

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

<http://dx.doi.org/10.14482/inde.38.1.620.11>

Simulación de la aplicación de un aislante térmico natural en un deshidratador solar indirecto

Simulation of a natural thermal insulator application in an indirect solar dehydrator

JAVIER RENATO MOYANO ARÉVALO *
EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS **
LUIS FELIPE CONTRERAS VÁSQUEZ ***
CARLOS JOSÉ SANTILLÁN MARIÑO ****

* Docente investigador. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Mecánica. Grupo de Investigación Ciencia del Mantenimiento CIMANT Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba, Ecuador. CP ECO60155. Teléfono: 593(03)2998-200. javier.moyano@esepoch.edu.ec

** Docente investigador. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Mecánica. Grupo de Investigación de Energía, Ambiente y Productividad ENAMPROD Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba, Ecuador. CP ECO60155. Teléfono: 593(03)2998-200. eugenia.naranjo@esepoch.edu.ec

*** Docente investigador. Doctor en Ciencias de los Materiales. Magíster en Equipos Láser y Optoelectrónicos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Dirección de Investigación y Desarrollo. Av. Los Chasquis y Río Payamino. Teléfono: (03)-3700090 ext. 83518. lf.contreras@uta.edu.ec

**** Docente Investigador. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Mecánica. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador. CP ECO60155. Teléfono: 593(03)2998-200. csantillan_m@esepoch.edu.ec

Correspondencia: Javier Renato Moyano Arévalo. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de Mecánica, Grupo de Investigación Ciencia del Mantenimiento CIMANT. Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador. CP ECO60155. Teléfono: +593 984025717. javier.moyano@esepoch.edu.ec



Resumen

Los aislantes térmicos son de gran importancia en equipos en los que la temperatura es uno de los factores fundamentales para su buen funcionamiento. Con el pasar de los años se han fabricado distintos tipos de aislantes sintéticos, pero a medida que los combustibles fósiles comienzan a escasear, la humanidad se ha visto en la necesidad de investigar sobre otros materiales que presenten características iguales o superiores a las de los sintéticos, lo que da paso a la investigación de los aislantes térmicos naturales. En el presente artículo se investigan los efectos de la aplicación de un aislante térmico de origen 100 % natural en un equipo deshidratador solar indirecto para secado de frutas. En este contexto se simuló equipos con y sin aislamiento térmico con el fin de comparar las temperaturas internas y, de esta manera, determinar la eficiencia y aplicabilidad del aislante térmico. Se concluyó que el aislante térmico presenta resultados favorables como, por ejemplo, el aumento de la temperatura interna en un 20 %, lo que influye de forma directa en el tiempo de secado. De esta manera, se estableció que el aislante térmico natural puede utilizarse en un deshidratador solar indirecto y reducir de esta forma el tiempo de secado, así como aumentar su eficiencia y contribuir con el medio ambiente.

Palabras clave: aislante térmico, deshidratador solar, temperatura

Abstract

Thermal insulators are of great significance in equipment where temperature is one of the main factors for its proper functioning. Over the years, different types of synthetic insulators have been manufactured. However, as it is well known that fossil fuels are becoming scarce with the time, humanity has seen the need to investigate sustainable materials with equal or improved characteristics than those of synthetic ones, leading to the investigation of natural thermal insulators. In the present article the effects on the application of a thermal insulation 100% made from natural fiber placed in an indirect solar fruit dehydrator is investigated. In this context, equipment with and without thermal insulation was computer simulated in order to compare the internal temperatures and thus, determine the efficiency and applicability of the thermal insulator. It was concluded that the natural fiber thermal insulator presents favorable results such as the increase on the internal temperature by 20% which directly influences the drying time. In this way, it was established that the natural thermal insulation can be used in an indirect solar dehydrator reducing the drying time, increasing its efficiency and contributing to the environment.

Keywords: solar dehydrator, temperature, thermal insulation.

1. INTRODUCCIÓN

A medida que los combustibles fósiles comienzan a escasear las energías renovables empiezan a tener mayor fuerza en el desarrollo industrial [1]. Esto se debe a que las energías renovables presentan una contaminación nula de CO₂ [2], pero, además, son fuentes de libre acceso y obtención que se encuentran disponibles en nuestro planeta [3]. Adicionalmente, sus bajos costos de obtención representan un factor importante en la utilización y el consumo de las energías renovables [4]. Las energías renovables son fuentes limpias [5], relativamente inagotables. Su crecimiento es progresivo y genera una gran expectativa en cuanto a las posibilidades de ser una alternativa a los combustibles fósiles. Por esta razón, cada vez más industrias invierten e implementan estas tecnologías en sus planes de desarrollo. Un ejemplo característico lo representa la industria agrícola, en específico con la utilización de la energía solar para la deshidratación de frutos [6].

El deshidratador solar

Es una máquina que nos permite secar alimentos y conservar a su vez sus propiedades, con el fin de prevenir su descomposición, de modo que se alarga el tiempo de vida de estos. El deshidratador aprovecha la energía solar para transformarla en calor útil mediante el efecto invernadero [7]; este calor eleva la temperatura del aire que se encuentra al interior del deshidratador; al circular dicho aire por los alimentos provoca una evaporación del agua contenida en el producto [8]. Existen diversos tipos de deshidratadores. Entre estos se pueden mencionar los siguientes: tolva cilíndrica, bandeja o cabina, lecho fluido, atomizador, de tambor alimento cuchillo, de cinta sin fin u horno, entre otros. La selección del equipo más idóneo depende de las características fisicoquímicas y organolépticas, así como del porcentaje de humedad y del producto final que se desea obtener [9].

La principal desventaja de estos equipos es la demanda de materiales contaminantes y el uso de energía eléctrica para su funcionamiento. Al considerar los objetivos de nuestra investigación se ha seleccionado un equipo deshidratador de bajo costo que utilice energías renovables para su funcionamiento. El deshidratador con energía solar es propicio para frutas y verduras, con un rendimiento superior a una tonelada por día de producto, dependiendo de la selección del equipo [10].

La fruta deshidratada (figura 1) es una manera de conservar las propiedades y las características fisicoquímicas, además de representar un ahorro en temas de transporte y almacenamiento. Este procedimiento se lleva a cabo al reducir el grado de humedad de estas y actuar sobre tres elementos determinantes como lo son la temperatura, el aire y la humedad [11]. Se debe considerar que los frutos a deshidratar

deben mantener una temperatura constante de 35° a 60 °C, a fin de no perder propiedades, como, por ejemplo, las vitaminas.



Fuente: Dube, T. (2011). Healthy Dehydrated Fruit. <http://www.housingaforest.com/healthy-dehydrated-fruit/>

FIGURA 1. FRUTA DESHIDRATADA

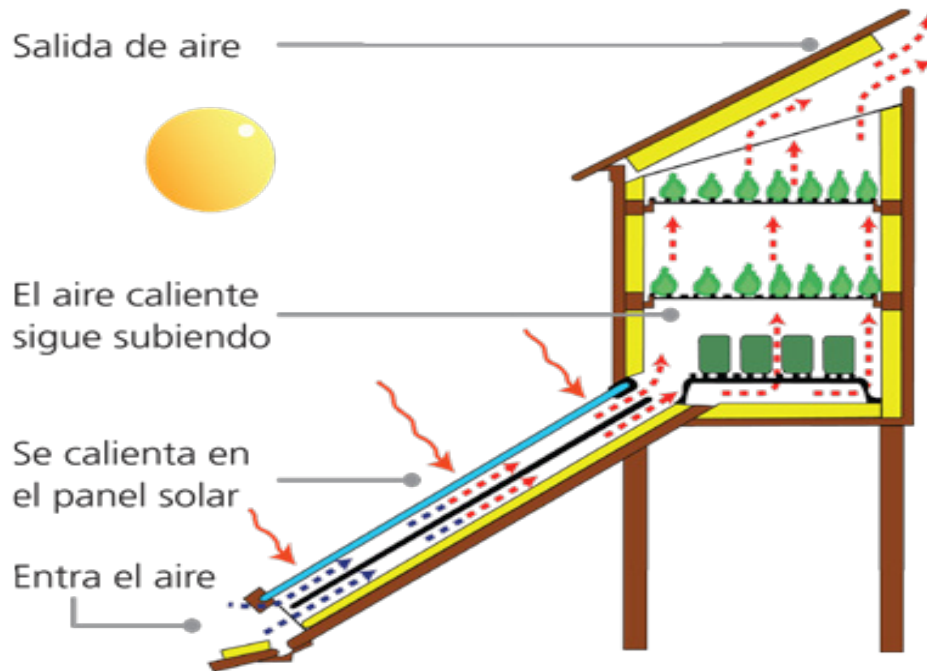
2. METODOLOGÍA

Los deshidratadores con energía solar se clasifican en dos tipos: directo e indirecto [12]; para el propósito de esta investigación tomaremos el deshidratador solar indirecto como referencia, ya que la exposición directa de la radiación solar sobre los productos provoca una disminución en las vitaminas y en su coloración, lo que limita su comercialización en el mercado.

Deshidratador solar indirecto

En los deshidratadores solares indirectos (figuras 2, 3) el aire se calienta en el colector, el mismo que no se encuentra en contacto directo con el producto [13]. Al no estar en contacto directo se producen pérdidas de calor por convección, lo cual reduce el tiempo de calentamiento del aire y, a su vez, conlleva al aumento en el tiempo de deshidratación del producto al reducir la eficiencia del equipo [14].

De esta manera, se ha considerado prudente utilizar aislantes térmicos que permitan reducir estas pérdidas.



Fuente: Moreno, G. (2000). Secador solar indirecto. <https://www.feriadelasciencias.unam.mx>

FIGURA 2. DESHIDRATADOR SOLAR INDIRECTO



Fuente: Rois, R. (2016). Deshidratador Solar. <https://www.behance.net/gallery/52604419/Deshidratador-Solar>

FIGURA 3. ESTRUCTURA DE UN DESHIDRATADOR SOLAR INDIRECTO [15]

Totora

Conocida como *Schoenoplectus californicus* (totora) (figura 4), se trata de una planta herbácea perenne acuática que es muy común en los esteros y pantanos de América del Sur [16]. Antiguamente se utilizaba para fabricar utensilios de comida. En la actualidad se emplea en la fabricación de papel artesanal y como desinfectante de agua, ya que sus raíces absorben metales pesados y bacterias.

Otro de los usos de esta planta es la fabricación de embarcaciones, muebles, adornos, sombreros y *souvenirs* muy cotizados por los turistas [17].

La totora presenta propiedades aislantes que, en un principio, se utilizaron para recubrir los techos de casas tradicionales con el fin de mantener el aislamiento térmico en las edificaciones.

Recientemente, se ha considerado esta planta en la arquitectura debido a su flexibilidad, durabilidad y aislamiento térmico [17].

En la actualidad existe una vasta gama de materiales que podrían servir como aislantes térmicos sintéticos, pero si se tiene en cuenta la necesidad de combatir el cambio climático, se ha dado preferencia al estudio de materiales naturales con propiedades y características interesantes, como, por ejemplo, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y el aislamiento térmico; asimismo, que sean amigables con el medio ambiente. Por tanto, en la presente investigación se ha seleccionado la totora ya que cumple con todos los requerimientos estipulados para considerarla en el marco de la investigación un material aislante en un deshidratador solar indirecto de frutas. Mediante procesos de simulación de pérdida de calor se determinará la factibilidad para el uso de la totora como un aislante térmico eficiente en el equipo.



Fuente: Lerner, F. (2016). <https://www.plataformaarquitectura.cl/>

FIGURA 4. TOTORA

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al usar como referencia los meses de noviembre y diciembre, y tener en cuenta las condiciones climáticas de Riobamba, en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), se estimaron datos base para la temperatura promedio de la simulación mediante un termómetro higrómetro digital (figura 5). Los valores de temperatura mínima y máxima adquiridos fueron de 8,5 °C y 24 °C, respectivamente. Estos datos se contrastaron, a fin de corroborar su veracidad, con información producida por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), organismo regulador y de control de las condiciones meteorológicas del Ecuador, tal como se presenta en la figura 6.



Fuente: Anónimo. (2014). <http://www.reptiline.com/>

FIGURA 5. TERMÓMETRO HIGRÓMETRO DIGITAL [18]

INAMHI INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA		DIRECCION DE ESTUDIOS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO HIDROMETEOROLÓGICO											
ESTADISTICA CLIMATOLÓGICA													
DICIEMBRE 2018													
ESTACION	PRECIPITACION (mm)						TEMPERATURA (°C)						
	NORM.	MES	%	MAX. 24h.	DIAS		NORM.	MES	RANGO	MAXIMA		MINIMA	
					VAR.	FECHA				RR.	ABSOLUTA	ABSOLUTA	
QUEROCHACA	37	48.3	31	16.1 /	3	19	13.8	13.6	-0.2	21.5 /	1	6.2 /	4
RIOBAMBA AER.	47.1	NIL	NIL	0 /	0	NIL	15.2	NIL	NIL	21.0 /	28	7.0 /	27
CAÑAR	37.1	6.3	-83	2.7 /	21	9	12.3	13.4	1.1	20.2 /	30	5.0 /	6
CUENCA AER.	91.6	47.5	-48	12 /	6	15	16.8	16.6	-0.2	26.3 /	30	6.5 /	30

NIL = No reporta información

(R) = Record Máximo de serie

(r) = Record Mínimo de serie

NOTA: Los datos utilizados están sujetos a verificación

Fuente: INAMHI. (2018). <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>

FIGURA 6. DATOS METEOROLÓGICOS RIOBAMBA [19]

Consideraciones de transferencia de calor

Se estima que la temperatura interna del deshidratador solar no debe sobrepasar los 60 °C para conservar las propiedades fisicoquímicas de los frutos a procesar [20]. Estos han sido seleccionados de acuerdo con criterios obtenidos mediante requerimientos de las comunidades agrícolas de Penipe, provincia de Chimborazo (Ecuador) (figura 7).



Fuente: Autor. (2018). Frutos Comunidades Agrícolas Penipe, Ecuador.

FIGURA 7. FRUTOS COMUNIDADES AGRÍCOLAS PENIPE, ECUADOR

Para el análisis de deshidratación de las frutas mediante el equipo solar mencionado se debe tomar en cuenta el factor de transferencia de calor por convección natural (coeficiente convectivo), ya que este influirá proporcionalmente en la dirección del movimiento del fluido. A fin de calcular la transferencia de calor se utiliza la ecuación 1.

$$q = h_{\infty} + A(T_w - T_f) \quad (1)$$

Donde:

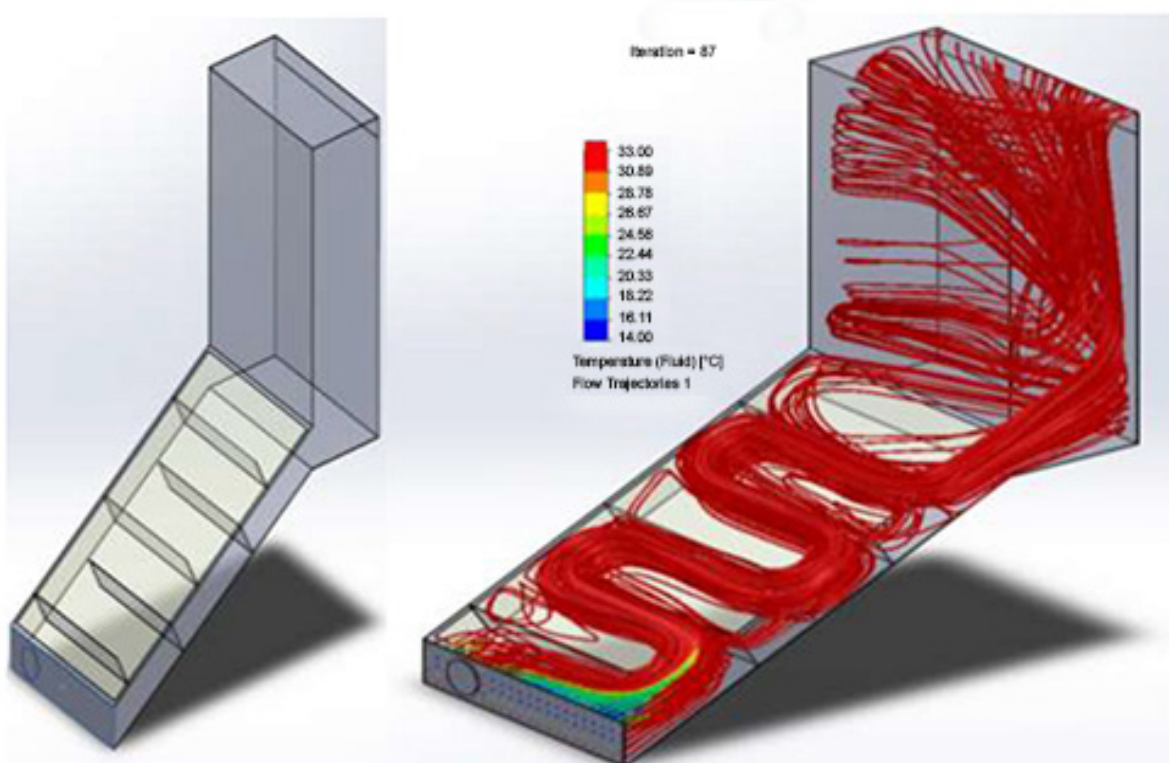
h_{∞} = Coeficiente convectivo

T_w = temperatura pared del solido

T_f = temperatura filmica

A = Área

Al realizar el proceso de simulación y aplicar una capa de aislamiento de 8 mm compuesta por totora (fibra natural seleccionada para este estudio), se observa que la temperatura en el interior del deshidratador solar indirecto varía de forma considerable.

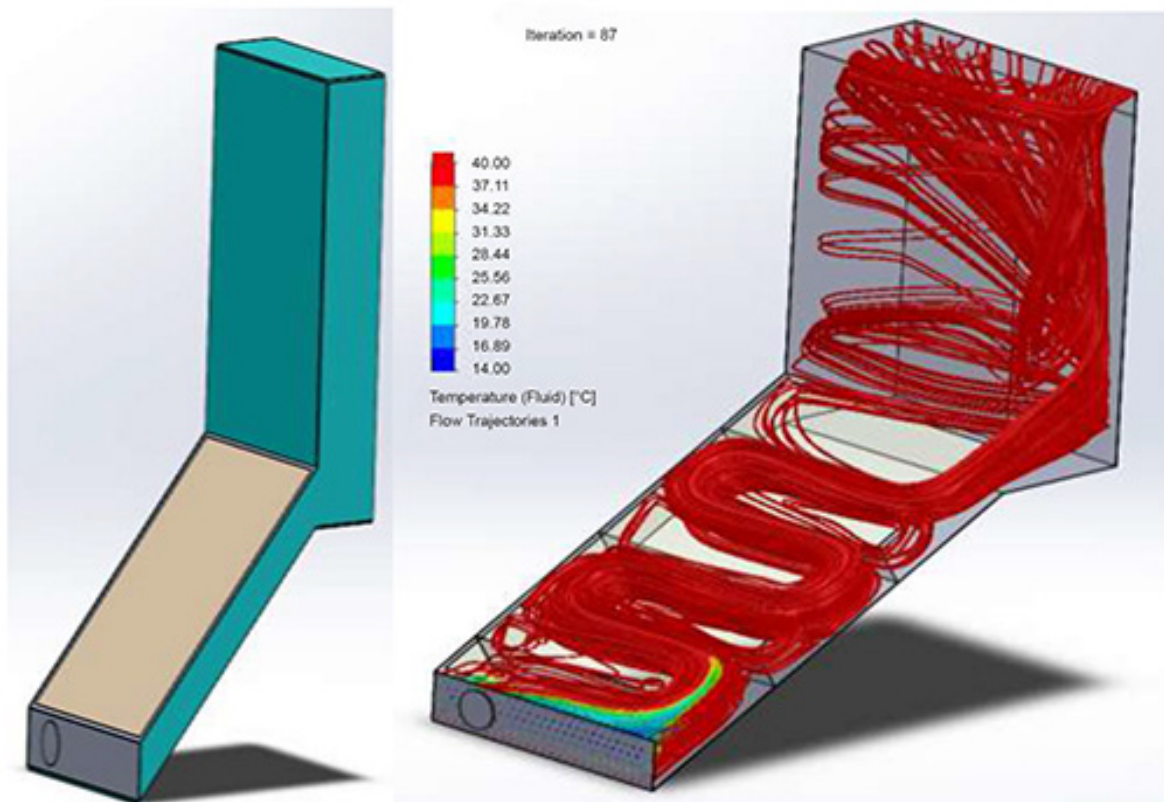


Fuente: Autor. (2019). Simulación Deshidratador Solar sin aislamiento.

FIGURA 8. SIMULACIÓN DE UN DESHIDRATADOR SOLAR INDIRECTO SIN AISLAMIENTO TÉRMICO

El equipo que no contenía el aislante térmico (figura 8) presenta una temperatura de 33 °C, si se toman en consideración los parámetros mencionados en este trabajo.

Ahora bien, si se aplica la simulación en el deshidratador solar indirecto con la fibra natural de totora como aislante térmico, la temperatura asciende de 33 °C a 40 °C, tal como se observa en la figura 9. De esta manera, es posible corroborar los criterios por los que un aislante térmico natural puede aumentar la eficiencia de un equipo para deshidratar frutos con energía solar.



Fuente: Autor. (2019). Deshidratador Solar con totora como aislamiento térmico.

FIGURA 9. SIMULACIÓN DE UN DESHIDRATADOR SOLAR INDIRECTO CON AISLAMIENTO TÉRMICO NATURAL (TOTORA)

4. CONCLUSIONES

Los equipos deshidratadores solares indirectos son una alternativa apropiada para suplir las necesidades de los productores agrícolas, en el propósito de reducir las pérdidas de producto y aumentar la eficiencia, si se tienen en cuenta las consideraciones ambientales y energéticas.

Mediante simulaciones y la utilización de la totora como material de aislamiento térmico 100 % natural en el equipo deshidratador solar indirecto se obtuvo un aumento del 20 % en la temperatura interna, pues se pasó de 33 °C a 40 °C, lo cual es beneficioso en términos de tiempo de deshidratación al tiempo que lo acelera y, por ende, aumenta la eficiencia.

En fin, se determinó que al aplicar una capa de 8 mm de espesor de totora se produce un aumento en la eficiencia en el aislamiento térmico del equipo.

REFERENCIAS

- [1] C. T. Vázquez, *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina, 2018.
- [2] J. V. Jurado, E. B. Acevedo, & I. N. Escobar, *Territorio inteligente: un enfoque para el desarrollo regional en Colombia, el caso Caribe y Santanderes*. Barranquilla: Ed. Universidad del Norte, 2018.
- [3] L. H. Berrío, & C. A. Zuluaga, «Smart Grid y la energía solar como fuente de energía renovable para la generación distribuida en el contexto energético mundial», *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 32, n.º 2, pp. 369-396, 2014.
- [4] L. J. Castro, *La planeación sostenible de ciudades: propuestas para el desarrollo de infraestructura*. Ciudad de México: FCE, 2018.
- [5] M. Bueno, L. C. Rodríguez, R. Sánchez, & P. Jissette, «Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema eléctrico colombiano», *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 34, n.º 2, pp. 397-419, 2016.
- [6] N. Martínez, A. Andrés, A. Chiralt, & P. Fito, *Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 1998.
- [7] N. R. Rodríguez, *Mantenimiento y manejo de invernaderos*. AGAH0108, IC Editorial, 2018.
- [8] N. Castilla, *Invernaderos de plástico: tecnología y manejo*. Ediciones Mundi-Prensa, 2007.
- [9] M. E. Jurado, *Tratamientos finales de conservación: fabricación de conservas vegetales* (UF 1280). Málaga: IC Editorial, 2013.
- [10] P. A. Bretón, *Con permiso del sol*. Miguel Ángel Porrúa Librero Editor, 2013.
- [11] Sitiosolar, «Sitiosolar.com», junio, 2014. <http://www.sitiosolar.com/los-deshidratadores-solares>.
- [12] P. Q. Martínez, «Vía orgánica», abril, 2016. <https://viaorganica.org/alimentos-deshidratados-al-sol>

- [13] R. L. Reyes, & M. T. Velazques, *Termodinámica de las turbina de gas*. Ciudad de México, 2010.
- [14] M. M. Domínguez, & A. J. Rovira, *Máquinas térmicas*. UNED-Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014.
- [15] R. Rois, «Behance.net», octubre, 2018. <https://www.behance.net/gallery/52604419/Deshidratador-Solar>.
- [16] United States Department of Agriculture, «Agricultural research service», 2012. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60820000/Manuscripts/2010/Man837.pdf>.
- [17] D. Beneficios, «Beneficios de la totora», *Dimebeneficios.com*. Disponible en: <https://www.dimebeneficios.com/totora/>
- [18] Reptiline, «Termómetro higrómetro digital con sonda». Disponible en: <http://www.reptiline.com/es/termometros-e-higrometros-terrarios/355-termo-higrometro-digital-con-sonda.html>.
- [19] Instituto Nacional de Metereología e Hidrología-INHAMI. <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>
- [20] M. Agustí, *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa, 2010.
- [21] El Telégrafo, «La fruta nacional gana espacio en mercados con la aplicación de las salvaguardias». *El Telégrafo.com*, abril, 2015. Disponible en: <http://eltelegrafo.com>