

ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA TÉRMICA SOLAR EN EL PROCESO DE ESCALDADO DE PIMIENTA

**Oviedo-Ortega, S.¹;
Guzmán-Hernández, T.J.²;
Obando-Ulloa, J.M.³**

¹Tecnológico de Costa Rica
– Programa de Maestría en
Gestión de Recursos Naturales
y Tecnologías de Producción-
Campus Tecnológico Local
San Carlos –teléfono (506)
8810-3064 – biocr@live.com

²Tecnológico de Costa Rica –
Campus Tecnológico Local San
Carlos –teléfono (506) 2401-3284
– email: tjguzman@tec.ac.cr

³Tecnológico de Costa Rica –
Campus Tecnológico Local San
Carlos –teléfono (506) 2401-3214
– email: jaobando@tec.ac.cr

Introducción

Durante los últimos 50 años se ha generado una alerta mundial por las altas concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Se cree que entre 1960 y 2011, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) aumentaron aproximadamente un 2,6% anual, lo que ha provocado el incremento de 2°C de la temperatura del planeta (Frohmann y Olmos, 2013). Por esta razón, en el V Informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se hace énfasis en detener este incremento, lo que a su vez se convirtió en uno de los principales compromisos de los gobiernos y que fue ratificado

en diciembre de 2015 en el Acuerdo de París (IPCC, 2014).

En el 2012 se realizó la estimación de los GEI en Costa Rica, lo que puso en evidencia las principales actividades que generaban más emisiones. Según Corrales (2016), en ese año se emitió un total de 11.250,20 Gigatoneladas, de las cuales un 64% correspondió al sector energía, 16,6% a los residuos, 10,6% a la agricultura y otros usos de la tierra y 8,7% a los procesos industriales.

Por otro lado, el IPCC y el Protocolo de Kyoto han determinado como principales GEI (aparte del CO₂), el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (IMN, 2009; Jantzent y Raaz, 2015). De estos, los dos primeros junto con el CO₂ son emitidos por el consumo de gas licuado de petróleo (LP) y electricidad, por lo que una de las acciones para mitigar sus emisiones es la implementación de tecnología térmica solar.

De acuerdo con Guzmán, Araya, Obando, Rivero, y Castro (2016), esta tecnología ha permitido un ahorro de aproximadamente 70% en los costos energéticos en unidades productivas agropecuarias de la Región Huetar Norte, como es el caso de la planta procesadora de la Asociación de Productores Lácteos LLAFRAC en Santa Rosa de Pocosal, al comparar el uso de esta tecnología con un sistema convencional (leña, gas o electricidad). Además,

de acuerdo con estos autores, aquella organización que opte por instalar esta tecnología recupera la inversión con el ahorro de energía en aproximadamente 7 años, teniendo en cuenta que la vida útil del equipo es de 25 a 30 años. Los beneficios de esta tecnología renovable son la de proveer a la organización interesada autosuficiencia energética y reducir las emisiones de GEI, debido al escaso consumo de combustibles derivados de petróleo, cuyo precio aumenta de forma periódica, afectando gravemente los costos operativos.

Dadas las ventajas de la implementación de esta tecnología renovable, mencionadas anteriormente, el Grupo de Investigación en Sistemas Térmicos Solares para la Agricultura del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE) de la Sede Regional San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica (SSC-ITCR) recibió la solicitud por parte del Instituto de Desarrollo Rural (INDER) para el mejoramiento del proceso de pimienta en la planta procesadora de la Asociación de Productores de Pimienta de Sarapiquí (APROPISA) en El Roble de la Virgen de Sarapiquí. Esta asociación cuenta con alrededor de 19 asociados activos, a los cuales próximamente se asociarán 26 productores jóvenes, quienes actualmente reciben capacitación técnica por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y del INDER.

Esto indica que la producción en la planta procesadora aumentará y, por ende, se requiere un proceso eficiente que permita reducir las emisiones de los GEI.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo consiste en estimar la reducción de los gases de efecto invernadero en la planta de la Asociación de Productores de Pimienta de Sarapiquí (APROPISA) tras la implementación de la tecnología térmica solar en el proceso de escaldado de pimienta.

Metodología

En octubre de 2016, un equipo del Grupo de Investigación en Sistemas Térmicos Solares para la Agricultura del (DOCINADE, SSC-ITCR) realizó una visita a la planta procesadora de pimienta de APROPISA, a petición del INDER, para analizar la situación en la que se encontraba el proceso productivo de dicha planta. Tras un análisis del proceso, equipo usado y entrevistas a los operarios y personal administrativo, se determinó que uno de los problemas que se debía resolver para mejorar la eficiencia de este proceso consistía en la implementación de la tecnología térmica solar en el escaldado de la pimienta.

Además, el equipo de trabajo indicó a APROPISA y al INDER que una vez solucionado este problema, se debía determinar la disminución de la huella de carbono, de tal forma que significara un distintivo comercial o ventaja competitiva en el

mercado de pimienta, tanto a nivel regional, nacional e internacional.

Para determinar esta reducción, se analizó los registros de facturación por concepto de compra de gas LP del período enero a diciembre de 2016 para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero, según la Norma INTE-ISO 14064:1 [Dirección de Cambio Climático (DCC), 2014; ecuación 1].

Emisiones de GEI (t GEI) = $DA \times FE \times PCG$ (Ecuación 1) donde:

DA: Dato de la actividad [cantidad de combustible consumido (kW/h, kg, entre otros)] que determina el grado de las emisiones de GEI generadas por una actividad específica.

FE: Factor de emisión de GEI por cada unidad de parámetro de la actividad. Los factores varían según la región y la actividad.

t GEI: Valor total de cualquier GEI

PCG: Capacidad de retención de calor de una unidad con base en la masa del GEI específico, durante un período de tiempo (ejemplo, 100 años) [Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2007; Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), 2006].

En el presente trabajo se aplicó los factores de emisión y el potencial de calentamiento (Cuadro 1), establecidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2016).

Cuadro 1. Factor de emisión y potencial de calentamiento global para gas LP

Gas	Factor de emisión (g)	Potencial de calentamiento global (CO _{2e})
Dióxido de carbono (CO ₂)	1611000	1
Óxido nitroso (N ₂ O)	0,000002745	310
Metano (CH ₄)	0,000139	21

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2016.

Para estimar la reducción de las emisiones de GEI que se lograría con la implementación de un equipo térmico solar para el escaldado de pimienta, se utilizó un valor teórico 5 430,16 kWh/año de energía producida por un equipo térmico forzado híbrido con sistema auxiliar de gas en la planta procesadora de lácteos LLAFRAK (Sánchez, 2016), un poder calorífico de 0,02554 TJ/m³ y los valores del cuadro 2.

Cuadro 2. Equivalencias utilizadas para la conversión de kWh a kg de gas LP

Unidad	Equivalencia
1 kWh	3,6 · 10 ⁶ J
1 TJ	10 ¹² J
1 m ³ de gas LP	545 kg
1m ³	1000 L

Fuente: Chavarría, Molina, Gamboa y Rodríguez (2016); Leiva, Alvarado, Camacho, Castillo y Chin-Wo (2003).

Resultados

De acuerdo con las entrevistas a los miembros de la Junta Directiva y a los trabajadores de la planta procesadora de APROPISA, se consideraba que era necesario cambiar la técnica de secado de la pimienta para hacer el proceso más eficiente y generar un ahorro a la empresa, ya que el secador utilizado tiene una capacidad para 4 T de pimienta.

En la visita realizada por el equipo del DOCINADE-SSC-ITCR, se observó que antes de secar la pimienta, ésta debe ser escaldada. Para este proceso, la pimienta se colocaba en canastas metálicas con capacidad para 25 kg, las cuales se introducían en contenedores metálicos con agua a 80 °C que eran colocados sobre quemadores de gas LP y que permanecían encendidos de forma permanente (Figura 1), lo que afectaba la seguridad e higiene laboral de la planta procesadora.



Figura 1. Proceso de producción de pimienta negra en la planta de APROPISA. (A) Pimienta verde almacenada en contenedores plásticos con agua. (B) Canastas metálicas con pimienta verde (25 kg) lista para ser escaldada. (C) Introducción y retiro de las canastas metálicas en los contenedores con agua a 80°C. (D) Escurrido de la pimienta tras el escaldado. Fuente: Elaboración propia.

Dadas estas condiciones, el proceso productivo debía realizarse en *batches* o tandas, lo cual requería alrededor de 35 h para escaldar la cantidad de pimienta mínima necesaria (2 T) para hacer funcionar el secador, periodo durante el cual la pimienta se mantenía en reposo dentro del secador. Este tiempo de espera afecta la calidad del producto final y los costos operativos, así como la eficiencia y productividad de la planta procesadora. Por lo tanto, se determinó que el proceso de escaldado era la operación que requería intervención para mejorar las condiciones productivas de la planta procesadora de APROPISA.

De acuerdo con los registros de APROPISA, en 2016 se consumió un total de 7 754,58 litros de gas LP, lo que equivale a 12,50 T de dióxido de carbono, 0,007 T de óxido nítrico y 0,023 T de metano, para un total de 12,52 T CO_{2e}. Además, de acuerdo con las

predicciones de la Junta Directiva, se espera que el volumen de procesamiento se incremente en los próximos años, dada la tendencia de la producción de los agricultores asociados a APROPISA, puesto que en los primeros meses de 2017 se ha registrado un incremento del 48% en comparación con los años anteriores.

Por esta razón, el equipo de investigación del DOCINADE-SSC-ITCR recomendó la implementación de un sistema térmico solar híbrido para el escaldado de la pimienta, con lo cual se mejoraría la productividad y el impacto ambiental de APROPISA.

De esta forma, el INDER financió la instalación de esta tecnología en esta planta procesadora, la cual se terminó en marzo de 2018 (Figura 2). Este sistema consiste en 14 paneles solares con capacidad para calentar 3 000 L de agua anuales que se

requieren en APROPISA para el proceso de escaldado y, al igual que en otros equipos similares (Guzmán-Hernández et al., 2017), éste cuenta con un sistema auxiliar de gas LP que aumenta la temperatura del agua solo en aquellos casos en que la radiación solar no sea capaz de hacerlo.

Los primeros resultados obtenidos hasta el momento han permitido optimizar el tiempo de escaldado de 1 T de pimienta verde en 1,5 h. Además, se espera que con la instalación del sistema térmico solar híbrido forzado se reduzca el consumo anual de gas LP (3 825 L), lo que equivaldría a 6,17 T CO_{2e} anuales que se dejarían de emitir a la atmósfera. Sin embargo, esta reducción aún debe comprobarse, por lo que se está recopilando los datos de consumo de gas LP tras la instalación de este equipo, por lo que se espera contar con esta información en el corto plazo.



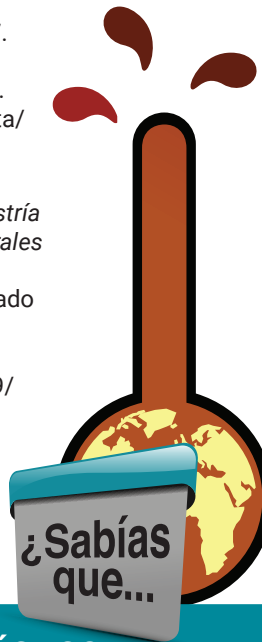
Figura 2. Sistema térmico solar híbrido forzado instalado en la planta procesadora de la Asociación de Productores de Pimienta de Sarapiquí para el escaldado de la pimienta verde. Fuente: Elaboración propia

Conclusión

La tecnología térmica solar no solo es una herramienta que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también permite mejorar la productividad de las empresas. Además, con esta tecnología se lograría alcanzar los objetivos que se ha propuesto el gobierno y el Instituto Tecnológico de Costa Rica para hacer de Costa Rica un país carbono neutral. El cálculo del valor teórico permite predecir la cantidad de GEI que se podría reducir (en el caso de este estudio fue de un 50%). Sin embargo, este valor solo se podrá corroborar una vez que se tengan registros de la operación, de al menos un año, del equipo instalado en APROPISA.

Bibliografía

- Chavarría, F., Molina, Ó. M., Gamboa, R., y Rodríguez, J. (2016). Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo 2012-2014. Rumbo a la carbono neutralidad. *Uniciencia*, 30(2), 47–62.
- Corrales, L. (2016). "Cambio climático: impactos y desafíos para Costa Rica (2015)" (No. XXII). Recuperado de http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/022/Ambiente/Corrales_L_2016Cambio_climatico.pdf
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (2014). Guía para diseñar un manual que permita a las PYMES realizar Declaraciones de carbono neutralidad bajo la norma INTE 12.01.06. Recuperado a partir de www.cambioclimaticocr.com
- Frohmann, A., y Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Recuperado a partir de <http://repository.eclac.org/handle/11362/4101>
- Guzmán-Hernández, T.J.; Araya-Rodríguez, F.; Obando-Ulloa, J.M.; Rivero- Marcos, M.; Castro-Badilla, G. (2017). Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en unidades de producción agropecuaria, Región Huetar Norte, Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 28 (3): 535-548. ISSN 2215-3608, doi:10.15517/ma.v28i3.26442
- Guzmán, T; Araya, F.; Obando-Ulloa, J.; Rivero, M.; Castro, G. (2016). Uso de tecnología solar en actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Parte I. Unidad de Publicaciones: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 102 p. ISBN: 978-9968-641-99-9.
- IMN, (Instituto Meteorológico Nacional, C. R.). (2009). Guía para la elaboración de acciones en cambio climático. Recuperado a partir de http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_elaboracion_inventario_gases_efecto_invernadero_v1.0_0.pdf
- IMN, (Instituto Meteorológico Nacional, C. R.). (2016). *Factores de emisión gases de efecto invernadero* (6 ed). Recuperado a partir de <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos?catid=8>
- IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Recuperado a partir de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Jantzen, F., y Raaz, D. A. (2015). *Estrategias de desarrollo del sistema de gestión ambiental de monitoreo de emisiones de gases de efecto invernadero. Caso estudio: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo, Campus Bárbula* (Tesis de grado). Recuperado a partir de <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/3524>
- Leiva, C., Alvarado, F., Camacho, A., Castillo, G., y Chin-Wo, A. (2003). Situación del gas licuado de petróleo en Costa Rica. Recuperado a partir de <http://www.dse.go.cr/es/03Publicaciones/04Tecnicas/situacionGLP.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (2006). Gases de efecto invernadero – Part 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Recuperado el 21 de junio de 2018, a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064-1:ed-1:v1:es:fn:1>
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Recuperado el 21 de junio de 2018, a partir de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html
- Sánchez, M. F. (2016). *Área Académica Agroforestal Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción* (Tesis de maestría). Recuperado el 10 de junio, a partir de <http://solarhuetarnorte.org/wp-content/uploads/2016/09/Mar%C3%ADa-Fernanda-S%C3%A1nchez-R.-Tecnolog%C3%ADa-Solar-H%C3%ADbrida.-Documento-Final-002.pdf>



LA DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO POTENCIA EL EFECTO INVERNADERO. POR SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS, EL PLÁSTICO ES UN MATERIAL MUY DURADERO Y DIFÍCIL DE DEGRADAR POR LOS MICROORGANISMOS QUE SE ENCUENTRAN EN LA NATURALEZA: A PRIORI PUEDE PERMANECER CASI INTACTO DURANTE SIGLOS. SIN EMBARGO AHORA, CIENTÍFICOS DE LA UNIVERSIDAD DE HAWAII ACABAN DE DEMOSTRAR QUE LA DEGRADACIÓN DEL PLÁSTICO ES, ADEMÁS, UNA PODEROSA FUENTE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, SEGÚN EL ARTÍCULO PUBLICADO RECIENTEMENTE EN PLOS ONE.