

ESTUDIO DE LA POTENCIA DE COCCIÓN EN CONCENTRADORES SOLARES DE DISTINTO TIPO

Alfredo Esteves, V. Noelia Quiroga, Fernando Buenanueva, Daniel Orduna
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CONICET)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)
Av. Ruiz Leal s/n – Pque. Gral. San Martín – Mendoza – Argentina
Tel.: 54 261 4288797 int. 109 – Fax: 54 261 4287370
e-mail: aesteves@mendoza-conicet.gov.ar

RESUMEN: La concentración de la energía solar, utilizando concentradores de distinto tipo, ha ido en aumento tomando en cuenta el desarrollo de materiales aluminizados reflejantes de diferente tipo. En este trabajo se presenta la evaluación de tres cocinas solares de concentración de acuerdo al protocolo desarrollado por la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA). Las cocinas solares a evaluar son el concentrador SK14 desarrollado por Dr. Dieter Seifert de Alemania, cocina solar plana desarrollada en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda y cocina X- Cruza^R diseñada por Victoria Riqué y Carlos Enrique Genoud del estudio ecoon. La potencia térmica para 50°C de diferencia entre el agua y el aire exterior alcanza 17.0 W a para la cocina solar plana; 16.6 W para la cocina solar X-cruza y 106.8 W para la cocina SK14. Como se puede apreciar, el diseño del concentrador SK 14, cuenta con una mayor potencia en relación a las otras dos cocinas pero también resulta más cara su fabricación pero resuelve el problema de cocinar comidas fritas que requieren de mayor potencia.

Palabras clave: cocción solar, concentradores solares, ensayo de potencia

INTRODUCCION

El desarrollo de sistemas solares ha dependido siempre de las posibilidades de lograr un sistema técnico-económico factible. En el caso de la cocción solar de alimentos, hay cocciones húmedas (se utiliza agua para efectuarlas), cocciones secas (horneados y asados) o fritos. Los hornos solares tipo caja, trabajan muy bien desde la cocción de honeados y asados, con menor rendimiento en el caso de cocciones húmedas y no se pueden realizar fritos. Sin embargo, han tenido un desarrollo importante durante estos últimos años, inclusive para cocciones de varios comensales (Esteves et al, 1996, Esteves, 2003, Esteves et al, 2006) debido principalmente a su facilidad de armado y sencillez de utilización.

Para la realización de fritos y cocciones húmedas de mayor número de porciones, es necesario acudir a la concentración de energía solar, buscando de alcanzar mayor potencia. Para lograr la concentración, se utilizan materiales aluminizados que permiten una reflectividad tanto del espectro visible como infrarrojo (Echazú et al., 2003).

Cuando la temperatura de uso del sistema debe aumentar o aumentar la potencia aún más, se hace necesario utilizar concentraciones mayores a través del uso de concentradores en dos o tres dimensiones, que permiten una concentración teórica tan alta como 10000 (Nandwani, 2003). Estos últimos sistemas requieren de dispositivos de seguimiento dado que la concentración de radiación ocurre en un área limitada.

Se pueden utilizar lentes para los concentradores pero por lo general son costosos, tienen mayor peso, son relativamente difíciles de instalar y las pérdidas de energía producidas por la absorción de los rayos solares al atravesar la lente son mayores, por lo tanto, la mayor parte de los sistemas de concentración solar utilizan espejos. En los últimos años se ha desarrollado el concentrador de Fresnel que presenta la ventaja de ser económico y liviano. Concentradores de este tipo han sido desarrollados y construidos por el INENCO (Saravia et al, 2001; Saravia et al, 2002). El desarrollo de materiales aluminizados autoadhesivos, es interesante porque permite adaptarse a distintas formas para lograr concentraciones de acuerdo a los requerimientos.

Se presenta la evaluación de tres sistemas de cocinas solares de concentración de acuerdo al protocolo desarrollado por la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA).

La primera es una cocina solar parabólica de foco profundo, conocida en muchos países como SK14, desarrollada por el Dr. Dieter Seifert de Alemania. (<http://solarcooking.wikia.com/wiki/SK14>, Grandinetti, 2009).

La segunda es una cocina solar de concentración a través de planos, originada en la solar cookit del Solar Box Cookers International y modificada por el LAHV (Esteves et al., 1996). En adelante se llamará “cocina solar plana”.

La tercera es la cocina solar X-cruza, desarrollada por Victoria Riqué y Carlos Enrique Genoud del estudio Ecoon (www.ecoon.org). Se trata de una cocina solar portátil, también de concentración a través de planos, que permite cocciones de menor cantidad de comidas.

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

La Figura 1 muestra una foto de las tres cocinas de concentración utilizadas.

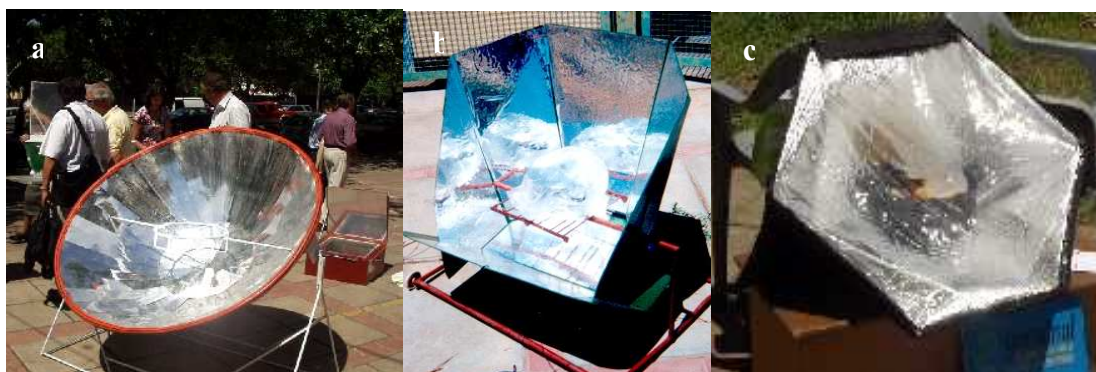


Figura 1: a) foto de la cocina parabólica SK14; b) cocina solar plana; c) cocina solar X-cruza

Cocina solar parabólica SK14: un modelo de ésta, se ha fabricado en Mendoza, con modificaciones en los materiales utilizados adaptándola a la disponibilidad local. El paraboloide tiene una estructura de barras de acero de 20 y 12 mm de diámetro curvadas formando 4 circunferencias independientes de diámetros determinados. Estas se montan sobre un sistema de maderas que reproduce la curva parabólica, 6 flejes de acero doblados con ángulos específicos son las costillas que unen las distintas circunferencias formando la estructura en forma de paraboloide donde se toman las chapas reflejantes mediante ataduras con alambre. Para estas últimas se ha reutilizado chapas galvanizadas, que estaban en desuso. Se lijaron, se pintaron de blanco por el lado de atrás y por delante se pegó sobre ellas un material reflejante autoadhesivo de poliéster metalizado (SF100-846-S bright chrome) que posee una lámina de aluminio de 25μ de espesor. Esto permite aumentar significativamente la radiación solar incidente sobre el sistema y a la vez reducir las pérdidas térmicas, lo que aumenta su potencia y temperatura final. El sistema es operado manualmente.

La cocina solar plana, es una cocina tipo cookit, construida con cartón prensado (chapadur), de 3 mm de espesor, con paneles planos pintados con esmalte sintético para mayor resistencia a la intemperie y una superficie aluminizada reflejante sobre ellos colocada del lado liso constituida por lámina de aluminio del tipo de papel de envolver los horneados.

La Cocina X-cruza, es una cocina de venta comercial, portátil, que una vez armada genera un recinto cerrado compuesto por una cubierta de PVC transparente y con los otros 4 lados constituidos de polietileno espumado con superficie reflejante aluminizada y también por debajo de la olla que va colocada en un soporte metálico separado del piso 4 cm. Estas superficies ofician de reflectores hacia la olla, la que recibe sol directo, a través de la lámina transparente de PVC, y también el reflejado por las superficies aluminizadas que rodean la olla.

Se presenta aquí la descripción y el estudio térmico de las tres cocinas solares siguiendo el protocolo de ensayos elaborado por la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA).

En las Figuras 2, 3 y 4 se observan las partes de las cocinas ensayadas. En la Fig. 2, se muestra la cocina SK14, se puede observar la superficie espejada (parte cóncava del paraboloide) y la parte posterior (parte convexa). En la Fig. 3 se muestra la cocina solar plana en posición de uso, pudiendo observar la superficie reflejante, la forma de traslado y el pie donde se sostiene la cocina.



Figura 2: Superficie espejada y superficie posterior del concentrador SK14

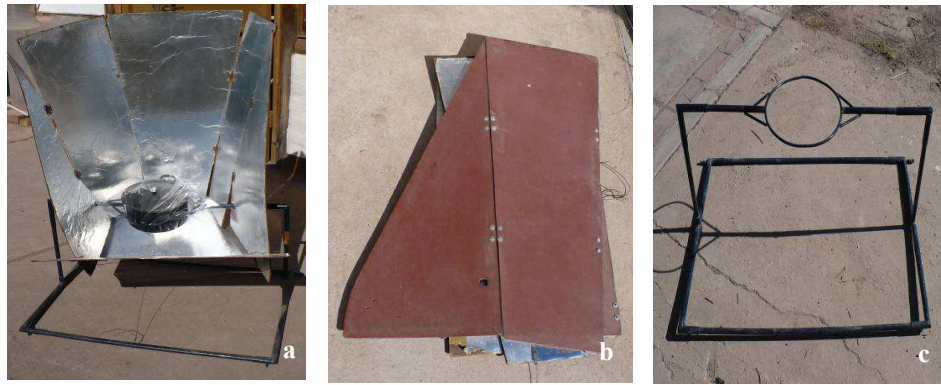


Figura 3: a- Cocina Plana en uso, b-cocina en posición de traslado y c-estructura de caño de luz donde se soporta la cocina.



Figura 4: Cocina X-cruza en posición de funcionamiento y en posición de traslado

En la Figura 4 se observa la cocina solar X- cruza en posición de uso y cerrada y embalada para el traslado.

La Tabla 1 resume las características dimensionales de cada cocina de acuerdo a las normas elaboradas por RICSA, CYTED. La capacidad de cada cocina es básicamente distinta, lo único que comparten son las características de ser reflectores concentradores de energía.

Lugar de ensayo: Mendoza, Argentina

Latitud: -32.9 S; Longitud: 68.8 O; Altitud: 823 msnm

Tabla 1: Descripción física de los concentradores

Nombre o modelo que lo identifique	SK14	Cocina Solar Plana	X-cruza
Tipo de Cocina Solar	Conc. parabólico	Concentrador c/planos	Concentrador c/planos
Superficie de cubierta transparente [m ²]	----	----	0.75
Área de reflectores [m ²]	2.28	1.201	0.87
Angulo de Altitud solar para el día del ensayo a las 12 hrs.	63.7° (corresponde a mediodía solar)	67° (corresponde a mediodía solar)	63.7 grados (corresponde a mediodía solar)
Superficie proyectada horizontal [m ²]	1.79	0.94	0.07
Superficie de placa absorbadora [m ²]	----	----	----
Peso [kg]	30	7.870	0.300
Volumen interior [m ³] (útil para hornear)	----	----	0.1
Dimensiones en posición de operación (ancho, alto y profundidad)	1.44 m x 1.44 m x 0.43 m	0.80 m x 1,08 m x 0.75 m	0.90 m. x 0.50 m. x 0.50 m.
Dimensiones en posición de traslado	1.44 m x 1.44 m x 0.43 m	0.55 m x 0.86 m x 0.05 m	0.48 m x 0.36 m x 0.03m
Número de ollas y volumen [m ³] – (*) olla de ensayo	Una (1) olla de 0.007 m3 (*)	Una (1) olla de 0.007 m3 (*)	Una (1) olla de 0.007 m3 (*)
Tipo de ollas (fijas o removibles)	Removibles	Removibles	Removibles
Las ollas se proveen con la cocina o no	NO	NO	NO
Otros usos: secadero, esterilización de agua, calentamiento de agua para otros usos, etc.	Esterilizador de agua. Calentador de agua	Pasteurizador de agua Calentador de agua.	Pasteurizador de agua. Calentador de agua.

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL SISTEMA

Los ensayos térmicos se han realizado tomando como referencia el protocolo de RICSA ya indicado anteriormente. En el mismo se han considerado los siguientes parámetros:

- Potencia de cocción (entre 40 y 90°C)
- Tiempo necesario para alcanzar los 80°C
- Tiempo necesario para alcanzar la ebullición.

Potencia de cocción

Para el ensayo de potencia, se utiliza agua como carga. Para ensayar se utilizó una olla de 26.5 cm de diámetro y 12.5 cm de altura, lo que alcanza una capacidad de 5 litros; y una olla con capacidad de 3 litros con las siguientes dimensiones: 20.5 cm de diámetro y 10 cm de altura. La olla de 5 litros es suficiente para 10-12 comensales (400 gr. por comensal). La misma es de aluminio y tiene 0.555 kg de peso. La olla de 3 litros también es de aluminio y pesa 0.390 kg. Se pintaron en el exterior con pintura color negro mate para aumentar la absorción superficial. Para los ensayos de potencia se utilizó de carga, 1 litro de agua. La norma elaborada por RICSA indica 7 kg de agua/m² de área de apertura como carga para efectuar los ensayos de potencia. Sin embargo, a veces, sobretodo en los meses de invierno, la carga sobre el sistema suele ser demasiado excesiva y no se alcanzan temperaturas de ebullición. El efecto de disminuir la cantidad de carga afecta a la potencia, en que se generan temperaturas mayores más rápido y la potencia resulta menor. Sin embargo, en el caso de cocinas de menor tamaño como las que se están considerando, es típico de su uso habitual, es decir, se cocina menor cantidad de comida.

Para efectuar las mediciones de potencia, se han registrado los valores de temperatura del agua y la temperatura de la tapa de la olla, la temperatura exterior, la radiación solar y la velocidad de viento. Para la temperatura se utilizaron data logres HOBO con termocupla tipo T (Cobre-constantan) para medir la temperatura del agua. Para medir la temperatura de la tapa de la olla se utilizó termocuplas tipo K (Cromel-alumel), ya que la temperatura puede alcanzar valores más altos que el límite otorgado por la temperatura tipo T (180°C). La radiación solar se mide con un solarímetro Kipp y Zonen, mod. CM5, para la temperatura y humedad relativa exterior se utiliza un data logger HOBO tipo RH temp y para el registro de la velocidad y dirección de viento una central meteorológica marca DAVIES. El intervalo de medición es cada 2.5 minutos la temperatura y radiación solar y cada 15 minutos la velocidad y dirección de viento.

La evaluación de potencia se realiza de acuerdo a lo que se expresa en Funk (2000). En la tabla 2 se muestran los valores obtenidos en unos de los ensayos que se realizaron con las 3 cocinas ensayadas. Se puede observar lo siguiente: tiempo en alcanzar los 80°C y tiempo en alcanzar la ebullición (98.6°) por la altura sobre el nivel del mar, el agua hierve a menor temperatura.

Tabla 2: Tiempos de calentamiento de las cocinas solares

Cocina	Cocina plana	X- cruza	Concentrador SK 14
Tiempo en alcanzar los 80°C	138 min	85 min	20 min
Tiempo desde 30° a ebullición	223 min	----	59.5 min

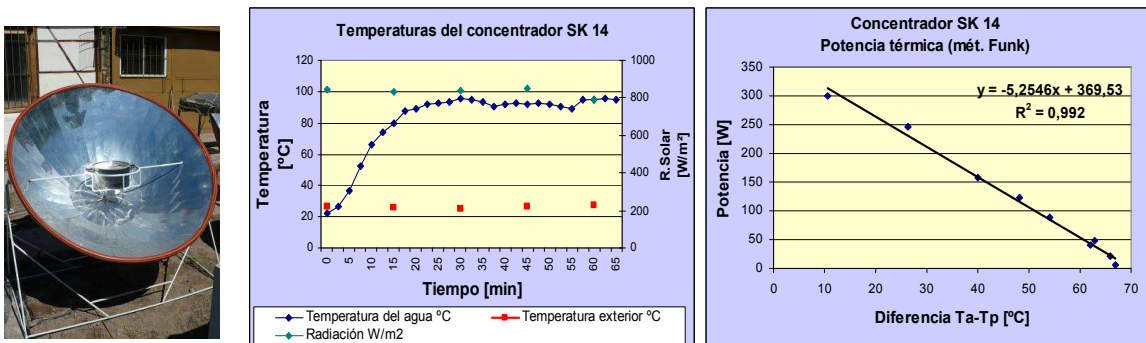


Figura 5: Foto de concentrador SK14, ensayo de temperatura y potencia en función de la diferencia de temperatura ($T_p = \text{Temp. Exterior}$ y T_a : temperatura del agua)

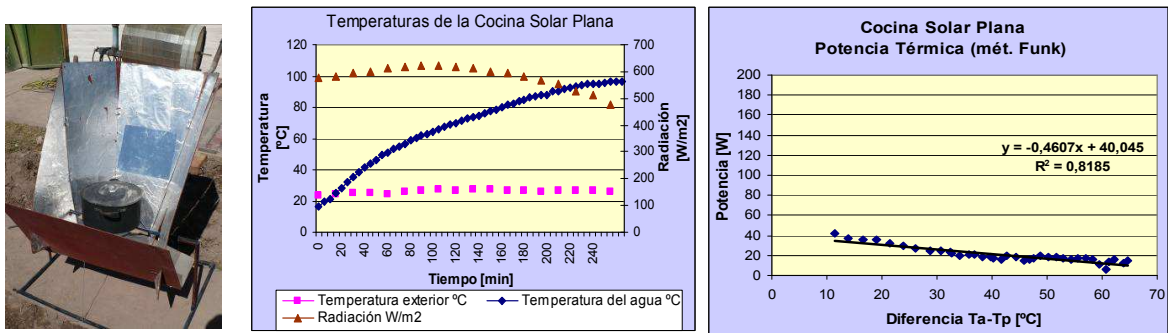


Figura 6: Foto de Cocina Plana, ensayo de temperatura y potencia en función de la diferencia de temperatura (Tp= Temp. Exterior y Ta: temperatura del agua)

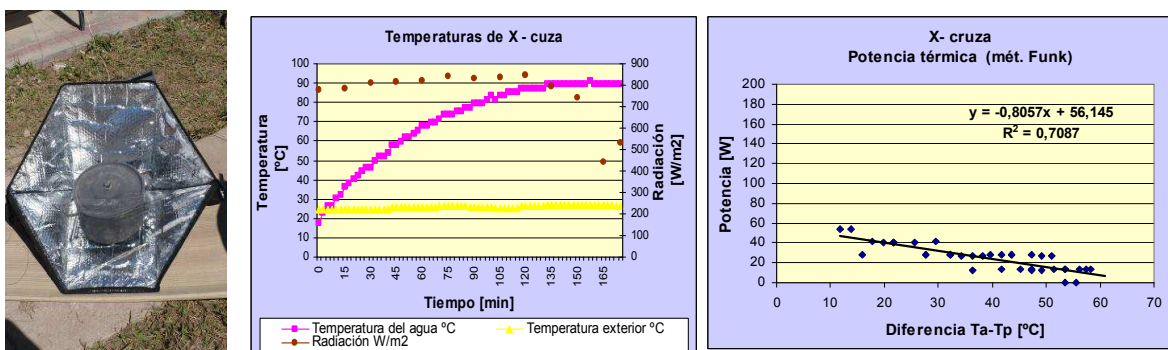


Figura 7: Foto de X-cruza, ensayo de temperatura y potencia en función de la diferencia de temperatura (Tp= Temp. Exterior y Ta: temperatura del agua)

El cálculo del valor de potencia se obtiene tomando en cuenta la energía absorbida por el agua en ese intervalo (en Julios), dividido por el intervalo de tiempo (en segundos).

La Figura 5 muestra los valores obtenidos al medir la potencia de la cocina SK14, como se puede observar alcanza los 300 W para una diferencia de temperatura entre el agua y el aire exterior (DT) de 10°C. El protocolo indica como mejor, tomar la potencia para un DT de 50°C, ya que se aleja suficientemente de la temperatura exterior y también de la temperatura de ebullición, donde puede haber errores por cambio de fase, en este caso resulta 106.8 W. En el caso de la cocina plana sólo se alcanzan 17.0 W para un DT de 50°C y el camino de la temperatura del agua y la potencia en función del DT se puede observar en la Fig. 6. En la Figura 7 se indica el ensayo realizado con la cocina solar X-cruza. La misma alcanza 16.6 W para un DT de 50°C aunque cabe destacar que esta cocina resulta muy limitada térmicamente para poder concluir cocciones en tiempos normales, mientras que la cocina plana, a pesar de tener una potencia similar, si puede realizar cocciones en tiempos normales (Esteves et al., 1997).

CONCLUSIONES

Tanto en comunidades rurales aisladas como en los barrios marginales, donde el aprovisionamiento de energía se vuelve un problema, la cocción solar con concentradores solares resulta una excelente alternativa. En este trabajo se presenta el rendimiento térmico de tres concentradores posibles de utilizar en estas zonas.

El concentrador SK 14 alcanza mayor potencia en comparación con las otras dos cocinas para el mismo DT, es decir, se sextuplica la potencia que resulta suficiente para la cocción de varias raciones. Luego, conforme la temperatura va aumentando la potencia va disminuyendo. Como se puede apreciar, el diseño del concentrador SK 14, cuenta con una mayor potencia dado que presenta una gran área y concentración (Funk, 2000).

Se indica la potencia de cada concentrador con las explicaciones constructivas y de manejo generales. Se demuestra que el concentrador SK14, parabólico resulta adecuado para la cocción de varias raciones y la esterilización de agua y otros alimentos (conservas). La cocina plana y la cocina x-cruza, como concentradores planos resultan limitadas a pocas raciones y sólo pasteurización de agua requiriendo para esto indicadores seguros de haber alcanzado 70°C.

ABSTRACT

The concentration of solar energy, with concentrators of different shape, have been built much more in order to aluminized materials have been development. This work present thermal evaluation of three solar cookers of according to the RICSA (Iberoamerican Food Solar Cookers Net) protocol of test. The solar cooker that have been studied are: SK 14 invented by Dr. Dieter Seifert of Germany, flat solar cooker development by Human and Housing Ambient Laboratory of Mendoza and X-Cruza^R comercial solar cooker designed by victoria Rique and Carlos Enrique Genoud of Ecoon Design Studio. Thermal power for 50°C of temperature difference between water and ambient air was: for SK14 cooker 106.8 W; for plane solar cooker 17.0 W and for X-Cruza^R 16.6 W. Is possible to be appreciated that SK 14 concentrator have gratest thermal power and it is important when fried food or several rations of humid food are needed to cook.

Keywords: solar cooking, solar concentrators, thermal power test.

REFERENCIAS

- Echazú R., Saravia L. y Cadena C., (2003) " Estudio de Materiales " Capítulo 4 del libro en CDROM " Las cocinas Solares en Iberoamérica " Ed. Sub Programa VI Solcyted la Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos de CYTED. ISBN 987 – 20105 – 3 – 6.
- Esteves A. (1996) "Cocina Solar Abierta de Reflector Plano". Actas de la XVIV Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata. Buenos Aires. Tomo II, pp. 07.09 al 07.12.
- Esteves A., Rabino D., Francica M., Oro G. (1997) "Reducción microbiana por cocción de carnes en cocinas solares". Rev. Av. en Energ. Renov. y Med. Amb. Vol.I, N^o 1, pp. 81-84. Argentina.
- Esteves A. (2003) "Protocolo de Ensayos de Cocinas Solares". Capítulo 5 del libro: "Las cocinas solares en Iberoamérica". ISBN 987-20105-3-6. Ed en Cd. INENCO, Salta, Argentina.
- Esteves A. (2006) Horno solar con ganancia superior e inferior. Evaluación del rendimiento térmico. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ASADES, 10: 03.77 – 03.82. Argentina.
- Funk P.A. (2000) Evaluating the international standard procedure for testing soa cookers and reporting performance. *Solar Energy* 68, 1, pp 1-7.
- Grandinetti J. (2009) "Testing and Production of an Advanced Solar Cooking Appliance". World Climate & Energy Event Rio de Janeiro, Brazil RIO 9.
- <http://solarcooking.wikia.com/wiki/SK14>. Consultada 10 de agosto de 2009.
- <http://www.ecoon.org>. Consultada 13 de octubre de 2010.
- Nandwani S. (2003) "Las Cocinas Solares en Iberoamérica" – Cap. 3. Ed. INENCO. Salta.
- Saravia, L. R., Cadena, C., Caso, R., y Fernández, C. (2001). El diseño de concentradores reflectores de tipo fresnel destinados a cocinas solares., *Energías Renovables y Medio Ambiente*, ASADES, 9, 57-65. ISSN 0328-932X
- Saravia L., Cadena C., Caso R. y Fernández C. (2002). *Cocinas solares comunales de uso múltiple*. ERMA. Vol. 10, pp.51 – 56.