

Potencial de la energía solar para aplicaciones en la industria alimentaria en los PODEBIS del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec

Vicencio Almaraz-Almaraz, Lilia L. Méndez-Lagunas y Juan Rodríguez-Ramírez *

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca, Oaxaca, México.

* Autor de correspondencia: jrodrigr@ipn.mx; Tel.: 5557296000 ext 82772

Artículo de divulgación científica

Recibido: 27 de septiembre de 2024

Aceptado: 19 de diciembre de 2024

Publicado: 27 de diciembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.219>

Resumen: Un análisis del potencial del uso de la energía solar térmica a través de colectores solares o híbridos para transformar la producción agrícola que se desperdicia, así como de la infraestructura y los polos de desarrollo ubicados en la zona del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, CIIT, es el objetivo de este trabajo. Se evaluó la radiación solar incidente global con un piranómetro y la temperatura con termopares. Se colectó información de la producción local de productos agrícolas y se analizó el potencial del uso de la energía solar térmica para procesar los alimentos por deshidratación. Se concluye que el uso de secadores conectados a colectores solares de baja temperatura es una alternativa para la conservación de productos agrícolas y la infraestructura del CIIT potencializará su comercialización.

Palabras clave: energía solar térmica, CIIT, deshidratado, colector solar

Introducción

El Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT) es un proyecto federal que pretende impulsar el desarrollo económico y social del área que comprende la región geográfica del Istmo de Tehuantepec, ubicado en los estados de Oaxaca y Veracruz. Debido a que es la zona más angosta entre los océanos Atlántico y Pacífico, es una línea directa de comunicación y transporte entre ambos océanos. El Corredor estará conformado por diez Polos de Desarrollo (PODEBIS), en las cuales se busca implementar once Vocaciones Productivas; siendo la Agroindustria una de ellas.

El Istmo de Tehuantepec representa el 1.8 % de la producción agrícola nacional, sin embargo, los productores agrícolas enfrentan desafíos en la transformación y comercialización de sus productos. Durante la cosecha hay un exceso de productos, reduciendo el valor de los frutos frescos, además, durante la producción y la comercialización, se desperdicia un 28.57 % de la producción en fresco (CCA, 2021).

Los procesos de transformación para prolongar la vida de anaquel y reducir las pérdidas de productos agrícolas son altamente demandados por los productores locales. Sin embargo, el consumo energético para estos procesos tiene un costo elevado. Por otra parte, la zona del Istmo de Tehuantepec recibe una alta irradiancia solar que puede proporcionar la energía necesaria para estos procesos.

Esta particularidad de la zona ha atraído inversiones para industrias con aplicaciones de energía verde (El Universal, 2024). Sin embargo, se requiere que las ventajas de la energía solar lleguen a los pequeños y medianos productores locales que necesitan procesar los productos agrícolas. Una opción viable es el uso de la energía solar térmica como alternativa para obtener energía limpia para procesos de transformación.

En este trabajo se presenta un análisis del potencial de la energía solar térmica disponible en la zona del Corredor Interoceánico y posible aprovechamiento en el procesamiento de productos agrícolas a través de colectores solares para calentar aire que es utilizada en el deshidratado de alimentos.

Desarrollo

Irradiancia

Se determinó la irradiancia solar en el plano terrestre con latitud 17.02714° y longitud -96.72036° , midiendo la radiación solar incidente global con un Piranómetro Kipp & Zonnen con una sensibilidad de $14.69 \cdot 10^{-3}$ mV. La temperatura se midió con termopares tipo K (calibre 20) con una sensibilidad de $38 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ con recubrimiento de fibra de vidrio. Los

datos fueron colectados usando un sistema de adquisición de datos DAQ9700A y se procesaron en el software Keysight® cada 5 segundos.

Producción agrícola

Para obtener la información de producción agrícola se utilizó el registro del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP), del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de la Secretaría de Energía (SENER).

Potencial de la energía solar térmica

La energía solar térmica es una fuente de energía renovable que aprovecha la energía radiante del sol para producir calor. La energía solar térmica puede satisfacer una cantidad significativa de la demanda en la industria y en el procesamiento de alimentos del sector agrícola de cualquier país con independencia de la ubicación geográfica. En los países en desarrollo, especialmente en los que la agricultura, la industria textil, la industria de fabricación de ladrillos y la industria alimentaria son importantes subsectores donde la energía solar térmica puede proporcionar aire y agua caliente para sus procesos (IRENA, 2015).

En la región del Istmo de Tehuantepec, se reporta una radiación solar promedio de 5.2 kWh/m²/día, llegando a sus máximos valores de 6.6 kWh/m²/día en los meses de marzo (Flores-Meza, 2016). Esta incidencia puede ser utilizada como energía para su aprovechamiento en el sector agroindustrial.

Con el nivel de esta radiación es posible alcanzar temperaturas en diferentes rangos: bajas (40-100°C), medias (100-400°C) y altas (por encima de 400°C), dependiendo del tipo de colector. En aplicaciones de conservación por deshidratación, se emplean rangos de baja temperatura. Los dispositivos utilizados para coleccionar la energía solar térmica en estas aplicaciones son conocidos como colectores solares planos (Figura 1a). El funcionamiento básico del colector solar consiste en recibir la radiación solar que incide sobre su superficie exterior, la cual está compuesto por un material transparente, generalmente vidrio o plástico. Esta radiación atraviesa el material transparente y llega a una superficie interna denominada superficie absorbidora, incrementando su temperatura. Un flujo de aire pasa sobre esta superficie, orientado hacia el sol, lo que provoca su calentamiento. El aire entra por la parte inferior del colector y sale por la parte superior, transportando el calor generado. Este aire caliente se puede utilizar para el secado de productos agrícolas (Figura 1b).

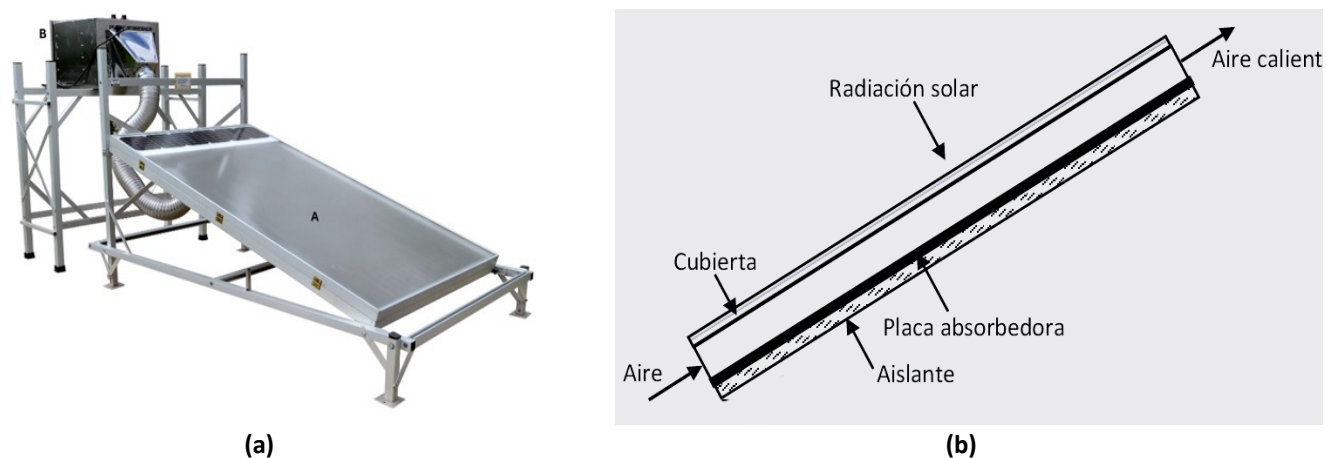


Figura 1. (a) Sistema de aprovechamiento de radiación solar para el secado de alimentos, A) Colector solar plano y B) cámara de secado (patente del Instituto Politécnico Nacional, Mx/u/2023/000266). (b) Partes del colector solar y modo de circulación del aire.

La incidencia de la radiación solar en el plano terrestre latitud 17.02714° y longitud -96.72036° en un día totalmente claro se muestra en la Figura 2. La temperatura de salida de un colector solar (Figura 1a) mostrada en esta grafica (T Sal) es de alrededor de 40°C, temperatura suficiente para el secado de alimentos y 15°C superior a la temperatura ambiente (T amb). También se observa que la irradiancia máxima es de 960 W/m².

Los colectores solares que usan la energía solar térmica para calentar aire caliente pueden ser de pequeña escala (Figura 1a) y ser conectados a deshidratadores de gabinete (Figura 1b). Estos deshidratadores o secadores pueden ser completamente dependientes de la energía solar o bien combinados con otras fuentes de energía como la eléctrica o el gas. Estos colectores combinados con otras energías se denominan híbridos.

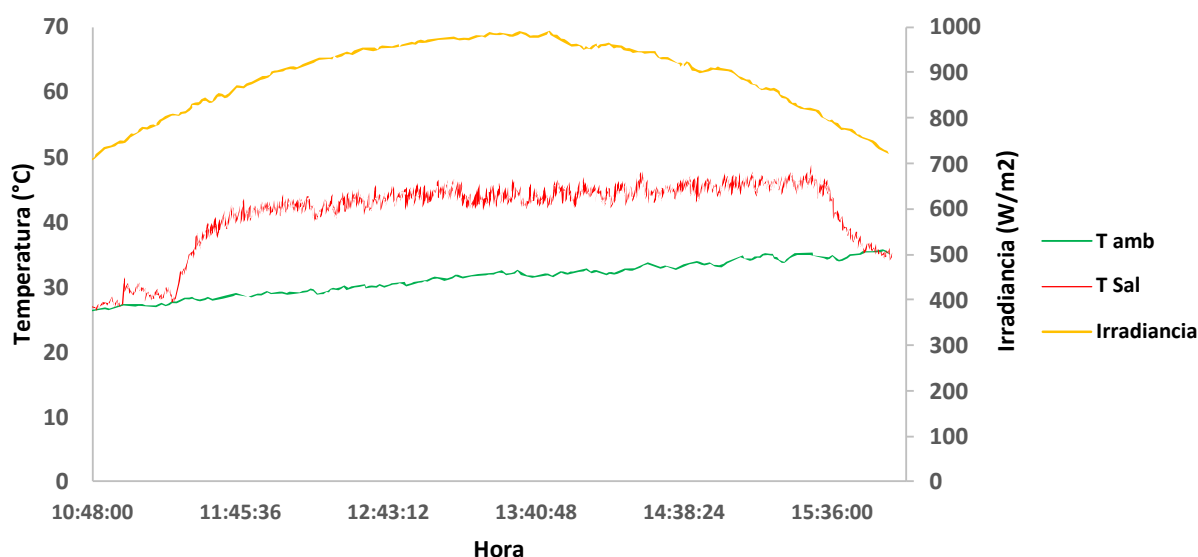


Figura 2. Irradiación Solar

Los deshidratadores conectados a colectores solares son muy útiles para producciones pequeñas y se pueden transportar de casa en casa ubicándolas en espacios que no afectan grandes áreas dedicadas a otras actividades. Las características de esos colectores deben ser apropiadas para cumplir con las necesidades de portabilidad, duración y eficiencia térmica (Rodríguez-Ramírez y Méndez-Lagunas, 2023).

Deshidratadores industriales también pueden beneficiarse de la energía solar térmica. En ese caso se requieren otro tipo de colectores adecuados a la demanda energética del secador. En la Figura 3 se presenta el interior de un secador solar tipo invernadero con paredes cubiertas con películas anti-radiación UV (López-Ortiz *et al.*, 2021). Estos sistemas permiten gran capacidad de carga y filtran la radiación que afecta la calidad de los productos deshidratados dejando pasar, al mismo tiempo, la energía solar térmica para el secado.

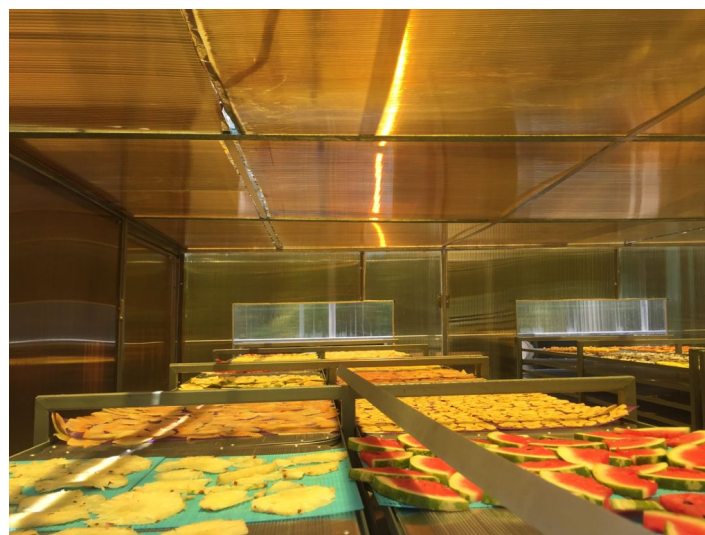


Figura 3. Interior de un secador tipo invernadero con colectores solares para deshidratar cargas grandes (patente IPN-IER-UNAM)

Producción agrícola en el Istmo de Tehuantepec

En el corredor interoceánico se encuentran comunidades productoras de limón, mango, tamarindo, plátano, coco, naranja, sandía y melón, entre otros productos agrícolas como granos y forrajes. Conforme a los registros del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP), en 2022 en la zona del Istmo de Tehuantepec la producción de maíz fue de 105,072.15 toneladas, teniendo un rendimiento de 1.5 Ton/Ha; otros productos de importancia para la región se presentan en la Tabla 1

Tabla 1. Producción agrícola del Istmo de Tehuantepec (Pesquera, 2024).

Cultivo	Variiedad	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Mango	Criollo	54,702.46	11.61
	Oro	48,562.03	11.7
	Ataulfo	35,822.87	11.2
	Tommy Atkins	42,225.28	12.45
Naranja	Valenciana	50,775.61	12.7
Limón	Persa	33,115.28	12.71
Papaya	Maradol	14,893.12	82.06
Sandia	Cambray	11,045.16	17.59
Sorgo (grano)	Sin clasificar	59,128.03	2.99
Ajonjolí	Sin Clasificar	4,892.75	0.78

La producción de melón y papaya, jitomate y chile (Figura 4) en la zona de influencia del CIIT muestra el potencial de aplicación de la energía solar térmica en la conservación de productos agrícolas. Papaya, melón, jitomate, mango y diversas variedades de chiles son los que tiene una muy alta producción en la zona. Los productores han reportado pérdidas significativas que quedan en el campo debido a la saturación de los mercados o características de los frutos que no cumplen con las demandas por el mercado, por ejemplo, el tamaño (comunicación personal con Josué Barragán, productor local). Estos productores perciben la necesidad de procesamiento de estos frutos que no pudieron pasar al mercado en fresco, pero necesitan tecnologías que incrementen la vida media para introducirlos en mercados alternativos tal como el deshidratado de alimentos aprovechando la energía solar térmica a través de secadores conectados a colectores solares.

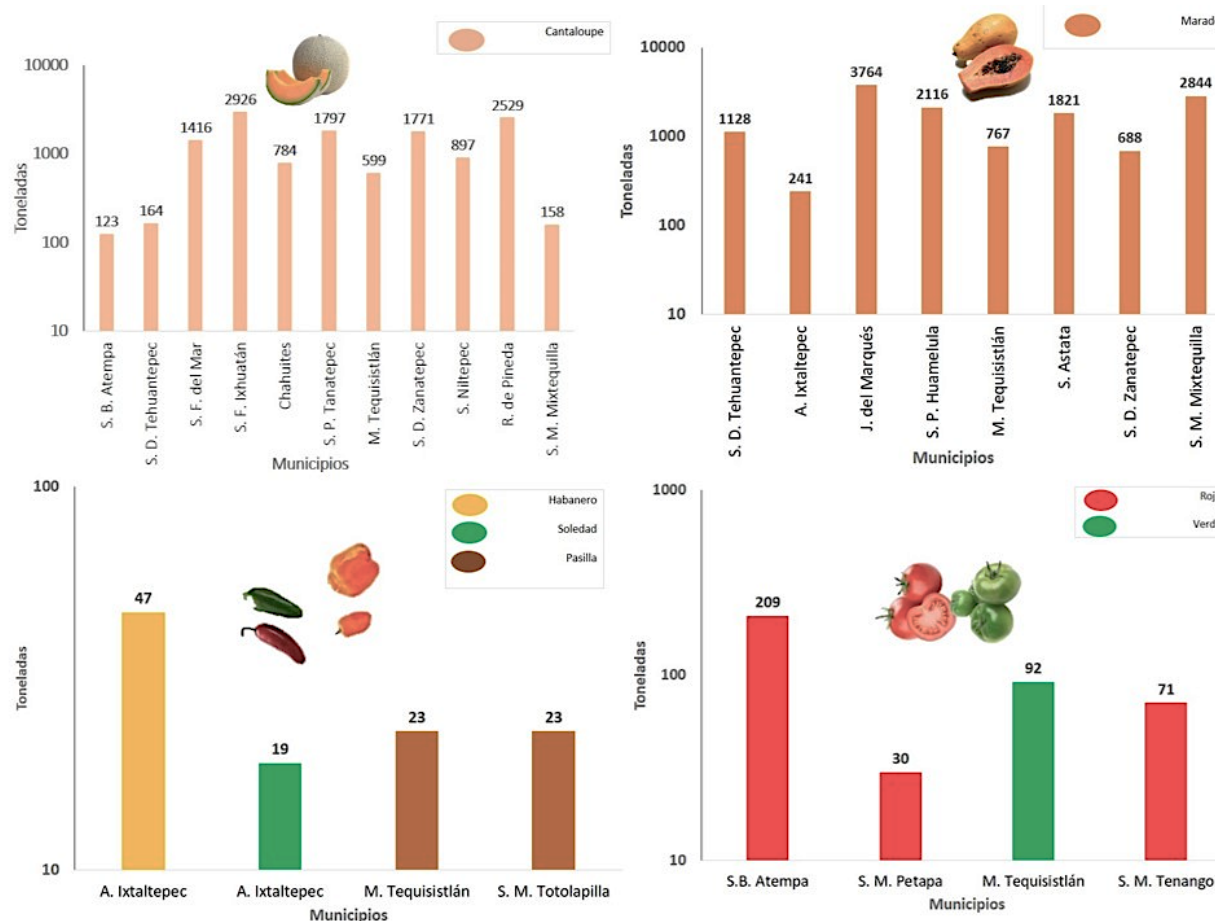


Figura 4. Producción agrícola en la zona de influencia del CIIT (Pesquera, 2024)

Perspectivas

Los frutos secos son alimentos saludables que han incrementado su demanda por cambios en el estilo de vida de la población, particularmente de las ciudades. Estos productos deben adaptarse a las necesidades del mercado y cumplir con las normas internacionales para ser competitivos. De acuerdo con el informe de la cumbre Global Dehydrated Food Market Manufacturers & Companies (Intelligence, 2022) se espera que el mercado de los productos deshidratados crezca de USD 44.11 mil millones en 2023 a USD 61.20 mil millones para el 2028, a una tasa anual de 6.77 durante este periodo.

En el caso de la deshidratación de México, un estudio elaborado por *MarketData México* señala que actualmente existen 270 negocios que realizan la actividad de deshidratado de frutas y verduras, empleando a un total de 4,400 personas. Por otra parte, la creciente demanda de productos deshidratados a nivel internacional y el incremento de los servicios de transporte de carga, instalación de empresas agroindustriales y de logística en los polos de desarrollo potencializa las alternativas de comercialización de los productos deshidratados que pueden producirse a nivel local.

Conclusiones

El uso de colectores solares para aprovechar la energía solar térmica en la zona de influencia del CIIT representa una alternativa eficiente para procesar los productos agrícolas locales, transformándolos en productos deshidratados que tienen una vida útil más prolongada. Esto permite la expansión de dichos productos hacia nuevos mercados tanto nacionales como internacionales. La transformación de productos agrícolas en deshidratados no competirá con el mercado de frutas frescas, ya que se utilizarán aquellos productos que no cumplen con los estándares de calidad requeridos o que, debido a la saturación del mercado, no se cosechan por la baja en los precios. De esta manera, se aprovechan productos que, de otro modo, se desperdiciarían. Además, la irradiación solar en la zona de influencia del CIIT es suficiente para suministrar la energía necesaria para los procesos de transformación agrícola, sin requerir el uso de fuentes energéticas convencionales.

A partir de lo anterior, se puede destacar que el secado de los productos agrícolas puede impactar en dos problemáticas, evitar el desperdicio de alimentos y combatir el hambre en las regiones poco favorecidas y sin acceso a la costosa refrigeración.

Agradecimientos y financiamiento: Los autores desean agradecer el apoyo recibido en los proyectos “Integración de sistemas termo-solares para su aplicación en las PyMES del CIIT: Recopilación de la información” y “Propuesta de Laboratorio abierto de innovación e integración de tecnologías y negocios para el procesamiento de agro-alimentos” otorgados en el marco de proyectos de impacto para el Corredor Interoceánico. Así también, como apoyo en la colección de datos agradecen al Dr. Josué Barragán Iglesias y a la Ing. Andrea Montaña Rivera.

Bibliografía

- Flores Meza A. (2016). Ajuste de un concentrador solar de canal parabólico a partir de su reconstrucción geométrica. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 43-48. <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/325>.
- Villegas-Silva M., De la Paz Fuentes G., Espejel J.P., Sánchez Castro C., González-Ornelas I., Boulding A. Church K., y Lipinski B. (2021). Central de Abastos de la Ciudad de México (CEDA): Comprensión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en el mercado más grande del mundo. http://www.cec.org/files/documents/publications/ceda_es.pdf.
- Intelligence, M. (2022). *Global Dehydrated Food Market (2022-2027)*. India: Mordor Intelligence.
- IRENA (2015). *Solar Heat for Industrial Processes-Technology Brief*. Int. Ren. Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_ETSAP_Tech_Brief_E21_Solar_Heat_Industrial_2015.pdf.
- Market Data México (2023). Deshidratación de frutas y verduras en México. <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Deshidratacion-frutas-verduras-Mexico>.
- Secretaría de Energía (2023). *Balance Nacional de Energía 2023*. Ciudad de México: SENER.
- El Universal (2024). Planta de paneles solares para generar hidrógeno verde confronta a pobladores de Comitancillo en Oaxaca. <https://oaxaca.eluniversal.com.mx/municipios/planta-de-paneles-solares-para-generar-hidrogeno-verde-confronta-pobladores-de>
- López-Ortiz, A., Pacheco Pineda, I. Y., Méndez-Lagunas, L. L., Balbuena Ortega, A., Guerrero Martínez, L., Pérez-Orozco, J. P., ... & Nair, P. K. (2021). Optical and thermal properties of edible coatings for application in solar drying. *Scientific Reports*, 11(1), 10051. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88901-5>.
- Rodríguez-Ramírez y Méndez-Lagunas (2023). Colector solar de doble paso. Mx/u/2023/000266. Título de modelo de utilidad.
- CCA. (2021). Central de Abastos de la Ciudad de México (CEDA): Comprensión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en el mercado más grande del mundo. http://www.cec.org/files/documents/publications/ceda_es.pdf.
- Pesquera, S. D. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.