

Indicadores de potencialidad para el uso de la biomasa como fuente energética en la refrigeración de productos hortícolas en el sureste español

F.J. Cabrera^{1*}, M. Pérez-García¹ y J.A. Martín¹

¹ CIESOL Centro de investigación en Energía Solar, Centro mixto UAL-CIEMAT. Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3). Ctra. Sacramento, s/n, E04120, Almería, España, e-mail*: fjcabrera@ual.es

RESUMEN

En este trabajo se presentan los valores de indicadores tecno-económicos y ambientales básicos calculados con el objetivo de contribuir al análisis de potencialidad de la aplicación de energías renovable procedente de la biomasa, en demandas energéticas asociadas a procesos de refrigeración de productos hortícolas en la provincia de Almería. A tal fin, se ha seleccionado una instalación representativa para la cual se han analizado las pautas dinámicas que determinan sus cargas térmicas a cubrir por las diferentes opciones de sistemas primarios. Sobre esta base, se han considerado dos escenarios distintos de suministro energético, el primero de ellos no renovable, coincidente el actual, y el segundo consistente la alimentación a través de la biomasa residual disponible proveniente de cultivos cercanos de un sistema de refrigeración por absorción. A partir de simulaciones anuales de funcionamiento de los sistemas, se han estimado los valores de los indicadores técnicos y ambientales correspondientes.

Palabras clave: Energías renovables, refrigeración, impacto medioambiental

Indexes of potential for using biomass as source of energy in the refrigeration of horticultural products in Southeastern Spain

ABSTRACT

In this paper the basic values of technical-economic and environmental indicators calculated with the aim of contributing to the analysis of potential application of renewable energy of the biomass in energy demands associated with cooling processes of horticultural products in the province of Almeria are presented. To this end, it has been selected a representative facility for which it has been analyzed the dynamic patterns that determine their thermal loads to be fulfilled by corresponding sources, renewable or no renewable. On this basis, two scenarios have been considered, a conventional one and the use of local crops waste as biomass source for feeding an absorption cooling device. Yearly simulations of the systems have allowed the estimation of the corresponding indexes.

Keywords: Renewable energies, refrigeration, environmental impact

INTRODUCCIÓN

La refrigeración de la producción hortícola, en sus diferentes etapas y modalidades, constituye uno de los ámbitos de actuación mejor identificados para la implantación de medidas de reducción del consumo de energía en las centrales hortofrutícolas (CHF). Esta reducción del consumo pasa tanto por la mejora de la

eficiencia de las instalaciones como por la consideración de aportaciones energéticas significativas provenientes de fuentes renovables (Cabrera et al., 2013).

En España el 40% de la producción de frutas y hortalizas se gestiona a través de las organizaciones de productores que son, mayoritariamente, Cooperativas y Sociedades Agrarias de Transformación. Estas organizaciones, además de agrupar la oferta se constituyen como proveedores de servicios centralizados donde la producción de los socios se manipula hasta convertirse en un producto listo para su consumo, incluyéndose en esta cadena de manipulación diversas etapas en las que se requiere la refrigeración de frutas y hortalizas. Esta centralización de servicios es muy ventajosa en términos operativos para las instalaciones frigoríficas ya que repercute en un menor coste de inversión por unidad de potencia y, por otro lado, favorece su supervisión y mantenimiento. Un estudio reciente (Cooperativas agro-alimentarias, 2011) ha establecido que el consumo de energía final en este ámbito se distribuye en un 14 % para usos no eléctricos y un 86 % para usos eléctricos. El consumo eléctrico se reparte en un 46% para la maquinaria, iluminación y servicios y un 54% para alimentar los equipos dedicados a la refrigeración y a la conservación de la producción. Por término medio, las CHF en España presentan una potencia eléctrica instalada es de 800 kW y un consumo de 520000 kWh.año⁻¹.

En la actualidad existen dos opciones principales para la obtención de porcentajes significativos de cobertura de la demanda energética vinculada a la producción de frío a partir de fuentes renovables. La primera opción es la utilización de calor solar o calor procedente de la combustión de biomasa para para alimentar dispositivos frigoríficos de absorción y la segunda es la conexión de los sistemas frigoríficos convencionales por compresión mecánica a redes eléctricas que incorporen generadores fotovoltaicos. La primera opción exige cambios en los equipos generadores de frío, pero cuenta con la ventaja de poder hacer frente a las intermitencias propias de las energías renovables gracias a la posibilidad efectiva de almacenamiento energético tanto directo (calor sensible o latente) como indirecto (acopio de biomasa). La segunda tiene las ventajas de no necesitar cambios en los sistemas frigoríficos y el bajo coste de los dispositivos fotovoltaicos. Como contrapartida, el alto precio actual de las baterías electroquímicas no permite la consideración de almacenamiento de la aportación renovable por lo que su funcionamiento solo puede abordarse en esquemas de conexión a redes preexistentes y, consecuentemente, de balance neto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha estudiado como caso de referencia una central hortofrutícola en la provincia de Almería que ha manipulado en el periodo de estudio 57520 t.año⁻¹ de tomate. Esta producción proviene de 424 ha de invernadero, de las que un 85% son cultivos bajo plástico con ciclos típicos de Almería y un 15% corresponden a cultivos de verano en invernaderos de malla. La industria de referencia representa aproximadamente el 6% del total de producción de tomate de la provincia de Almería. El primer paso del estudio ha consistido en la estimación de cargas horarias detalladas de acuerdo a los procesos implicados Para la modelización de la cámara frigorífica, se ha optado por un modelo dinámico en el cual se tiene en cuenta el balance térmico de la cámara. El modelo de una sola zona consiste en realizar un balance térmico alrededor de la cámara considerando los diferentes flujos de energía entrantes y salientes en la Ecuación (1).

$$\frac{dT_{ca}}{dt} = \frac{1}{M_{ca}} (Q_{cc} + Q_{ren} + Q_p + Q_{res} + Q_f - Q_{cli}) \quad (1)$$

dónde Q_{cc} (W) es el calor ganado por conducción-convección a través de las paredes, techo y suelo; Q_{ren} (W) el calor sensible y latente ganado por la renovación del aire interior; Q_p (W) es la entrada de energía de enfriamiento del producto; Q_{res} (W) es la entrada de energía de respiración del producto; Q_f (W) es la entrada de energía debida a ventiladores, luces, personas y otras fuentes de calor; T_{ca} (°C) es la temperatura en la cámara; t (s) es el tiempo; y M_{ca} (J.°C⁻¹) es la masa térmica de la cámara.

Para las simulaciones de las instalaciones renovables se ha considerado para el caso de los sistemas accionados térmicamente una máquina de refrigeración por absorción de amoniaco con un *COP* de 0,55 y una caldera de biomasa con rendimiento del 75%. La biomasa se considera proveniente de residuos de cultivos próximos para los que está establecido (López et al., 2013) potenciales de entre 3-5 kWh_t.m⁻².año⁻¹ para cultivos de tomate. La eficiencia de los equipos de compresión mecánica *EER* se ha tomado como 2,55. Para la evaluación de emisiones asociadas a los consumos eléctricos convencionales se ha asumido un valor de 0,33 kgCO₂.kWh_e⁻¹ (IDAE, 2012).

Los indicadores usados han sido, junto a las cargas energéticas anuales, las emisiones de CO₂ propias de los procesos y una estimación de tamaño del generador renovable considerado que para el caso la biomasa se ha asimilado a superficie de cultivo que la genera. Para el caso de los sistemas de absorción, aparte de los consumos térmicos se han tenido en cuenta también los consumos eléctricos de los circuitos primario y secundario y los del circuito absorbedor-generador de la máquina frigorífica. En el escenario renovable se ha asumido una cobertura del 100% de la carga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la carga anual refleja las pautas de producción y su influencia en la valoración de fuentes renovables potenciales. La principal carga a considerar es la carga de refrigeración del producto, Q_p , que representa 60% aproximadamente respecto a la carga total (Figura 1). El margen de actuación en eficiencia en aislamiento queda restringido solo a al 10% de la carga. El total de energía de refrigeración, Q_{ref} , demandado por la industria es de 1934 MWh_t.año⁻¹.

Actualmente las cargas de refrigeración son cubiertas con equipos de refrigeración eléctricos que, de acuerdo a los parámetros de funcionamiento indicados anteriormente, suponen unas emisiones anuales asociadas a este proceso del orden de 255 tCO₂.año⁻¹. Los equipos de absorción, alimentados por energía de biomasa producirán emisiones en base a los consumos eléctricos indirectos mencionados anteriormente, que suponen un 20% de las emisiones de partida (Tabla 1).

Desde el punto de vista de la biomasa, el aprovechamiento de los residuos de aproximadamente un cuarto de la superficie cultivada gestionada por la CHF permitiría cubrir el 100 % de las necesidades de refrigeración de la misma. En un análisis económico, los sistemas de absorción se ven penalizados por la necesidad de sustitución de equipos de refrigeración, pero una vez instalados podrán funcionar de forma independiente a las redes convencionales aun a pesar de sus altos costes de explotación 0,16 €.kWh_t⁻¹ (Mugnier, 2015), cuestión esta que los distingue de otras opciones renovables con mayor potencial y simplicidad tecnológica como la alimentación de

sistemas de compresión mecánica a través de módulos fotovoltaicos en esquemas de balance neto. Los costes iniciales y de explotación se ven reducidos drásticamente si el punto de partida es el de la existencia de instalaciones térmicas centralizadas en esquemas de poligeneración con aprovechamiento de calores residuales en los que habría que considerar como inversión inicial exclusivamente el coste de la caldera de biomasa.

CONCLUSIONES

Las cargas de refrigeración de productos hortícolas en el sureste español pueden ser cubiertas mediante energía renovable procedente de la biomasa generada por una parte de la superficie cultivada en producción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación del proyecto del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 ENERPRO (DPI2014-56364-C2-1-R).

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, F.J., Fernández-García, A., Silva, R.M.P., Pérez-García, M., 2013. Use of parabolic trough solar collectors for solar refrigeration and air-conditioning applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20, 103-118.
- Cooperativas agro-alimentarias, 2011. Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. Centrales Hortofrutícolas, Madrid. España, p. 50.
- IDAЕ, 2012. Final energy conversion factors - primary energy and CO₂ emission factors - 2011. (Factores de conversión energía final - energía primaria y factores de emisión de CO₂ - 2011). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.
- López, J.C., Pérez, C., Fernández, M.D., Meca, D., Gázquez, J.C., Acién, F.G., 2013. Caracterización de los residuos vegetales de invernadero en Almería, VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. (SEAgIng-SECH), Madrid, 26-29 Ago.
- Mugnier, D., 2015. Solar Cooling Position Paper. IEA, Solar Heating and Cooling Programme (SHC). Task 48, p. 14.

Tabla 1. Síntesis de indicadores por escenario para el caso estudiado.

	Escenario I (Red convencional)	Escenario II (Biomasa-absorción)
Consumo eléctrico (MWh_e.año⁻¹)	774	176
Consumo térmico (MWh_t.año⁻¹)	0	3520
Emisiones de CO₂ (t.año⁻¹)	255	58
Indicador técnico		94 ha 22% superficie cultivada

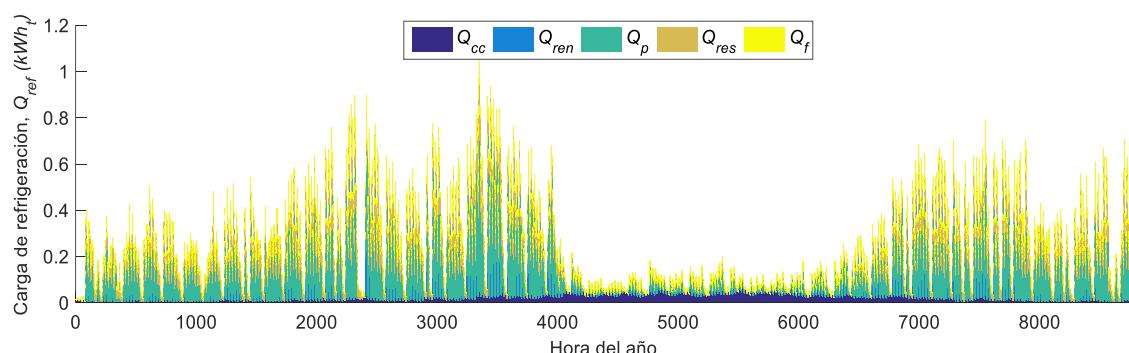


Fig. 1. Evolución del consumo de energía térmica de refrigeración horario a lo largo del año.