



AVANCES DE LA TECNOLOGÍA SOLAR PARA EL PROCESADO DE ALIMENTOS

Marta Pahissa
Fundación Tierra
Licenciada en Ciencias Ambientales

Probablemente tecnología solar e innovación es un tandem en el que uno no imagina la cantidad de ingenios relevantes existentes. Precisamente, España cuenta con el mayor laboratorio de tecnología solar, la Plataforma Solar de Almería, gestionado por el CIEMAT el cual aporta la mayor parte de las investigaciones españolas relacionadas con la obtención de los máximos rendimientos de la radiación solar con todo tipo de tecnologías de concentración, captación, difusión, etc. Frente a los desarrollos de tecnologías solares de alta temperatura en manos de departamentos de investigación e innovación, destacan también investigaciones en tecnologías de baja energía aplicadas al procesado de alimentos, no por ello menos singulares e útiles, impulsadas por organizaciones sin ánimo de lucro.

La crisis de la leña, pero también los problemas de potabilidad del agua y de conservación de alimentos en países no desarrollados ha motivado a personas en todo el mundo. España no es una excepción. Por ejemplo, el investigador del CIEMAT, Dr. Emilio Cruz lleva años investigando con un concentrador solar de lentes reflexivas que constituye una tecnología de gran interés en el ámbito del procesado de alimentos, entre otros. Los avances en este campo no se reflejan habitualmente en las revistas científicas, sino en foros de intercambio como las conferencias internacionales entre las que destaca la Solar Cookers and Food Processing International Conference, que por primera vez se celebrará

en España, el próximo julio, en Granada. Sin duda, una buena ocasión para revisar el estado de la cuestión en un ámbito de la tecnología solar que interesa desesperadamente a 2.000 millones de personas que padecen la crisis de la leña o no tienen acceso al agua potable.

LA CRISIS DE COMBUSTIBLE

Actualmente se calcula que un tercio de la población mundial depende de la leña y de residuos agrícolas como combustible doméstico. Más de 2.000 millones de personas cocinan usando fuegos de leña. El principal uso de la madera del mundo no es para la construcción, ni el papel, sino

que directamente se quema como combustible. LA FAO calcula que de los 4.400 millones de m³ de madera recolectada en 1996, casi la mitad—cerca de 1.900 millones—, se quemaron para la cocción o para la calefacción doméstica o se utiliza para hacer carbón que será quemado posteriormente, volumen que contribuye a la deforestación y erosión de ciertas áreas (FAO 1999:144). Si añadimos el resto de procesos productivos y comerciales a los que se somete la madera, finalmente el 63% de la leña recolectada acaba quemada como combustible, aunque en algunos países esta proporción alcanza las 4/5 partes de la madera recolectada. De un





estudio¹ del consumo de biomasa como combustible en 7 países asiáticos, se desprende que el 70-98% del total de biomasa consumida en los países analizados se realiza en el sector doméstico. Aunque el consumo real de biomasa ha aumentado en la mayor parte de los países en vías de desarrollo, el rápido incremento en el consumo de energía comercial ha provocado que disminuya su porcentaje respecto al total nacional. Cinco países, —Brasil, China, India, Indonesia, y Nigeria—, se atribuyen la mitad de la leña y el carbón mundial producido y consumido cada año.

Igualmente, se estima que el humo procedente de la cocción genera el 15% de las emisiones mundiales de CO₂. Así, el combustible de leña abastece el 15% del consumo mundial de energía (valor que supera el porcentaje aportado por la energía nuclear y la hidráulica juntas). Pero estos perniciosos efectos sobre el medio ambiente no son las únicas consecuencias que conlleva la crisis de la leña. El humo del fuego que se acumula en los hogares causa la muerte a 2,2 millones de personas anualmente, además de generar múltiples afecciones pulmonares, cataratas y otras infecciones oculares. Precisamente son las mujeres y los niños los más afectados por el humo acumulado en sus hogares, y además se calcula que deben caminar una media de entre 1 y 5 horas diarias para la recolección. Estas caminatas, que pueden alcanzar los 15 km diarios, conllevan consecuencias nefastas como el absentismo escolar, el éxodo rural, la dependencia económica, además de violaciones y agresiones violentas al adentrarse en áreas pocos pobladas y desprotegidas. Cabe señalar también que la escasez de combustible favorece que la cocción de los alimentos no sea siempre

completa, hecho que reduce su calidad nutritiva. La cocción a temperaturas inferiores a 50°C puede provocar intoxicaciones por agentes patógenos. Igualmente, la ingestión de agua contaminada es la primera causa de muerte en países en vías de desarrollo. La seguridad alimentaria del agua es crítica, pero difícilmente se puede hervir o pasteurizar el agua de boca si no se dispone de suficiente combustible para hacerlo. La energía solar puede contribuir a paliar estos problemas, aunque su desarrollo es todavía reciente.

UNA TECNOLOGÍA RECIENTE

El desarrollo contemporáneo de tecnologías solares para el procesado de alimentos no empezó hasta finales de los 50. Es entonces cuando la investigadora del MIT, Maria Telkes, construyó la que se considera la primera cocina “estándar” de caja solar (solar box cooker) con 2 tapas de vidrio separadas por una cámara de aire y 4 reflectores. Posteriormente diseñó varias instalaciones en India con la técnica de pirámide invertida de espejos de Adams para hornos solares de mayores dimensiones. Fue entonces cuando empezaron a crearse las primeras organizaciones dedicadas a la temática, aunque el momento álgido fue a partir de la crisis energética de 1973. El mismo año se celebró en China el primer seminario sobre cocina solar, posiblemente motivado más por buscar soluciones a los problemas energéticos derivados del crecimiento de la población, que por motivos ambientales. Igualmente, China fue el primer país del mundo en subsidiar cocinas solares (a inicios de 1981), ejemplo que con el tiempo seguirían otros países (India, Tanzania, etc.), y la ONU también empezó a promover la cocina solar especialmente como herramienta para aligerar el sufrimiento en campos de refugiados.

TECNOLOGÍAS DE COCCIÓN SOLAR DE ALIMENTOS

Existen fundamentalmente dos principios básicos que caracterizan los métodos de cocción solar: la **acumulación** y la concentración. Las típicas cocinas solares de caja, deben su funcionamiento a la acumulación de energía calorífica en su interior debido al “efecto invernadero” que retiene parte de la energía de la radiación solar a través del vidrio. Actúan como hornos domésticos y existen múltiples modelos con diferentes inclinaciones hacia el Sol según la estación del año y materiales de aislamiento diferentes según los recursos locales. La ventaja principal de estos modelos es que son sencillos de construir y no requieren de atención permanente durante la cocción. La temperatura de trabajo oscila entre los 80°C y los 160°C según los materiales, el diseño y la radiación solar del momento. Igualmente, y para aumentar el poder de cocción, se puede combinar el ingenio con paneles reflectores que permitan una mayor superficie de captación de la radiación.

El segundo esquema básico de cocinas solares son las que se basan en el principio de **concentración**. Las cocinas solares parabólicas alcanzan temperaturas de

¹ Bhattacharya, S. C. y Salam, P. A. “Low Greenhouse Gas Biomass Options for Cooking in the Developing Countries”. Publicado en Biomass and Bioenergy, Vol. 22, pp. 305-317. 2002.

trabajo de más de 200°C permitiendo una cocción tan rápida como la del gas convencional si la radiación es adecuada. Su diseño se basa en un disco cóncavo reflector que concentra los rayos solares en un punto focal que coincide con la base de la olla. Una cocina parabólica de 140 cm de diámetro tiene una potencia nominal de 600 W. El montaje es técnicamente más complejo que las cocinas de acumulación y requiere cierta reorientación manual, pero modelos como los de la cocina solar parabólica KSol (SK-14), diseñada por el alemán Dr. Dieter Seifert, han permitido popularizar la cocción solar en todas las latitudes, incluso en las menos ecuatoriales. En India, el Ministry of Non-Conventional Energy Sources ha subvencionado miles de cocinas parabólicas KSol para sustituir el uso del caro y escaso queroseno. Únicamente en el período 2004-05, en India se vendieron cerca de 25.000 cocinas solares del tipo caja y parabólicas, alcanzando un total de 580.000 cocinas solares vendidas en el país.

Combinando los principios de acumulación y concentración, se sitúan los modelos de cocina solar con diseño de panel. Estos ingenios consisten en varios paneles reflectores planos que concentran los rayos del Sol en un bote negro de cocción que está dentro de una bolsa de plástico. Este modelo de cocina de bajo coste fue desarrollada por Roger Bernard en Francia a finales de los 70, y permite un montaje muy rápido. El diseño con paneles reflectores de cartón ha sido una herramienta extensamente usada en Kenya y en el resto de África oriental en campos de refugiados. Uno de los modelos más extendidos es el "Cookit", popularizado por Solar Cookers International y que tiene un coste de 2 US\$.

DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS

Una vez sentadas las bases de la cocción solar doméstica, el ingenio humano ha generado decenas de nuevos desarrollos y aplicaciones usando esta tecnología. Uno de los primeros desarrollos fue la tecno-

logía para la cocción solar comunitaria creada por el físico austriaco Wolfgang Scheffler. El ingenio pretende que la cocción solar resulte sencilla y cómoda, y para conseguirlo emplaza el lugar de cocción en un punto fijo en el interior del edificio de cocina. De esta forma, se diseñó un espejo reflector parabólico excéntrico que gira de forma sincronizada con el Sol en torno a un eje paralelo al eje terrestre. Los modelos de reflectores Scheffler de 8 m² permiten cocinar para 30-40 personas diariamente. La única pieza de esta tecnología accesible al público europeo se encuentra en España, en el museo mNACTEC de Terrassa (Barcelona) y lo gestiona la Fundación Tierra.

El desarrollo de la cocción solar comunitaria acabó por satisfacer los más exigentes proyectos. En el estado indio de Rajasthan se alza la que fue en su momento la cocina solar más grande del mundo, con 84 reflectores de 9,5 m² que generan vapor solar, la instalación de Taleti Shantivan en Abu Road cocina para una media de 10.000 comensales diarios. Durante el primer año de funcionamiento se cocinaron completamente hasta 38.500 ágapes individuales en un único día. En condiciones ideales, la generación máxima es de 3.800 kg de vapor de agua/día, lo que indica una eficiencia del sistema del 45%. Cada reflector genera un máximo de 4,0 kW cuando la radiación solar es de 1.050 kW/m², y se alcanzan temperaturas de 850°C en el punto focal. Con este tipo de instalaciones el vapor de agua también actúa como de medio de acumulación de energía calorífica (la cocina funciona 2 horas a pleno rendimiento cuando la radiación solar desaparece). El coste de esta instalación ascendió a 230.000 US\$ y se retornó con el ahorro en el consumo de queroseno (hasta 118.750 litros de gasoil anuales) durante los siguientes 5-6 años (según cálculos de la propia institución cerca de 35.000 US\$ de ahorro anuales). En la instalación el consumo de fuel ha disminuido más de un 50%, lo que se traduce en una reducción de emisiones de 1.200 kg de CO₂ equivalentes diarios

Pero el vapor solar generado por las tecnologías de cocción comunitaria ha permitido también otras aplicaciones como su uso en sistemas de autoclave para la **esterilización** de instrumental hospitalario y en maquinaria de **lavanderías**. Uno de los últimos proyectos desarrollados en el 2006 ha sido en el hospital de Goraj (Gujarat-India), y ha permitido sustituir las antiguas calderas que alimentaban el sistema de **refrigeración** del recinto hospitalario (2 unidades de absorción de agua/bromuro de litio) por reflectores solares Scheffler. Además del vapor solar, hay aplicaciones en diferentes partes del mundo que utilizan los reflectores Scheffler para otros procesos que requieren calor: **destilación** de agua, **desalación** y **purificación** de agua, generación de **agua caliente** para uso doméstico o industrial como el tintado de ropa, instalaciones de **panadería**, sistemas de **frigoríficos** domésticos, **deshidratación** de cadáveres. Igualmente se han desarrollado ingenios para acumular el calor solar durante el día y usarlo para permitir la cocción nocturna. Otros desarrollos están en fase de construcción o de experimentación, como algunos **secaderos** agrícolas, **calor para procesos industriales** (freiduría de patatas chips), **incineración de desechos médicos** de hospitales o **cremación de cadáveres humanos**.

TECNOLOGÍAS SOLARES DE PROCESADO DE ALIMENTOS

Otras tecnologías de procesado de alimentos se centran en la potabilización de agua. Según datos de UNICEF, cerca del 60% de las familias en áreas rurales y el 23% en áreas urbanas no disponen de agua potable con garantías sanitarias. Este hecho causa una mortalidad infantil de 500 niños/hora en los países más pobres, debido a enfermedades gastrointestinales, disentería, hepatitis, cólera o fiebre tifoidea. Pero en un país como Bangladesh, hervir el agua para el consumo humano supondría el 11% de los ingresos de la más humilde de las familias.

La **pasteurización del agua** es suficiente para potabilizar el agua y eliminar el poder patógeno o tóxico



de virus y gérmenes. La pasteurización del agua tiene lugar a 65° C en 20 minutos y es posible realizarla con una simple cocina solar. Como es habitual que en ciertas áreas no se disponga de termómetro, se han desarrollado indicadores de bajo coste como el “WAPI” (Water Pasteurization Indicator) inventado en 1988 por el Dr. Fred Barrett. El WAPI es un tubo de policarbonato sellado por ambos extremos y parcialmente relleno de manteca de soja que funde a 69°C. Cuando el agua alcanza la temperatura

suficiente para derretir la manteca, ésta se deslizará hasta el fondo del WAPI, y 20 minutos después sabremos que el agua está pasteurizada. Una vez enfriado, el WAPI puede volverse a utilizar. Existen otros desarrollos para el tratamiento solar del agua como la botella SODIS (Solar Water Disinfection) o las pequeños depósitos que con una cubierta protectora negra y una base aislada que alcanzan la temperatura necesaria para que el agua se mantenga en condiciones higiénicas.

AHORRO DE EMISIONES

El uso de una cocina solar eficiente, como la parabólica SK-14, combinada con un cesta aislante de retención de calor para evitar al máximo el uso de combustibles de leña, permite una reducción de emisiones de 3,5 toneladas de CO₂ equivalente anuales por familia. Si su esperanza de vida es de 15 años resulta evidente que tanto la cocción solar como otras tecnologías de procesado de alimentos permitirían reducir la factura energética y sanitaria que los combustibles fósiles se cobran en todo el mundo, pero especialmente en las áreas rurales más empobrecidas. En este país tenemos la combinación de ingredientes climáticos y de tradición culinaria ideales para promover la buena idea de la “barbacoa” solar, con el objetivo de introducir a los más incrédulos en las múltiples posibilidades de la energía solar aplicada al procesado de alimentos. Sin duda, todo este elenco tecnológico tiene como principal virtud quizás no tanto su poder energético sino su capacidad para convertir en “sabor” algo tan intangible como es la energía solar, y a la vez abrimos los ojos sobre el potencial de tecnologías con principios sencillos pero capaces de ahorrar ingentes cantidades de emisiones de CO₂. En nuestro país, al ser anfitrión de una reunión de expertos en tecnología solar de procesado de alimentos, se nos brinda una oportunidad para acercarnos a una realidad apetecible e increíble como la de cocinar una paella sin humos obteniendo 900 Wh del Sol. ☞