

## NUEVAS EXPERIENCIAS DE CAMPO CON COCINAS SOLARES

Víctor Passamai<sup>1</sup>  
CIUNSa<sup>2</sup>-INENCO<sup>2</sup>-UNSa-CONICET  
Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta  
Calle B. Aires 177 - 4400 Salta - R. Argentina  
Tel.: 0054 387/4255389 Fax: /4255489 www.inenco.net <passamai@unsa.edu.ar>

### RESUMEN

En el marco de un proyecto de investigación financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, denominado "Aplicaciones Sencillas de la Energía Solar: Secado y Cocción de Alimentos", iniciado en 1998 y que finaliza en Diciembre de 2000, se han realizado experiencias de campo de calentamiento de dos cocinas solares, con el objeto de comparar el funcionamiento de las mismas, habida cuenta que fueron construidas en base a diseños, con materiales y costos diferentes. Los resultados de las mediciones obtenidas, tanto con las cocinas vacías como con dos litros de agua, son presentados en forma gráfica y se discuten los mismos.

**Palabras clave:** cocinas solares, funcionamiento de cocinas solares, calentamiento de agua en cocina solar

### INTRODUCCIÓN

En los años 1998 y 1999 (Passamai, 1998a; 1998b; 1999) se presentaron resultados obtenidos tanto en el laboratorio como de campo para un modelo de cocina solar, de tipo caja, que consta de una caja de chapa de hierro pintada de negro, de 0,5 mm de espesor, aislación térmica de lana de vidrio de 5 cm y estructura de policarbonato alveolar opaco, que, como su cubierta transparente, tiene 5 mm de espesor. Su peso ronda los 5 kg y el costo los \$ 100.

En fecha reciente, el INENCO ha realizado la construcción de cocinas solares en acero inoxidable, con más de 10 cm de aislación térmica en lana de vidrio, cubierta transparente de policarbonato alveolar de 10 mm de espesor y un peso de 17 kg, con un costo de \$250.

Además del peso, las diferencias fundamentales de ambas cocinas radican en su capacidad de alojamiento pues la primera está diseñada para el uso con ollas o bandejas planas, mientras que la segunda permite colocar ollas de grandes dimensiones o incluso a presión. El uso de acero inoxidable en lugar de un fondo pintado de negro para ésta tuvo la finalidad de garantizar -fundamentalmente- las mejores condiciones de higiene y mantenimiento que permite este material, frente a la posibilidad de pintar chapas de hierro que no siempre permiten una limpieza o mantenimiento sin tener que recurrir al repintado de las mismas. No obstante, se colocó una bandeja enlozada de color negro en la base, teniendo en cuenta los resultados de Tilca et. al (1999), que sugieren una mejor performance para cocinas con el fondo pintado de negro con ollas negras que cocinas de fondo reflectante con ollas negras.

### Revisión bibliográfica

La Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA, 2000) sintetiza la función de una cocina solar de tipo caja estableciendo que se trata de una "caja aislada para la captación de la energía solar" que puede ser utilizada para calentar por vía térmica un recipiente con el fin de lograr la cocción de alimentos. Los miembros de la red se han dispuesto, entre otras cosas, a realizar experiencias de testeo y medición del funcionamiento de las cocinas con que cuentan o construyen, con el fin de realizar el intercambio de información.

Para estandarizar las mediciones, se ha establecido el uso de agua como elemento a calentar en lugar de distintos preparados de alimentos (Mealla et al., 1999; Funk, 1998), aunque obviamente que el efecto calefactor de las cocinas también puede ser evaluado, primariamente, a través de su respuesta en vacío (Passamai, 1998a).

### Objetivo

En este trabajo se presentan resultados de la medición simultánea de los dos modelos de cocinas cuando se exponen en forma paralela a la acción de la radiación solar, tanto cuando no continene recipientes como cuando se colocan ollas iguales conte

---

<sup>1</sup>Investigador del CONICET.

<sup>2</sup>Organismo financiador.

niendo agua.

## MATERIALES Y MÉTODO

Se dispuso de un sistema de captación de datos en forma automática, con once termocuplas de cobre-constantán y un medidor de radiación, para registrar la información proveniente de las experiencias. Se decidió colocar las cocinas en el mismo lugar, una sobre una mesa y la otra en un piso de cemento. Ambas apuntaron permanentemente hacia el norte, se mantuvo constante el ángulo del reflector y se seleccionaron los datos de dos experiencias para las que las condiciones de funcionamiento entre dos días diferentes (radiación, temperatura ambiente y viento) fueron semejantes, a fin de poder comparar resultados provenientes de una misma cocina en dos situaciones diversas. Las cocinas se muestran en el Apéndice.

Las ollas empleadas para contener el agua, en una cantidad de 2 litros en todos los casos, son de aluminio y están pintadas de negro y son idénticas entre sí y a la empleada en los trabajos anteriores (Passamai, 1998a; 1998b; 1999).

### Plan de las experiencias

Se realizaron mediciones de la radiación y la temperatura del ambiente, las temperaturas de las placas metálicas en el fondo de la caja de cada cocina, el aire del receptáculo que sirve como horno, la base de la cocina en contacto con su lugar de apoyo, dentro de la masa de agua contenida en las ollas negras y se tomó nota de las características del día en cuanto a nubosidad y viento. Las experiencias se sintetizan en la tabla 1, la que se muestra a continuación. Para una sola de las cocinas se muestra las temperaturas de la cubierta transparente tanto del lado externo como interno en las distintas oportunidades en que se realizaron las mediciones. Para diferenciar e identificar cada una de las cocinas, una se denomina liviana y la otra pesada.

Caso 1: Cocinas vacías.

Caso 2: Cocinas con 2 l de agua.

Caso 3: Comparación del funcionamiento de las cocinas con agua en dos días claros similares.

Caso 4: Comparación del funcionamiento de una de las cocinas en dos días claros similares, vacía y con agua.

Tabla 1: Plan de experiencias realizado.

## RESULTADOS

Caso 1: Cocinas vacías.

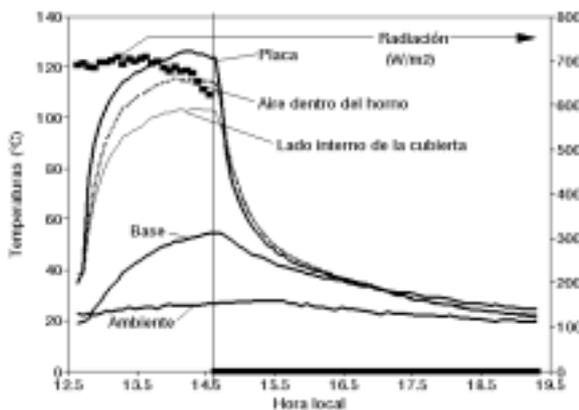


Figura 1: Calentamiento de cocina liviana vacía.



Figura 2: Calentamiento de cocina liviana con olla negra vacía.

Siguiendo la metodología señalada en la fig. 4 de Passamai (1998), primeramente se realizaron experiencias de calentamiento de la cocina solar liviana cerca del mediodía solar, durante dos horas y, a continuación, se dejó enfriar el sistema luego de impedir el acceso de la radiación solar mediante el cierre de la superficie reflectante sobre la cobertura transparente. Esto produjo una respuesta similar a la obtenida en el laboratorio mediante lámpara, como puede observarse en la Figura 1. Además, debido a la hora local de trabajo, se observa que la radiación solar se mantuvo prácticamente constante durante la experimentación. También, al igual que en el caso del experimento en laboratorio, se observó tanto una alta temperatura en la base de la cocina como un pequeño intervalo de tiempo de desfase en la respuesta de ésta, en comparación con las temperaturas de las otras partes (placa negra, aire del horno o lado interno de la cubierta de policarbonato transparente).

A posteriori, se decidió realizar el calentamiento de la cocina de manera más natural, comenzando alrededor de las 10:00 a. m. hora local, correspondiente al inicio del funcionamiento normal de una cocina solar para preparar platos de almuerzo; y dejando que arranque el enfriamiento a partir del momento mismo en que las condiciones de radiación, viento y temperatura ambiente así lo producían. Esto permitió, como se verá, observar algunos interesantes resultados de desfase en el calentamiento. Con este criterio, la Figura 2 muestra la evolución de las temperaturas de diferentes partes de la cocina liviana, señalándose las distintas posibilidades que se obtienen, según el lugar donde se coloca el sensor. En esta oportunidad se observa la notable variabilidad de la temperatura exterior de la cubierta transparente, debida seguramente a los vientos circundantes.

Puede decirse lo mismo de la temperatura del ambiente, sólo que con una menor amplitud en las oscilaciones. Debe señalarse que para mejor comparar el efecto de los dos litros de agua en las experiencias que se describen más adelante, se creyó conveniente colocar la olla negra de aluminio vacía y un sensor para determinar la temperatura del aire en su interior. Por un lado se observa un pequeño desfase (demora) en llegar al pico de temperatura y por otro que el valor supera al del aire del horno.

En la Figura 3 se muestra una gráfica de evolución de temperaturas para una experiencia similar realizada con la cocina pesada, en la que se incluyó la evolución de la temperatura de la base tanto para la pesada como para la liviana. No obstante, como se observa de comparar las Figuras 2 y 3, las temperaturas de placa no acusan esas diferencias de manera notable. La explicación puede encontrarse en que la cocina pesada usa la energía que se ahorra disminuyendo pérdidas en calentar su masa; y, por tener el interior reflectante, pierde energía también por la superficie colectora transparente. Específicamente esto parece desprenderse de observar la Figura 4, superposición de las temperaturas de placa de ambas cocinas, para el mismo día de la experiencia. Tanto en las Figuras 3 como 4 se observan oscilaciones notables en la cocina liviana, menos en la pesada, debido a la aparición de algunas nubes hacia el final de la tarde. Esto indica una mayor inercia térmica de la cocina pesada, que puede ser considerada, por su parte, una ventaja respecto de la liviana.

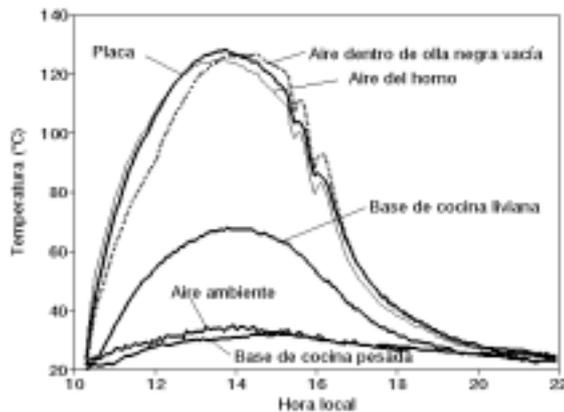


Figura 3: Calentamiento de cocina pesada con olla negra vacía.

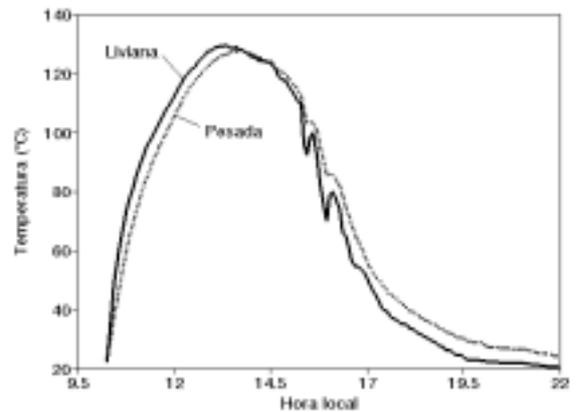


Figura 4: Comparación entre de cocina liviana y pesada.

#### Caso 2: Cocinas con 2 l de agua.

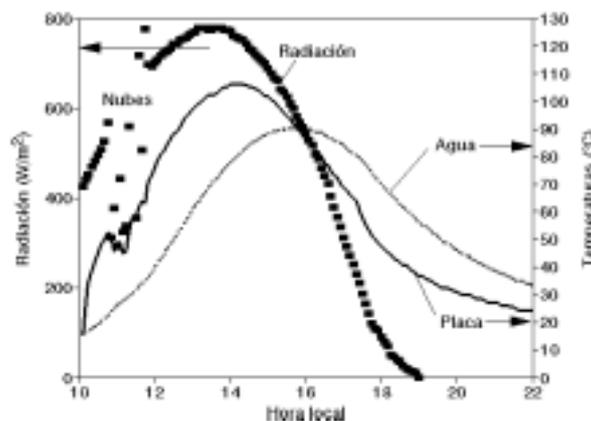


Figura 5: Calentamiento de cocina liviana con olla y agua.

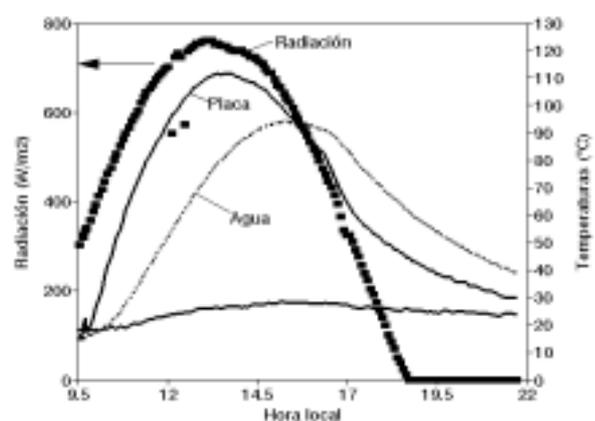


Figura 6: Calentamiento de cocina pesada con olla y agua.

En la Figura 5 se observan, superpuestas, las curvas de radiación, temperaturas de placa negra y agua de la experiencia de calentamiento de la cocina liviana, con un contenido de 2 l de agua. En primer lugar la radiación solar, con algunas nubes al principio de la experiencia, evidencia un efecto interesante por sí mismo: la ocurrencia de puntos de alta irradiancia, por encima de la correspondiente a la que se hubiera obtenido si en el momento estaba despejado, debido al efecto de lente de aumento de algunas nubes. Luego la temperatura de placa que acompaña -hacia abajo- la presencia momentánea de las nubes, indicando su baja inercia térmica. Además la ausencia de picos en los puntos de muy alta radiación muestra que dichos efectos fueron de muy corta duración y no llegaron a influir la temperatura de placa en la misma dirección. Luego se observa la temperatura del agua, notablemente desfasada hacia la derecha en alrededor de dos horas, debido a la inercia térmica, puesta de manifiesto también por la ausencia de oscilaciones cuando aparecieron las nubes al principio del experimento. La Figura 6 muestra las curvas correspondientes obtenidas para la cocina pesada, sin apreciarse gran diferencia con respecto a la liviana. La temperatura de placa no se vió afectada -por su inercia térmica- durante la presencia momentánea de nubes.

#### Caso 3: Comparación del funcionamiento de las cocinas con agua en dos días claros similares.

Se tomaron los datos de la cocina pesada, con agua, para dos días claros similares (un jueves y el sábado siguiente) tanto en radiación solar como en temperatura y condición del aire ambiente. Esto se muestra en las Figuras 7 y 8. Se puede concluir que, salvo una pequeña diferencia en las temperaturas del aire, el comportamiento se reprodujo en el segundo experimento. Además es notable la meseta en la temperatura del agua durante su ebullición (en Salta, por la altura, el agua hierve a menos de 100 °C). La Figura 9 muestra una superposición de las curvas de temperatura para el agua en las cocinas liviana y pesada, donde se aprecia una gran semejanza en ambas.

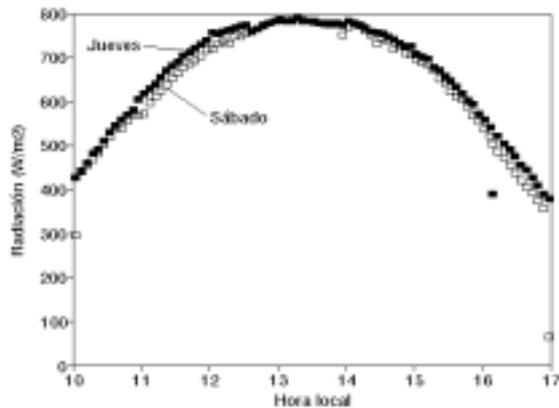


Figura 7: Radiación solar de dos días claros comparables.

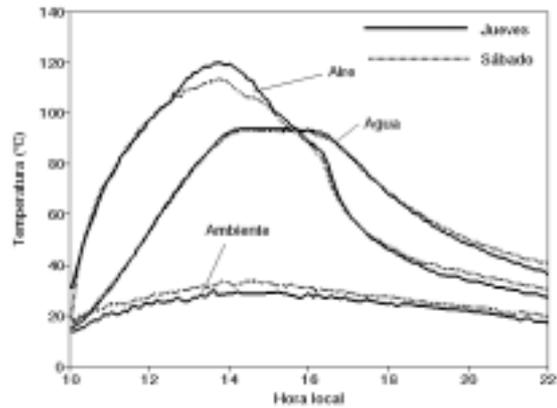


Figura 8: Calentamiento de cocina pesada con agua.

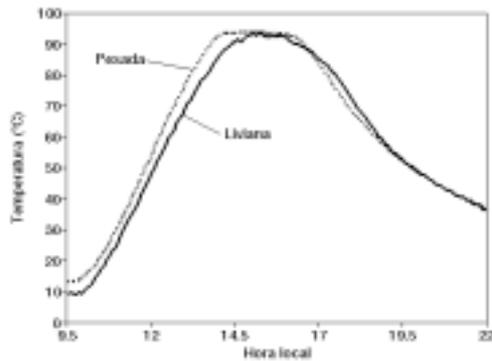


Figura 9 Calentamiento de agua en cocina liviana y pesada.

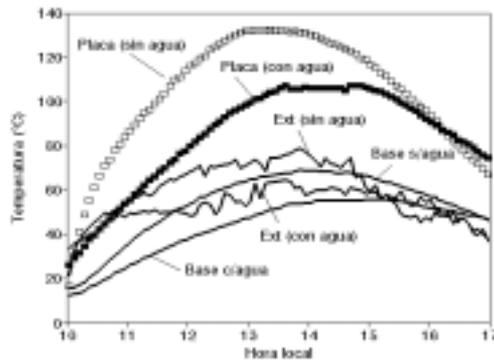


Figura 10: Calentamiento de cocina liviana vacía y con agua.

Caso 4: Comparación del funcionamiento de una de las cocinas en dos días claros similares, vacía y con agua.

La Figura 10 muestra el comportamiento comparativo para la cocina liviana tanto con agua como sin ella. Se observa, para la temperatura de placa, que alcanza más rápidamente el valor máximo cuando está vacía. A su vez, este valor es notablemente mayor que cuando tiene agua y, en forma semejante, la influencia de la presencia del agua se manifiesta tanto en las temperaturas del lado externo de la cubierta transparente como en la base.

## CONCLUSIONES

Se considera que las conclusiones no son determinantes en cuanto a la conveniencia térmica de un tipo de cocina sobre la otra, aunque sí se puede establecer un criterio a favor de la cocina liviana según sea el interés del usuario de realizar un transporte de las cocinas o el desplazamiento dentro del lugar donde se dispone su uso. Lo mismo puede decirse en cuanto a las posibilidades de limpieza y mantenimiento, a favor de la que tiene acero inoxidable.

De todas formas, a fin de dar al lector una síntesis de los logros de ambos equipos, se puede establecer:

1°) Para la cocina de acero inoxidable: es un dispositivo de fácil limpieza, no acumula olores por la ausencia de pintura en su interior, ofrece resistencia a los vientos que pudieran haber según la localidad donde se use, tiene un tamaño similar a los hornos tradicionales de las cocinas a gas y puede usarse sobre una mesa apuntando siempre a la misma dirección nor-este para preparar almuerzos. Desde el punto de vista térmico es aconsejable su uso para la preparación de alimentos que no lleven más de dos litros de agua en su formulación, siendo excelente sus posibilidades de empleo para la cocción de carnes, pescado, tartas o tortas, etc.

2°) Para la cocina liviana: es un dispositivo de fácil portabilidad y limpieza, debe resguardarse de vientos fuertes que puedan tapar su cubierta transparente si no se vigila esporádicamente, tiene un tamaño similar al horno inferior de las cocinas tradicionales, es conveniente usar bandejas para los preparados (carnes, pescados, tartas o tortas, etc.) y puede usarse sobre una

mesa apuntando siempre a la misma dirección nor-este para preparar almuerzos. No es conveniente su uso para alimentos que lleven más de dos litros de líquido en su preparación.

## AGRADECIMIENTOS

Al Sr. R. Caso por facilitar la cocina de acero inoxidable (pesada) para su evaluación térmica comparativa y al Dr. L. Saravia, director del INENCO. Especial agradecimiento al evaluador que aceptó la inclusión del presente trabajo para la revista AVERMA, así como por sus sugerencias que fueron incluidas en las conclusiones.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- Funk, P. (1998). New standard procedure for testing solar cookers. *SunWorld*, Vol. 22. No. 2, June, (19-20).
- Mealla, L. et al. (1999). Evaluación de dos cocinas solares de tipo caja con la propuesta standard de la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3, N°1, (03.57-03.60).
- Passamai, V. (1998a). Experiencias de laboratorio y de campo con un horno solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 2, N°1, (02.29-02.32).
- Passamai, V. (1998b). Simulación del comportamiento térmico de una cocina solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 2, N°1, (02.33-02.36).
- Passamai, V. (1999). Simulación del comportamiento térmico de una cocina solar (Parte II). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3, N°2, (08.85-08.88).
- RICSA. (2000). <http://ciunsa.edu.ar/ricsa/conteni.htm>
- Tilca, F. et al. (1999). Conclusiones finales sobre la conveniencia del uso de algunos materiales en cocinas solares tipo caja. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3, N°1, (03.25-03.27).

## APÉNDICE

Las fotografías de las Figuras 11 y 12 muestran las cocinas solares empleadas para realizar este trabajo.



Figura 11: Cocina pesada con fondo de acero inoxidable. Figura 12: Cocina liviana con fondo de hierro pintado de negro.

## NEW FIELD EXPERIMENTS WITH SOLAR COOKERS

### ABSTRACT

The Research Council of Salta National University is financing the Project “Solar Energy simple applications: Food Drying and Cooking”, started in 1998 for a period of three years. Within this project, open air tests were performed with two solar cookers, to compare their performance, taking into account that they were built on two different designs, materials and costs. The resulting measurements, both for the cookers containing no food so as with a water content of two liters, are presented graphically and discussed.

**Key words:** solar cookers, solar cookers performance, water heating in a solar cooker