

USO DE COCINAS SOLARES EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE BARILOCHE: RESULTADOS EN PRIMAVERA Y VERANO

Alejandro D. González, Ernesto Crivelli

Grupo de Estudios Ambientales, Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA),
CONICET y Universidad Nacional del Comahue, 8400 Bariloche, Río Negro.
e-mail: agonzalez@crub.uncoma.edu.ar, crivelli@crub.uncoma.edu.ar

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo es demostrar el potencial de las cocinas solares en el área de Bariloche, situado en una región fría cordillerana. Se muestran resultados del uso cotidiano en primavera y verano, y modificaciones para mejorar las prestaciones. En una de las cocinas se agregó una superficie reflectante interior, y se comparó con la cocina de interior pintado de color negro. Se encontró que estas opciones producen resultados similares, aunque la superficie reflectante conduce a tiempos menores en el calentamiento de agua en ollas, mientras que se alcanzan temperaturas más altas en el aire interior con la superficie opaca. Durante cinco meses se cocinó un amplio espectro de comidas, incluyendo pan, y tostado de maníes, avena y sésamo. Se alcanzó el punto de ebullición de dos litros de agua en menos de tres horas. Además, se demostró que, aun a comienzos del otoño, en la región de Bariloche pueden realizarse hasta dos cocciones solares diarias.

Palabras clave: Energía solar – Cocción – Zona Fría Patagónica

INTRODUCCIÓN

El diseño y uso de cocinas solares han sido estudiados extensamente en Argentina. Desde los modelos más sencillos tipo caja (Esteves et al., 2006; Saravia et al., 2003), hasta concentradores de alta potencia (Franco et al., 2003). También se desarrollaron diseños que posibilitan la cocción de mayores cantidades de alimentos, usadas en comedores comunitarios, escuelas, o fabricación de productos para la venta (Saravia et al., 2002, Franco et al., 2004). Conjuntamente con las problemáticas de diseño para lograr la mayor eficiencia, existen variables intrínsecas a la mejora y al uso cotidiano de los equipos. Por ejemplo, Filippin et al. (2005) estudiaron en detalle las diferencias entre ollas comerciales disponibles para los usuarios; Quiroga et al. (2004) investigaron la influencia del tamaño en el rendimiento de las cocinas; y Lema et al. (2006) determinaron la incidencia que tiene el material de la cubierta en el comportamiento de una cocina tipo caja.

Si bien han existido iniciativas para la implementación de cocinas solares en Bariloche, al presente no conocemos otros trabajos sistemáticos que estudien el uso de estos dispositivos en las condiciones climáticas de esta región. En Bariloche el clima es cordillerano frío. Con una altura sobre el nivel del mar de 800 m, tiene una temperatura media anual de 8°C, y promedios mensuales de vientos entre 20 km/h en invierno y 29 km/h en primavera y verano (SMN, 2007). Sin embargo, en verano la radiación solar en la región es alta, similar a la de localizaciones más hacia el norte, con promedios diarios cercanos a 7 kWh/m² (Grossi Gallegos, 1998; Raichijk et al., 2005). Además, los períodos de mayores lluvias y de mayor nubosidad se encuentran concentrados en invierno, durante los meses de mayo a setiembre. Las condiciones de baja humedad y baja nubosidad a partir del mes de noviembre y hasta casi fines de abril sugieren un potencial importante para el uso de la energía solar pasiva.

Desde 2007, estamos promoviendo las cocinas solares tipo caja a través de talleres y seminarios demostrativos para la comunidad. Elegimos este diseño por su simplicidad en la autoconstrucción, y en la etapa de iniciación en su uso cotidiano por parte del usuario. En un trabajo anterior presentamos prototipos similares a los del presente trabajo, y un estudio de las condiciones de uso en invierno. En ese período no se logró la cocción de alimentos, aunque dadas las bajas temperaturas exteriores, el calentamiento del aire y del agua en las cocinas fue significativo (González y Crivelli, 2007).

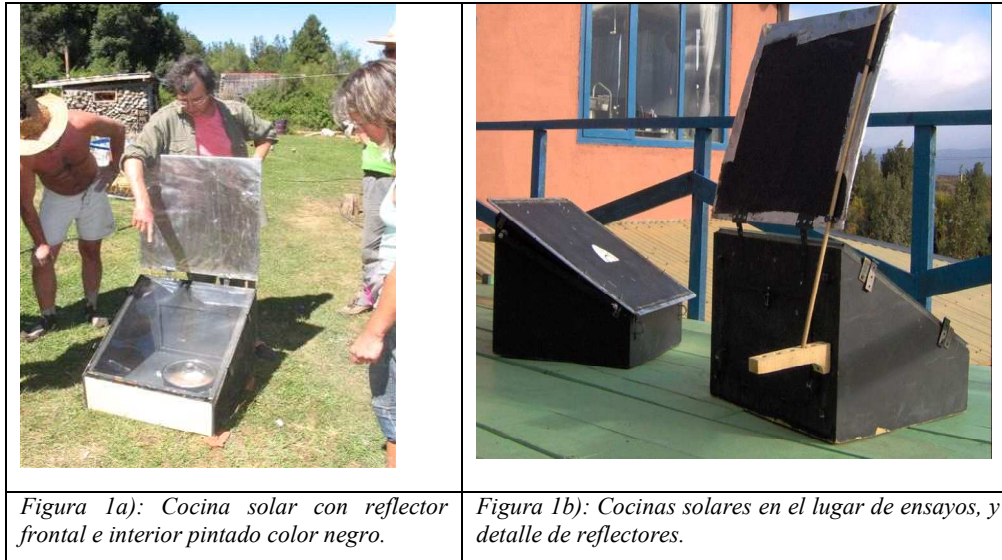
El objetivo del presente artículo es demostrar el potencial de las cocinas solares en la región durante un período de 5 meses, abarcando parte de la primavera, el verano y parte del otoño. Se usaron las cocinas solares extensamente para todo tipo de alimentos, se lograron temperaturas altas que permiten hasta el horneado, y tiempos de calentamiento de agua similares a los informados por otros grupos de investigación con amplia experiencia en el tema (Esteves et al., 2006; Saravia et al., 2003). Los resultados son alentadores y forman parte de un cuerpo de información sólida para quienes se inician en el uso de la energía solar pasiva en esta región. En la actualidad, debido a los elevados subsidios al gas natural (precio final residencial en Bariloche de \$0,08 /m³), los consumos son muy altos respecto a la prestación (González et al., 2006). Sumado a esto, de alguna manera se ha creado una percepción pública de que el gas barato es un recurso eterno, y entonces no se observan motivaciones reales de aprovechamientos eficientes o de búsqueda de recursos energéticos renovables. Sin embargo, es sabido que las reservas de gas y petróleo en Argentina están sufriendo decaimientos que sitúan al país en serias dificultades de provisión hasta en el corto plazo. Por ejemplo, en el invierno de 2008 se está inyectando gas natural licuado importado desde un barco en el puerto de Bahía Blanca, a un precio estimado de \$1,60/m³. Por otro lado, cerca del 40% de los hogares no está conectado al gas natural, y es más vulnerable a las variaciones de precios de recursos más caros, como son el gas

envasado, la electricidad, y la leña. Por lo tanto, los estudios sobre uso de la energía solar adaptados a esta región fría cordillerana tienen un importante potencial futuro de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODO

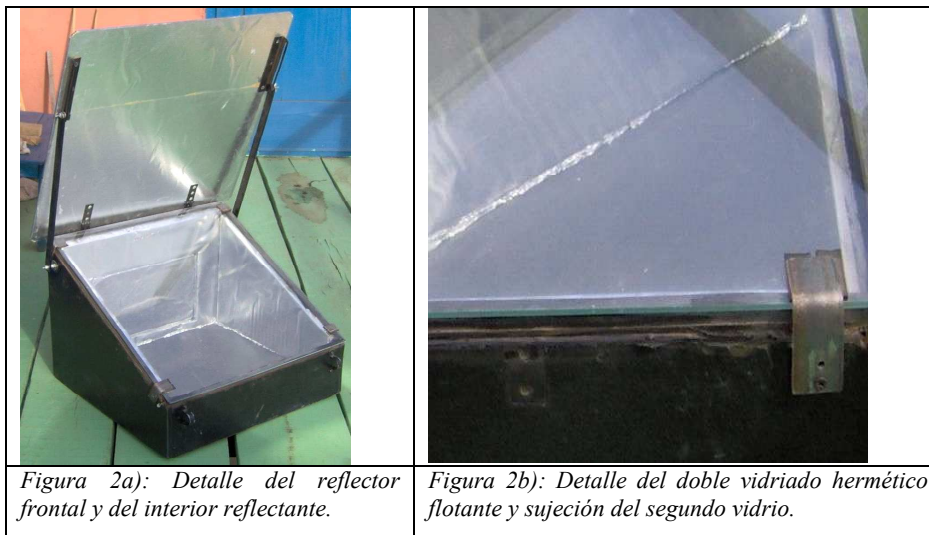
Descripción de las cocinas usadas

En los ensayos previos, utilizamos reflectores sobre tres lados de la caja solar (González y Crivelli, 2007). Se comprobó que este diseño no es adecuado para las condiciones locales: por un lado, porque las restricciones en los ángulos no permitieron regulaciones para el mejor aprovechamiento de las reflexiones; y por otro lado, porque los vientos casi permanentes ocasionaron el vuelco de la cocina solar en varias oportunidades. Entonces, simplificamos el modelo dejando sólo el reflector frontal, como se muestra en las Figuras 1a) y 1b). La cocina mostrada en 1a) es la misma cocina con aislación descrita en González y Crivelli (2007), aunque sin los reflectores laterales. Con el agregado de doble vidriado este modelo se denomina a partir de aquí cocina A.



En la Figura 1a) el reflector se soporta con varillas de madera, y la regulación del ángulo se hace por pasos a través de un dispositivo con agujeros en donde se insertan las varillas (detalle en la Figura 1b). Como Bariloche se encuentra en una latitud de 41° Sur, la trayectoria solar de primavera y verano presenta ángulos bajos hasta cerca de las 11 horas, pero de intensidad suficiente para su aprovechamiento. Por lo tanto, es deseable contar con un dispositivo de regulación de ángulo.

Se comenzó el uso de las cocinas solares diariamente desde el 15 de noviembre de 2007. Esta fecha no significa que las condiciones no eran apropiadas anteriormente, sino que el lugar estuvo acondicionado a partir de ese momento. Se comenzó utilizando las cocinas como se informaron en el trabajo previo (González y Crivelli, 2007): una sin aislación, las dos con interior pintado de negro y con vidrios simples. Como ya se había observado, la aislación es muy importante para el rendimiento pero se buscó determinar las ventajas y desventajas de los modelos más simples de autoconstrucción. Así como en los ensayos de invierno, se obtuvo diferencias mayores a 15°C de temperatura entre ambos modelos, y tiempos para ebullición de agua 30% menores en la cocina con aislación. Entonces, se dejó de lado el modelo más simple sin aislación a



mediados de diciembre, y se lo rehabilitó con las modificaciones ilustradas en la Figura 2a), y que se denominará cocina B.

La cocina B dispone de un reflector regulable en forma continua (Figura 2a). En esta cocina también se amplió el tamaño del reflector para que cubra completamente el vidrio en la posición cerrado. La Figura 1b) muestra esta cocina con cobertura total. Este es uno de los aspectos que los usuarios manifiestan como importante, ya que permite reutilizar la cocina sin limpiar el vidrio frecuentemente.

Las dos cocinas ensayadas son iguales en tamaño (57cmx57cm; altura menor 17 cm; altura mayor 47 cm). El vidrio es fijo, y en las figuras puede verse la puerta de acceso en la parte posterior (abertura libre de 36cm de ancho y 25cm de altura). La puerta y el volumen interior permiten situar en la cocina una asadera de horno, o por ejemplo, una olla de 10 litros, y dos de 2,5 litros. De todos modos, las condiciones de rendimiento dependen de la cantidad y volumen de ollas. La olla que se ve en la Figura 1a) tiene 3,5 l de capacidad. La foto corresponde a un taller, y en la oportunidad, en 3 horas, se cocinó trigo de producción local, demostrando la sinergia entre la producción local de alimentos y las energías renovables.

Como aislación térmica se usaron varias capas de cartón reciclado de empaques, que se pegó sobre las paredes del aglomerado que sirven de estructura. En la cocina con interior color negro se utilizó chapa de hierro en todas las caras interiores, incluida la puerta. En el modelo con interior reflectante se utilizó chapa de hierro pintada color negro para el piso, y chapa de aluminio (0,3 mm de espesor) para los laterales. En todos los casos se realizaron 3 agujeros pasantes de 5 mm en la parte superior y posterior para la ventilación del vapor de agua.

Se comenzó utilizando las cocinas con vidrio simple, y luego se instalaron en ambas vidrios dobles. En los primeros diseños se utilizaron dos vidrios superpuestos, pegados y con un separador de madera estacionada y seca de sección cuadrada de 1cm. No se obtuvieron buenos resultados con los vidrios pegados, en pocos días se produjo empañamiento, y en un caso rotura del vidrio inferior, posiblemente por falta de flexibilidad para la dilatación. Entonces, experimentamos con un sistema de vidrio hermético flotante. Este consiste en pegar el primer vidrio en forma convencional, y luego instalar una goma de sección cuadrada de 1cm x 1cm a lo largo del borde. Para su posicionamiento, la goma se pega con cemento de contacto al primer vidrio ya instalado, y sobre esta se apoya el segundo vidrio. El segundo vidrio se sella por presión con un sistema simple de ángulos de metal, como muestra la Figura 2b). En un mes de uso intensivo, y con temperaturas nocturnas de hasta 2°C (principio del otoño), no hemos observado problemas con este sistema de doble vidrio flotante.

Mediciones

Se utilizaron termómetros datalogger con termocupla (precisión de 0,5°C). Las ollas y asaderas de horno usadas son de chapa de hierro esmaltado. Para las ollas se utilizaron tapas de vidrio, similares a las estudiadas previamente por Filippin et al (2006). Como al presente no disponemos de radiómetro, la potencia absoluta de la radiación solar no pudo ser medida, y entonces las mediciones son relativas entre los modelos de cocinas. Para esto se tuvo especial cuidado de que ambas estuvieran situadas en las mismas condiciones ambientales, por ejemplo, mismo tipo de piso de apoyo, irradiación solar, y exposición a vientos.

Se realizaron ensayos desde el 15 de noviembre de 2007 hasta el 3 de abril de 2008. Se situaron las cocinas sobre un deck de madera con orientación norte, con exposición parcial al viento predominante, y sin obstáculos para la captación de orientaciones NE y N. En la tarde la sombra de un techo cercano limitó la captación NO (a partir de las 18.30 horas en verano y de las 17 horas en otoño). En Bariloche, el viento predominante es del ONO, con velocidades entre 5 y 50 km/h con ráfagas y alta variabilidad diaria. Las temperaturas medias históricas son de 10,6 °C; 12,9 °C; 14,3 °C; 14 °C; y 11,3 °C para los meses de noviembre a marzo, respectivamente, y el promedio de viento para los mismos meses es de 29 km/h, 29 km/h, 29 km/h, 25 km/h, y 22 km/h (SMN, 2007), respectivamente. Este es un factor limitante para el uso de reflectores más eficientes, y al mismo tiempo una oportunidad de diseño (Cadena et al., 2003).

RESULTADOS

ANÁLISIS CUALITATIVO

Cocción de alimentos en ollas

En el período de ensayos en primavera, desde mediados de noviembre hasta fin de diciembre, se utilizó la cocción solar en 68% de los días. En verano, de enero a marzo, se usó en el 90% de los días. Adicionalmente, en ambos períodos, en algunos días las condiciones de viento y falta de protección no permitieron usar la cocina, aun con soleamiento adecuado. Se prepararon comidas diversas: cereales, verduras, legumbres, huevos, carne, pan, y tostado de maníes, sésamo y avena. En cada caso se registraron particularidades a tener en cuenta para las recomendaciones al usuario.

La cocción en ollas oscuras y con tapa de vidrio de buen cierre es la más efectiva (Filippin et al., 2006). En la mayoría de los casos no se produjo condensación aun con vidrio único. A pleno sol 2 litros de agua hierven en menos de tres horas, y alcanzan una temperatura adecuada para uso en infusiones o mate en cerca de dos horas.

Contrariamente a la impresión adquirida a través del uso de combustibles en la cocina (y consecuentemente de altas temperaturas), existe una diversidad de alimentos que se cocinan a temperaturas menores a 100°C. Por ejemplo, el arroz, el trigo partido y las pastas. Para el caso de las pastas hay que tener cierta precaución para evitar sobre cocción. Una vez que el agua alcanza 85-90°C se vierten, y luego basta con menos de 15 minutos dentro de la cocina solar.

En las figuras 3a) y 3b) se muestran distintos tipos de comidas en preparación. En 3a) se cocinaron choclos y una salsa de verduras verdes en ollas de 2,5 y 3,5 litros. Se observa también un jarro, que contiene 1 litro de agua para infusiones o mate. El uso de todo el espacio de la cocina lleva a tiempos de cocción más largos, aunque también es óptimo para situar los alimentos y dedicarle una mínima atención en el transcurso de las 4 horas en que estarán listos. Para la mejor eficiencia sólo se requiere la orientación de la cocina cada dos horas. En la Figura 3b) también se observa una aplicación importante, el calentamiento de comida ya preparada. La cocina solar es óptima para esta función, ya que no produce sobrecalentamiento y se evitan los efectos de pegado y quemado que luego requieren de tiempo y esfuerzo en limpieza. Las mismas ventajas del horno de microondas para calentamiento se tienen en la cocina solar, salvo el mayor tiempo de calentamiento, el cual se resuelve con previsión a través de cambios en hábitos. Entonces, las ventajas y desventajas de la cocción solar deben analizarse en su totalidad, incluyendo las etapas de limpieza y la posibilidad de cocinar en forma segura con mínima atención a la tarea. Cadena et al. (2003) proponen un método de análisis FODA para el uso de este tipo de cocinas.



Figura 3a):Uso de la cocina en capacidad máxima



Figura 3b): Cocción y calentamiento de alimentos

Horneado de alimentos a temperaturas moderadas.

Dado que se obtienen temperaturas del aire interior entre 110°C y 120°C, la cocina solar puede usarse como horno. Para el horneado no es necesario contar con más altas temperaturas, aunque sí se requieren mayores tiempos. Por ejemplo, el tostado de maníes en la cocina solar es excelente, por varios motivos puede considerarse de mejor calidad al horneado a gas. Por un lado, el tostado es lento y parejo, y la probabilidad de obtener superficies quemadas es nula, y por otro, se realiza a una temperatura que no altera los ácidos grasos. Cuando la temperatura de una grasa o aceite supera el punto de humo (150°C para margarina, 110°C para manteca, 170°C para la mayoría de aceites vegetales) se producen sustancias con potencial tóxico; una de las cuales, directamente relacionada con la temperatura de los aceites, es la acroleína (Lignert et al., 2002).

Además, si el horneado involucra un producto con hidratos de carbono (por ejemplo, panificados, galletas, pizza) las temperaturas mayores a 120°C dan lugar a la aparición de acrilamida, un compuesto de acción cancerígena (Claeys et al., 2005; OMS, 2005). La acroleína es también precursora de la acrilamida. Por ejemplo, las papas fritas o doradas al horno, pueden alcanzar niveles tan altos que con sólo 20g del producto se ingesta la dosis promedio diaria; mientras las papas hervidas presentan niveles despreciables de acrilamida. Estas condiciones pueden mitigarse en parte si en hornos o frituras se usan temperaturas moderadas, alrededor de 150°C.

La cocina solar produce naturalmente horneados que no acarrearán estos probables problemas para la salud humana. Sólo se requieren mayores tiempos de cocción, los cuales también favorecen la disminución de esas sustancias tóxicas. Aunque aun

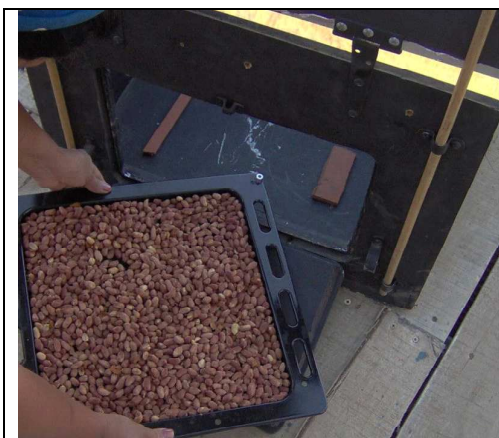


Figura 4a): Horneado de 1 kg de maníes



Figura 4b): Horneado de una comida étnica con trigo y carne

no se comprenden totalmente los mecanismos químicos, esta disminución con el tiempo se ha observado experimentalmente en una diversidad de preparaciones alimenticias (Claeys et al. (2005).

La temperatura de 120°C como límite seguro también se midió experimentalmente en diversas condiciones y laboratorios (OMS, 2005). Mantener un horno convencional (con energías no renovables) funcionando por largo tiempo es a la vez costoso y contaminante. Por el contrario, no existen estas consecuencias en el uso de las cocinas solares.

En la Figura 4a) se muestra la disposición para el horneado de maníes. Es conveniente dejar una cámara de aire entre el fondo de la cocina y la asadera, para esto se observan en la foto dos piezas de cerámica. El caso de los maníes, el sésamo y la avena son los horneados más sencillos porque contienen muy poca agua. La avena es un cereal con 7% de aceite en peso, y contiene alta proporción de hidratos de carbono (67%); ambos grupos de sustancias son sensibles a la temperatura de cocción. En la actualidad, existe una demanda cada vez mayor de mezclas con cereales y frutas secas para el desayuno, denominada en general granola. La cocina solar presenta muy buenas condiciones para la manufactura de estos alimentos sin la formación de acrilamida, debido a que las temperaturas alcanzadas son apropiadas para un horneado que preserva los aceites y azúcares.

En la Figura 4b) se dispone para la cocción de una preparación que es una mezcla de carne picada y trigo molido fino (es una comida étnica de origen árabe). La cocción de esta preparación tomó cerca de 5 horas en un día a pleno sol. En este caso, dada la alta humedad de la preparación y por haber usado la cocina con vidrio simple, se tuvo que secar el agua condensada en la cara interior del vidrio frecuentemente, en períodos de unos 30 minutos. Cada apertura de la cocina para esta tarea disminuyó la temperatura del aire entre 20°C y 30°C. En las mismas condiciones desfavorables se horneó pizza, pastel de choclo con huevo, y pan. En todos los casos, los alimentos se cocieron en forma correcta. Sin embargo, esto no es recomendable con la cocina de vidrio simple, ya que la condensación reiterada puede dañar la estructura. En la figura 3b) se observan los efectos de la condensación en el aglomerado del lado inferior.

Las Figuras 5a) y 5b) muestran el horneado de pan y el resultado obtenido. Dado el horneado a baja temperatura, y la apertura frecuente de la cocina, el tiempo de horneado fue de 5 horas. Sin embargo, el pan resultó de buena calidad, y con el tostado esperado para este tipo de alimento.

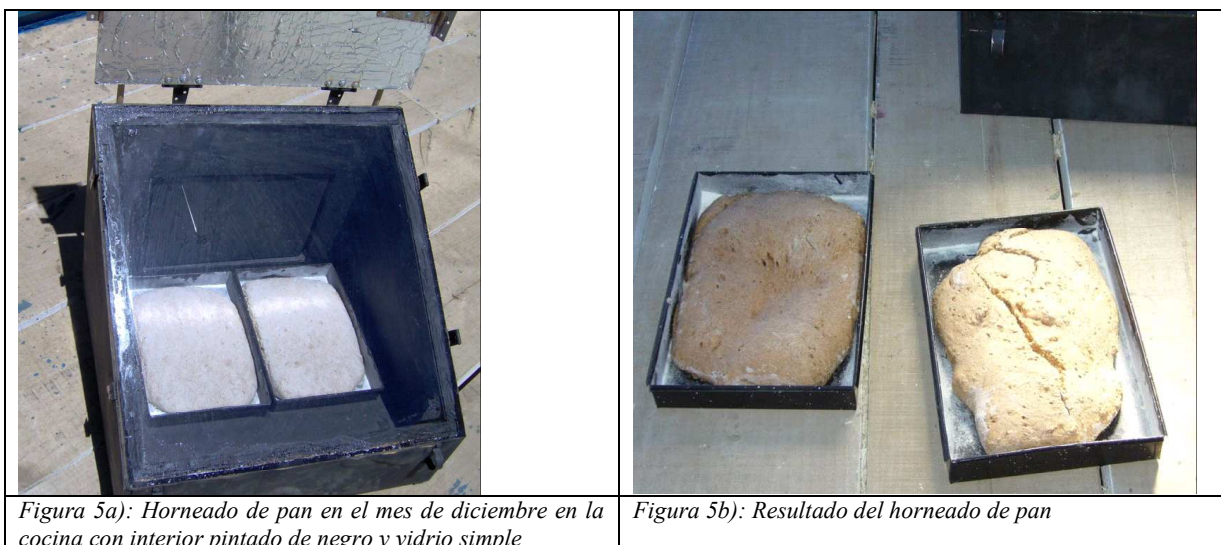


Figura 5a): Horneado de pan en el mes de diciembre en la cocina con interior pintado de negro y vidrio simple

Figura 5b): Resultado del horneado de pan

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Calentamiento de agua

En la Figura 6 se muestran valores de temperaturas alcanzados en el aire y en dos litros de agua en la cocina B el día 21 de marzo de 2008. A las 9.20 se sitúa la olla con agua en la cocina. Los símbolos llenos representan la temperatura del agua, y los vacíos en el aire interior (cuadrados) y en el exterior (triángulos). A las 12.50 se alcanza el punto de ebullición del agua (98.7°C), se retira y se reemplaza por agua a temperatura ambiente a las 13.00. Se alcanza nuevamente la ebullición a las 15.30, y se reemplaza otra vez para un tercer calentamiento. Como se observa en la Figura 7, este se detiene a las 17 horas, debido a la sombra de un techo, en 73°C. En esas condiciones sería posible preparar diariamente dos comidas con arroz o fideos y salsas, el día 21 de marzo, a comienzos del otoño. En cuanto a agua para infusiones, esta podría obtenerse hasta tres veces diarias sin las limitaciones de obstáculos edilicios.

La ubicación usada de las cocinas debe mejorarse para aprovechar la dirección O hasta últimas horas (puesta del sol en verano entre las 21 y 22 horas dependiendo del mes). Esto requiere un diseño global del entorno y actividades de los usuarios. Por ejemplo, en Bariloche es común encontrar viviendas unifamiliares con soleamiento parcial debido a árboles y arbustos perennes cercanos a la envolvente. En estos casos, sería necesario un diseño del entorno para aprovechar la energía solar. La necesidad de refrigeración en la zona es casi nula (menos de 20 grados-día base 18 /año), por lo que la sombra de la vegetación para estos fines no es necesaria en verano, siendo suficiente la ventilación natural.

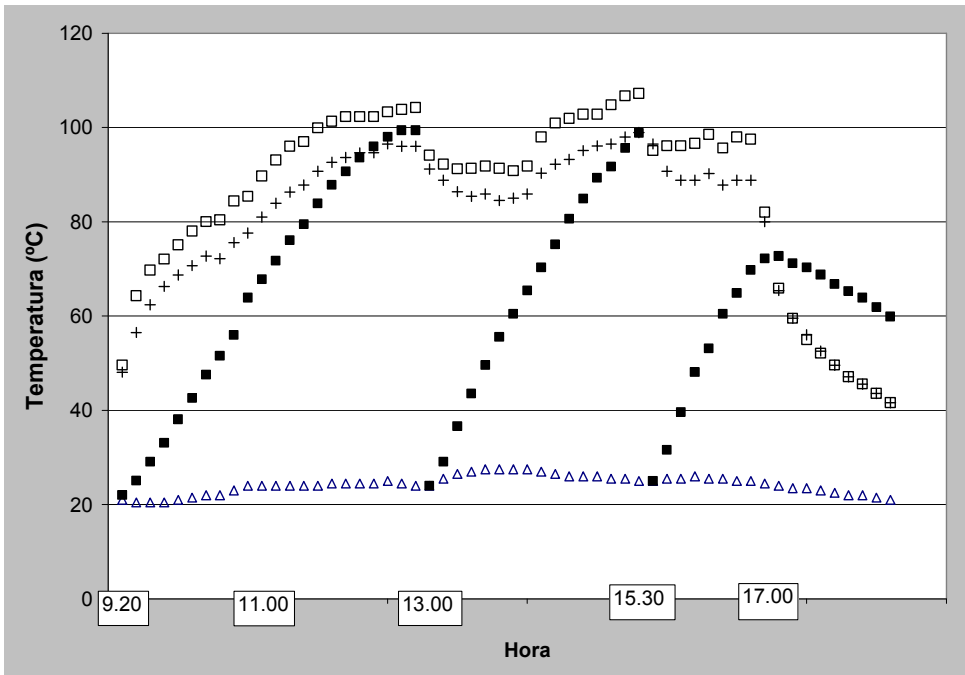


Figura 6): Temperaturas alcanzadas en la cocina B (interior reflectante, doble vidriado). Los cuadrados vacíos corresponden al aire, los llenos a dos litros de agua, las cruces a la temperatura del vidrio interior, y los triángulos al aire exterior.

Comparación de las cocinas con interior reflectante y pintado de negro

Se midieron temperaturas durante el horneado de avena en las cocinas A y B, ambas con vidriado doble, y se grafican en la Figura 7. Se situaron asaderas iguales y con avena arrollada comercial seca. Las asaderas son rectangulares, de metal enlozado color negro, de 23cm x 32 cm, como las que se observan en la Figura 5b). No se usaron tapas. Las temperaturas están medidas en el aire de las cocinas, a 10 cm por encima de las asaderas. Para la cocina con interior pintado de color negro las temperaturas son ligeramente mayores. A las 16.10 horas se consideró que la cocción de la avena era apropiada en ambos casos. Si bien existe diferencia de temperaturas a lo largo del intervalo de 4 horas de horneado, a los fines prácticos, la incerteza en considerar cuándo el alimento está cocido puede ser mayor a las variaciones observadas entre estos dos prototipos. Entre las 13 y las 14 horas, y a partir de las 15.40 horas, la presencia de nubosidad produjo los descensos de temperatura observados.

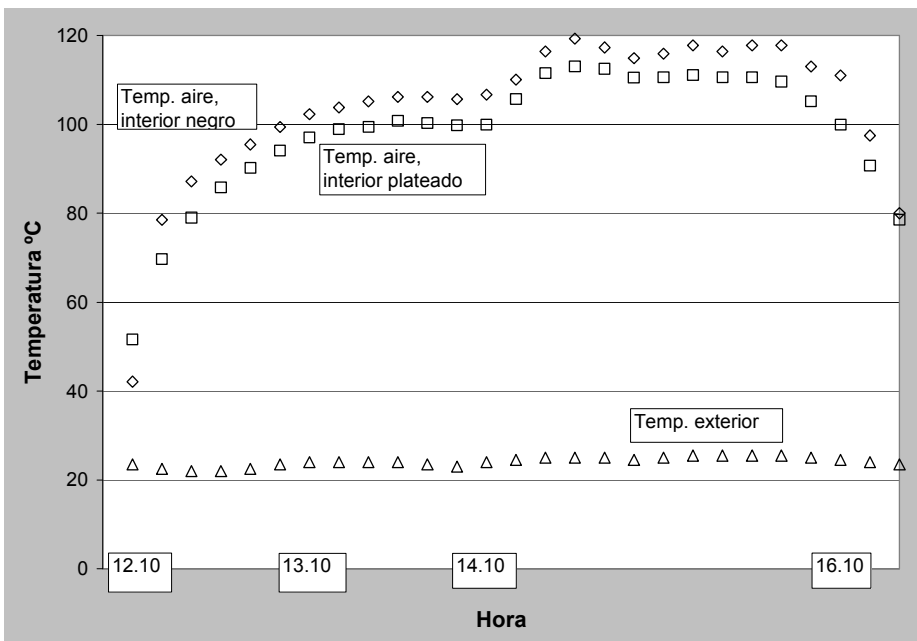


Figura 7): Temperatura en función del tiempo para el día 2 de abril de 2008, durante el tostado de avena. Los cuadrados representan la temperatura del aire en la cocina con interior pintado color negro; los rombos en la cocina con interior reflectante; y los triángulos la temperatura exterior.

En la Figura 8 se comparan las temperaturas alcanzadas en el aire y en dos litros de agua en las cocinas A y B el día 3 de abril de 2008.

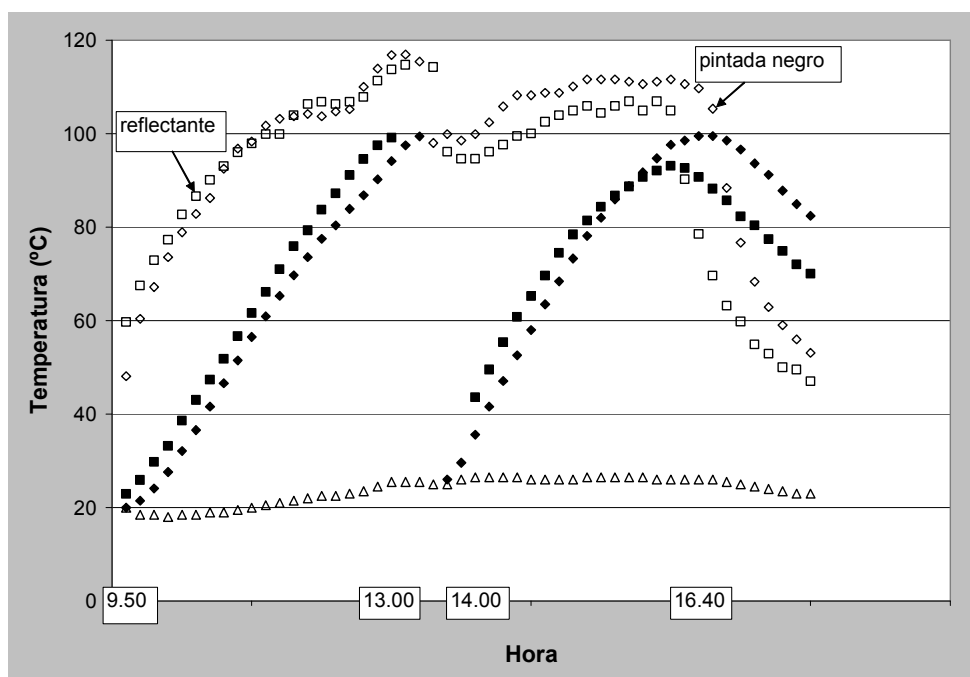


Figura 8: Comparación de las temperaturas del aire y agua en las cocinas A y B, el 3 de abril de 2008. Los cuadrados representan la cocina con interior reflectante, los rombos la cocina pintada de negro (llenos para el agua y vacíos para el aire), y los triángulos la temperatura exterior.

En este caso el ensayo comenzó a las 9.50. Se colocaron dos ollas iguales, de enlozado negro, 2,5 litros de capacidad máxima, con tapa de vidrio, y 2 litros de agua a 20°C. Los símbolos vacíos representan las temperaturas del aire interior (rombos cocina A, cuadrados cocina B) y exterior (triángulos). Los símbolos llenos son las temperaturas del agua, los rombos llenos corresponden a la cocina A, y los cuadrados a la B. En la cocina con interior reflectante (B) el agua alcanzó el punto de ebullición a las 13.00, y en la cocina con interior negro (A), a las 13.20. Se observa que en casi todo el intervalo de calentamiento de agua en la cocina B se alcanza una determinada temperatura entre 10 y 20 minutos antes que en la cocina A. A las 13.20 se retiran ambas ollas y se guarda el agua en termos. A las 13.40 se restablecen las ollas con agua a 20°C en las cocinas. Nuevamente, para cada tiempo la temperatura del agua obtenida en la cocina B es mayor. A las 16.40 se obtiene la ebullición del agua en la cocina A, mientras que la cocina B se vio influenciada por la sombra del techo antes mencionado. Tanto en el primer período de calentamiento como en el segundo, puede retirarse la preparación y finalizar la cocción en cajas térmicas como las descritas por Mercado y Esteves (2004). En cuanto a la temperatura del aire, en el primer período ambas cocinas presentan valores similares. Al abrir para el cambio de olla descende la temperatura del aire interior en cerca de 20°C. A partir de ese momento la cocina A presenta valores de temperatura sistemáticamente mayores. La diferencia de temperaturas observada en este caso es algo menor al mostrado en el tostado de avena de la Figura 7. Esto puede ser debido a que las asaderas cubren mayor parte del piso de las cocinas, los cuales en ambos casos son de chapa pintada de color negro.

Elegimos estos gráficos para mostrar el alto potencial solar en Bariloche, aun a comienzos del otoño. En los meses de enero y febrero las condiciones son aun más favorables. La dificultad de la sombra ONO mencionada es particular de la localización disponible para los ensayos, y depende en mayor grado de la configuración de la vivienda que de las cocinas. Fue posible usar la cocina solar aun después del 3 de abril mostrado en la Figura 6. Sin embargo, hacia mediados de abril la inclinación del sol produjo también sombras de la baranda del deck que fueron difíciles de sortear para un rendimiento máximo.

CONCLUSIONES

Se ensayaron dos cocinas solares tipo caja en Bariloche, situada en la región cordillerana del sur de Río Negro. Son modelos adecuados a la posibilidad de autoconstrucción, con paredes de madera, aislación térmica con cartón reciclado, y vidrio de cubierta fijo. Durante casi cinco meses, desde el 15 de noviembre de 2007 hasta el 3 de abril de 2008, se usaron las cocinas extensamente para la preparación de alimentos. En el periodo de primavera pudo utilizarse la cocina solar en el 68% de los días, y en casi la totalidad en verano. Se cocinaron una amplia variedad de alimentos sin dificultad: arroz integral, trigo entero, cebada, porotos negros, porotos de soja, lentejas, choclo, salsas diversas, comidas con carne, chupín de pescado, guisos diversos, choclos, huevos, y horneado de alimentos secos, como avena, maníes y sésamo. Con mayor dificultad, debido al empañado del vidrio, se horneó pan, pasteles de choclo, preparaciones con carne, pescado, y pizza. No se tuvo empañamiento del vidrio simple en ningún caso de cocción con ollas tapadas.

Se encontró que las temperaturas máximas alcanzadas, entre 100°C y 120°C, son suficientes para el horneado de una diversidad de alimentos. En este aspecto, se investigaron las posibles ventajas que tiene para la salud humana la cocción a temperaturas inferiores a 120°C. Según investigaciones de los últimos 5 años, en el calentamiento de grasas e hidratos de

carbono se forman sustancias denominadas acrilamidas, y consideradas cancerígenas. Con cocciones a menos de 120°C las cantidades formadas son pequeñas, comparables con las presentes en el agua o derivadas de plásticos de uso corriente. Por el contrario, los niveles son muy altos en frituras y horneados a más altas temperaturas. El horneado solar presenta una excelente oportunidad para promover productos alimenticios que preservan la salud pública.

En la mayor parte del período se trabajó con vidrios simples, y luego se mejoró la prestación incorporando vidrios dobles flotantes. Estos consisten en un primer vidrio pegado en forma convencional, y un segundo vidrio montado sobre goma de 1 cm de espesor, y sellado sólo por presión. Las condiciones para el horneado mejoraron substancialmente con la inclusión del doble vidrioado.

Se compararon dos opciones de terminación interior: una con chapa de hierro pintada de negro en todas las caras interiores; y la otra con chapa de hierro negro sólo en la base, y laterales forrados en chapa de Aluminio fina reflectante. En el primer caso, las temperaturas del aire interior en función del tiempo son mayores, y en la cocina reflectante se obtuvieron intervalos de tiempo menores para la ebullición de dos litros de agua. Sin embargo, las diferencias son pequeñas: alrededor de 5°C mayor para la temperatura del aire, y tiempos menores entre 5% y 10% para lograr la ebullición de agua. Cualquiera de estas dos variantes de diseño puede recomendarse a los usuarios de la región.

A través de estas experiencias de primavera, verano y parte del otoño, se demostró el alto potencial para uso solar pasivo en la zona de Bariloche. Como esta localidad es una de las más frías y ventosas de la región cordillerana, las conclusiones pueden extenderse a la región desde la latitud media de Neuquén hasta la ciudad de Esquel, en Chubut.

REFERENCIAS

- Cadena C., et al. (2003). La cocción comunal de alimentos con energía solar: aspectos de la transferencia de equipos. AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente) 7, 10.07-10.08
- Claeys W.L., et al. (2005). Quantifying the formation of carcinogens in food processing: acrylamide. Trends in Food Science & Technology 16, 181-193
- Esteves A., et al. (2006). Horno solar con ganancia superior e inferior. Evaluación del rendimiento térmico. AVERMA 10, 03.77-03.82
- Filippín F., Iriarte A., Saravia L. (2006). Estudio comparativo de ollas en una cocina solar tipo caja. AVERMA 10, 3.15-3.20
- Franco J., et al. (2004). Aplicación de un condensador tipo Fresnel para pasteurizar leche de cabra. AVERMA 8, 03.19-03.24
- Franco J., et al. (2003). Concentrador solar parabólico para fundir latas de aluminio, construcción y primeros ensayos. AVERMA 8, 02.25-03.29
- González A.D., Crivelli E., (2007). Estudio experimental de cocinas solares en las condiciones de la Patagonia Andina: comportamiento de invierno. AVERMA 11, comunicación
- González A.D., et al. (2006). Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de Bariloche. AVERMA 10, 7.01-7.08
- Grossi Gallegos H. (1998). Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de Radiación. ERMA (Energías Renovables y Medio Ambiente) 5, 33-42.
- Lema et al., (2006). Estudio de diferentes materiales de cubierta para cocinas solares tipo caja. AVERMA 10, 03.83-03.88
- Lignert H., et al. (2002). Acrylamide in food: mechanisms of formation and influencing factors during heating of foods. Scandinavian Journal of Nutrition 46, 159-172
- 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 8, 7.55-7.60
- OMS, (2005). Organización Mundial de la Salud. Acrylamide levels in foods should be reduced because of public health concerns. <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2005/np06/en/index.html>, libre acceso al informe completo
- Quiroga M.A., Saravia L.R. (2004). Evaluación del efecto de la variación del tamaño de una cocina solar del tipo caja, mediante un programa de simulación. AVERMA 8, 3.55-3.60
- Raichijk C., Grossi Gallegos H., Righini R. (2005). Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación solar en Argentina. AVERMA 9, 11.05-11.08
- Saravia L.R., Caso R., Fernández C., (2003). Cocina solar de construcción sencilla. AVERMA 7, 03.13-03.17
- Saravia L.R., et al. (2002). Cocinas solares comunales de uso múltiple. ERMA 10, 03.13-03.17
- SMN, 2007. Servicio Meteorológico Nacional, www.meteofa.mil.ar

ABSTRACT: The goal of the present work is to demonstrate the potential of solar cookers for the cold area of Bariloche. The performance of the solar cookers in spring and summer is studied, and improvements in the design described. In one of the devices, the interior surface was covered with reflecting Aluminium, and compared to the model with an interior painted black. It was found that both has similar performance, though reflecting surfaces led to smaller cooking times in pots, but the painted black develops higher air temperatures. Boiling of two litre of water was achieved in less than three hours. During five month of intensive use, we could cook a large variety of foods, including bread and roasting of peanuts, oats, and sesame seeds. The high potential of solar cookers in the cold region of Bariloche has been demonstrated, and even at the beginning of autumn two meals a day could be made.

Keywords: Solar energy – Cooking – Cold Patagonian climate