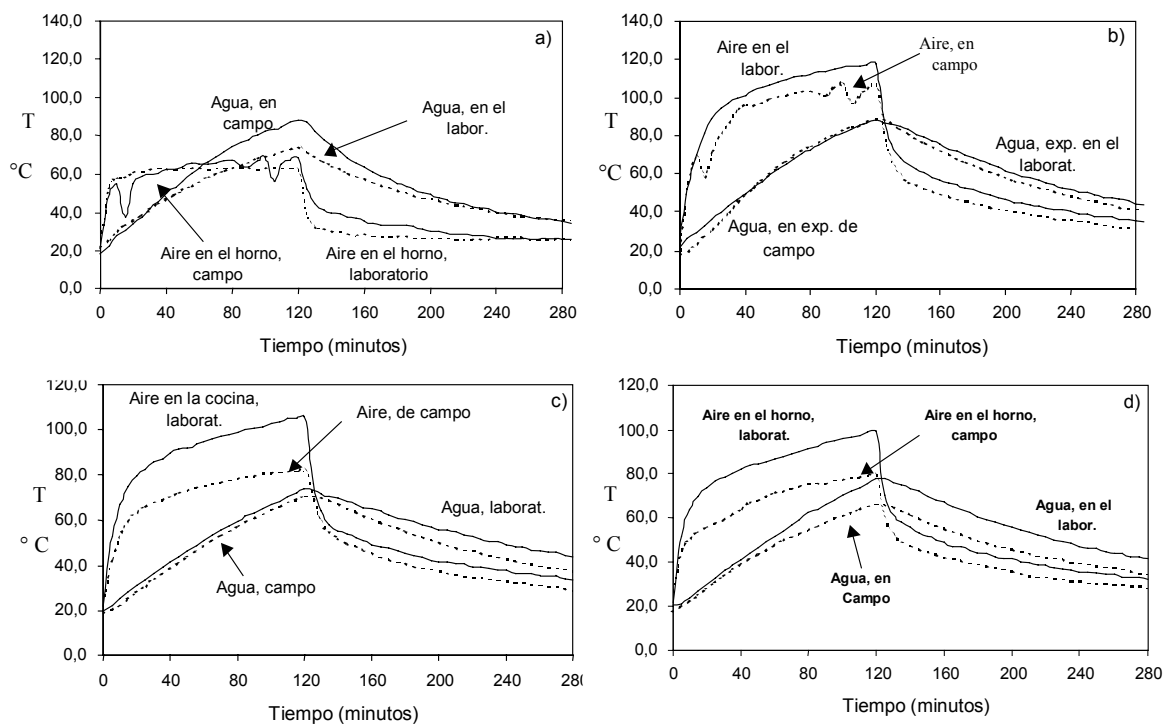


Figura 6: Temperaturas del aire en el horno y el agua en la olla negra para a) Solar Cookit, b) Secador-cocina, c) cocina de madera con interior de aluminio sin pintar, y d) cocina de madera con interior pintado de negro. La Figura 6 muestra la superposición de gráficas correspondientes a temperaturas, tanto del agua como del aire, en los casos de calentamiento con la cocina "Solar Cookit", con olla negra y colocada dentro de una bolsa transparente (a); para el secador-cocina (b); y para las cocinas de madera, con interior de aluminio sin pintar (c) y pintado de negro (d).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para las experiencias de campo, similares a las de laboratorio, validan la metodología de realizar experimentos de cocción bajo lámpara, como manera de mantener condiciones constantes de radiación y para días nublados. Las diferencias observadas entre experiencias de campo y de laboratorio se deben a distintas condiciones del aire ambiente (velocidad, temperatura, humedad), y la variabilidad en la radiación solar, lo que se trata de evitar en el laboratorio.

## REFERENCIAS

Passamai V. (1998), Experiencias de laboratorio y de campo con un horno solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 2, N° 1, pp. 2.29-2.32.

Nandwani, S. (1998), "Solar Cookit", cocina solar de Solar Cookers International. Universidad de Heredia, Costa Rica.

