

# **ANÁLISIS COMPETITIVO DE UN PROTOTIPO DE DESHIDRATADOR SOLAR PARA EVALUAR SU DESEMPEÑO EN ZONAS DE ALTA IRRADIACIÓN**

César Sánchez Ocampo, Universidad Politécnica de Baja California  
Miguel Ángel Canales Rodríguez, Universidad Politécnica de Baja California  
Miriam Arlyn Tong Delgado, Universidad Politécnica de Baja California  
Jorge Ignacio Anguiano Lizaola, Universidad Politécnica de Baja California

## **RESUMEN**

*Los deshidratadores solares son dispositivos con los cuales se extrae agua del producto por medio del flujo del aire caliente, de esta forma el líquido que está en la superficie del producto se evapora y se traspasa al aire circundante, transfiriendo el calor al producto. La presente investigación describe el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de un prototipo de deshidratación solar en áreas de alta irradiación solar, para medir la eficiencia del equipo y compararlo con los datos estadísticos presentados en otros proyectos. Se realizaron pruebas durante los meses de octubre y noviembre de 2016, que sintetizaron los resultados más destacados del muestreo, la temperatura interna y externa, humedad inicial y final y tiempo de deshidratación. Los resultados consistieron en la deshidratación del alimento y la toma de datos experimentales para obtener los parámetros de secado de estos y tener un promedio general, así como para determinar las diferencias de temperatura entre este y otros dispositivos. En conclusión, fue posible obtener temperaturas superiores a los 70 °C, similares a otros aparatos, logrando resultados satisfactorios en el secado de frutas, carne o verduras, para consumo posterior.*

**PALABRAS CLAVE:** Deshidratadores Solares, Prototipo, Eficiencia, Tiempo

## **COMPETITIVE ANALYSIS OF A SOLAR DEHYDRATOR PROTOTYPE TO EVALUATE ITS PERFORMANCE IN AREAS OF HIGH IRRADIATION**

### **ABSTRACT**

*Solar dehydrator devices use hot air flow to extract water from products. In this study, we analyze the performance of a solar dehydration prototype. This prototype is ideal for areas with high solar irradiation. To determine the efficiency of the solar dehydrator prototype, we compared its performance with statistical data from other dehydrator projects. We performed tests during October and November 2016. Performance tests consisted of dehydration of fruits, meat and vegetables to collect drying parameters, average temperature and temperature differences. Results showed outstanding results in internal and external temperature, initial and final humidity and dehydration times. With the solar dehydration prototype, we were able to obtain temperatures above 70° C, which is similar to other dehydrators. We achieved satisfactory results during the process of drying of fruits, meat or vegetables with the prototype of solar dehydration.*

**JEL:** C93, D11, E21, I31, O13, Q55, R52

**KEYWORDS:** Solar Dehydrators, Prototype, Efficiency, Time

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista contractual, el desarrollo de todos los países está íntimamente relacionado con la generación y consumo de energía, y esta a su vez, está relacionada con el tamaño de la población mundial y el tipo de desarrollo de cada país, es decir, entre más desarrollado está el país más energía consume. Dentro del ámbito mundial, la población se ha incrementado de 1500 millones de habitantes en 1900, a más de 7433 millones en 2016 (UNFPA, 2016). De este total, más de las tres cuartas partes de esta población vive en países en vías de desarrollo, sin embargo, estos consumen solamente un 25% del total de energía mundial, mientras que en los países desarrollados viven tan solo una cuarta parte de la población y consume el 75% de la energía que se produce en el mundo (Quintanilla y Arfeuille, 2011).

Para darnos una idea Estados Unidos consume cerca de 4,000,000,000 kWh (25 %) y dentro de ella, California consume 1,400,000,000 kWh (35% del total nacional), la cual es la energía equivalente, que consume la isla de Japón. En 2008, las fuentes no renovables representaron el 91% de la producción total de energía primaria, principalmente el petróleo (62%) y el Gas Natural (27%) (Quintanilla y Arfeuille, 2011), en cambio para México en el 2011 supuso un 91.2% (64.1% de petróleo, 24% de gas y 3.1% de carbón) (Estrada, 2013). Este tipo de energía genera gran cantidad de contaminantes como lo son el CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno), SO<sub>2</sub> (Dióxido de Azufre), entre otros. Debido a esto, es necesario reducir el gasto de energía, no solo desde el punto de vista comercial, sino también para el residencial con la preparación de alimentos, para esto es necesario utilizar una mayor cantidad de energías renovables, en este caso, solar, ya sea acomodando el producto directamente al sol o mediante equipos que tengan la función de deshidratar el producto. Entonces reducir la cantidad de agua dentro de los alimentos, propicia que estos tengan un mayor tiempo de vida y puedan ser consumidos por los habitantes sin el peligro de una enfermedad. Y no solo eso, la reducción del uso de energías no renovables nos daría la oportunidad de tener un mejor lugar para vivir en los próximos años.

Es por esto, que debido a razones económicas y ambientales, es necesario buscar otras fuentes alternativas de energía, que sean a su vez abundantes, limpias, que presenten un equilibrio ecológico y que permitan la conservación de los alimentos por más tiempo, lo cual en algún momento ha obligado a la humanidad a disponer de una mayor cantidad de productos agrícolas tales como granos, vegetales, frutas, legumbres (Ochoa, et al, 2012), plantas aromatizantes, plantas medicinales (Bancho et al, 2008) y carnes (Condori, 2002), todo esto, con el fin de combatir la pobreza en algunas regiones del planeta. Con el fin de elegir si es posible la producción de alimentos deshidratados, es necesario tomar en cuenta las condiciones meteorológicas del lugar, ya que esta puede ser benéfica o no para determinados meses del año, lo cual hace necesario utilizar diversas técnicas para preservar y aumentar el tiempo de preservación de un producto. Por lo tanto, la presente investigación describe el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de un prototipo de deshidratación solar en áreas de alta irradiación solar, para medir la eficiencia del equipo y compararlo con los datos estadísticos presentados en otros proyectos.

Este artículo está organizado como sigue: En la Revisión Literaria se encuentra información sobre la utilización de dispositivos de deshidratación solar comparados en relación a otros tipos de energías renovables, asimismo, se presenta los niveles de irradiación solar que se presenta en la región y su posible utilización para generar productos que aumenten la competitividad en la venta de productos deshidratados en la ciudad.

En la sección de Metodología se presentan los datos recabados por un prototipo diseñado y fabricado por estudiantes de las carreras de ingeniería en Energía y Tecnologías de Manufactura de la Universidad Politécnica de Baja California, las variables analizadas fueron: la temperatura interna y externa del producto, la humedad, además de los tiempos de deshidratación. En los resultados se discuten los

principales datos obtenidos de las pruebas realizadas con frutas, verduras y carnes dentro del equipo. En la sección de Conclusiones se ofrecen comentarios finales sobre los resultados obtenidos.

## REVISIÓN LITERARIA

Según la FAO (2010), se desperdicia en el mundo del 20 al 40% de los alimentos por diferentes razones, después de que este se ha cosechado, debido a las condiciones del lugar de origen, sobre todo en regiones tropicales y subtropicales, por sus temperaturas extremas, que puede llevar a las frutas a madurar a una temprana edad y por consiguiente echarse a perder (García et al, 2013), de tal manera que al año se desperdician 1300 millones de toneladas de alimentos en el mundo (FAO, 2011), perdiendo más de 750 millones de dólares anuales. Después de todo, los alimentos son esenciales para la supervivencia de los seres vivos. Los seres vivos necesitan consumir alimentos para que estos, al entrar dentro de nuestro organismo generen energía, para así poder realizar las actividades diarias. Dentro de estos alimentos hay nutrientes los cuales se encuentran de forma natural y son necesarios para el correcto desarrollo de los organismos. Con todo ello, no hemos sido capaces de reducir los estragos de la desnutrición tanto en niños como en adultos mayores. Como una alternativa para poder luchar contra la desnutrición en todos sus niveles, sería aconsejable aprovechar los alimentos que se desperdician tanto antes como después de las cosechas, mediante la conservación de estos, utilizando técnicas de deshidratación. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima presencia de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas (Romero, et al, 2016; Peinado et al, 2013). Otra de las claves de uso para la utilización de esta tecnología ha sido la disminución de espacio de almacenamiento, ya que permite la eliminación de cierto contenido de líquido (provocando que su tamaño se reduzca), alargando su vida útil (reduciendo la proliferación de bacterias y virus) y por supuesto manteniendo gran parte de sus propiedades (Chavarria y Jallow, 2011). Se tiene la experiencia de la utilización de técnicas de deshidratación solar sencillas como dejar los alimentos a la intemperie, dejadas en planchas de metal o simplemente en láminas negras, aunque su eficiencia es muy baja.

Existen muchas formas de deshidratar los alimentos, dependiendo de su eficiencia energética, tiempo de secado, calidad del producto final, necesidades del mercado, y por supuesto la económica. Debido a esto a lo largo del tiempo se ha modificado el proceso de secado de alimentos con la implementación de nuevas tecnologías que amplían la variedad de productos y presentaciones en el mercado de los mismos. Utilizar la energía proveniente del Sol, del viento y de la Tierra (geotérmica) son otras de las opciones, pero la energía del sol tiene una ventaja extra con respecto a estas otras dos fuentes, la cual es ser barata y fácil de generar –respecto a las otras energías, la generación de energía calorífica mediante la velocidad del viento sería cara e inutilizables para la ciudad, con la actual tecnología. Respecto a la geotermia, se necesitaría estar cerca de una yacimiento de energía geotérmica de baja entalpia, que pudiera generar una temperatura cercana a los 75 °C-.

En un principio, los sistemas abiertos de secado al sol, han sido remplazados por sistemas mecanizados que obtienen calor por calderas y que, mediante el uso de ventiladores, fuerzan el paso del aire a través del producto de interés, reduciendo los tiempos de procesamiento y obteniendo una mejor calidad del producto. En la actualidad existen tres diferentes tipos de secadores: a) por Convección (Secadores en bandejas o charolas, de túnel, rotatorios, por aspersión, etc); b) Conducción (secadores de tambor, indirectos al vacío con anaqueles) y c) Radiación (Secadores solares) (Vidal, 2013).

Hablando de la energía solar, el Sol como estrella irradia cerca de  $174,423 \times 10^9$  kWh hacia la Tierra. La radiación absorbida en el ecuador es mayor que la absorbida en los polos, esta diferencia provoca la formación de celdas convectivas en las capas inferiores de la atmósfera (García, 2013), El servicio meteorológico nacional de monitoreo que miden y registran la irradiación solar en 6 estaciones. Dando como resultado, que la estación perteneciente a Bahía de los Ángeles, muestra la irradiación más alta con 350 W/m<sup>2</sup>, seguida por Mexicali con 330 W/m<sup>2</sup>, para el 2003 (García et al, 2003). Así a lo que se refiere

a la radiación solar a nivel local, el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) en Estados Unidos, ha elaborado mapas que resumen el gran potencial estatal de radiación solar directa. De dicho mapa se puede estimar que grandes regiones de nuestro estado, tienen el potencial suficiente para aprovechar gran cantidad de energía solar. De esta manera si lográsemos cubrir gran parte de los techos de la zonas urbana de Mexicali, ya sea residencia o industrial, con paneles solares con tecnología fotovoltaica, podríamos producir la energía suficiente como para no necesitar gran parte de la energía no renovable que se usa, en este momento.

En resumen, se puede afirmar que los deshidratadores solares son aparatos que logran eliminar gran cantidad de agua del producto por medio del flujo de aire caliente, provocando que este liquido se evapore y se una al aire que viaja en el aparato, logrando que el calor que hay dentro de este se pase a la fruta (Vidal, 2013). La deshidratación de este producto finalmente se traduce en modificaciones en la calidad del alimento: aspecto, color, gusto, etc. (Ansaldi et al, 2012). Es muy importante que se determine el momento en el cual termine el proceso de secado y retirar los alimentos del deshidratador. Si el deshidratado no se termina, lo productos que aún mantengan un poco de agua y de humedad al poco tiempo de estar almacenados se perderán. En caso contrario, un alimento que pasa mucho tiempo dentro de un deshidratador solar, el producto resultante adquirirá una textura y/o color poco aceptable, ya que el uso de altas temperaturas de deshidratación dañan la apariencia del producto, reduce el contenido de nutrientes e induce un sabor dulce debido a consecuencia de la caramelización de los azúcares (Ochoa et al, 2012). En general el tiempo de deshidratación óptima para cada producto es más prolongado que el de horneado tradicional, pero el producto tendrá mejores atributos nutricionales, color, aroma, sabor y textura (Rajkuma et al, 2007). Un buen deshidratador debe mantener temperaturas entre 35 a 55 °C, ya que por arriba de 55 °C se puede perder una gran cantidad de vitaminas, caso contrario si lo manejamos por debajo de 35 °C (Ruiz, 1986), la desventaja es que en estas temperaturas, debido a su ambiente húmedo podemos favorecer al crecimiento de bacterias, mohos, etc.

Por lo ya mencionado, conservar los alimentos por mucho más tiempo, asegura la calidad de la alimentación. Las frutas y otros alimentos se pueden secar, guardar adecuadamente y preparar para la venta, de esta manera se puede abrir una nueva fuente de trabajo. La elaboración de frutas secas para consumo directo es muy valorado por el azúcar y vitaminas que poseen (Almada et al, 2005). Hoy el secado de vegetales y carne no tiene solamente una función de abastecimiento como antes, si no que ofrecen una alternativa productiva y comercial para el mercado nacional (Almada et al, 2005) y mundial, donde se tiene hasta el año 2014, un consumo global de más de 153.7 mil millones de dólares (GBD, 2015). Algunos alimentos que se pueden secar son: carne vacuna, plantas medicinales, hortalizas, frutas (Manzanas, Mango, Plátanos, Piña, Limón, etc) y Verduras (Chile Morrón, Tomate, Cebolla, Ajo, etc) (Peinado et al, 2013).

## METODOLOGÍA

Mexicali, como la capital del estado de Baja California, cuenta hasta el año 2010 con una población de 936,826 habitantes (INEGI, 2010), teniendo como característica un clima seco semicálido, con pocas lluvias de invierno (Rodríguez, 2002), las cuales son menores a 75 mm anuales (García *et al.*, 2007), con una temperatura promedio en el año de 21°C (Camargo y García, 2012), con temperaturas máximas de 50°C en los meses de Julio a Septiembre y cercanas a los 0°C de Diciembre a Febrero (García *et al.*, 2009), con una radiación solar de 6 horas pico.

En este artículo se desarrolla un análisis descriptivo elaborado a partir de los datos obtenidos de la experimentación de un prototipo de deshidratador donde se realizaron varias pruebas con frutas, verduras y carne de res. Las pruebas se realizaron dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica de Baja California y presenta de forma sintetizada los resultados más sobresalientes del muestreo. La investigación se realizó en una zona parcialmente poblada, con un flujo vehicular bajo. El prototipo destaca por su fabricación en acero galvanizado así como ventana de doble vidrio para mejorar su funcionamiento,

buscando crear con esto, un efecto invernadero, que aumentará considerablemente la temperatura, logrando que el producto se deshidrate de forma constante, durante el tiempo que el producto se mantenga dentro del deshidratador, todo esto controlado con dispositivo electrónico con cronometro para medir tiempo, control de temperatura interna y externa además de un higrómetro para medir humedad. Con estas herramientas se medirá la temperatura interna del producto, la temperatura externa y humedad ambiental además del tiempo de deshidratación de cada producto de prueba. Se debe tomar en cuenta que todos los productos tienen diferente porcentaje de humedad. Para la realización de las pruebas, se planteó deshidratar varios productos, por lo que se planeó de acuerdo con un calendario de pruebas los primeros días de experimentación, utilizar frutas, los días subsecuentes se utilizaron plantas aromáticas y por último, carne de res. Las pruebas se realizaron los días miércoles y viernes de los meses de octubre y noviembre del año 2016.

En el proceso, los productos deben ser pesados tanto al principio como al final, para saber la diferencia de peso al deshidratarse. Una vez los alimentos eran acomodados sobre las láminas internas para su deshidratación, se programó cada media hora tomar las lecturas del dispositivo electrónico de medición de las variables del equipo, hasta que el producto presentaba una deshidratación completa, es decir cuando el producto ya cumplía con los tiempos estimados de deshidratación de los modelos propuestos para cada uno de los alimentos mencionados. Cuando el producto ya estaba totalmente deshidratado, se procedía al almacenamiento del aparato por un día, el tiempo suficiente para que aminorara la temperatura interna del aparato hasta los niveles de la temperatura ambiental. Por último, se pesaba e inspeccionaba. Aunado a eso también se realizará una comparación de rentabilidad del producto, tomando en cuenta que se realizara tanto mediante energía solar como eléctrica, con el fin de establecer el porcentaje de ganancia.

## RESULTADOS

La construcción de prototipo de deshidratador solar, permitió evaluar algunas condiciones de temperatura en determinadas horas pico de la región, la velocidad de deshidratado, así como duración total del proceso de deshidratación. Para el estudio presente se utilizaron diferentes frutas, verduras, plantas aromáticas y carnes, comparando nuestros resultados experimentales con algunas fuentes bibliográficas.

Tabla 1: Temperaturas Promedio (°C) Obtenidas Por Distintos Investigadores Sobre la Deshidratación de Alimentos

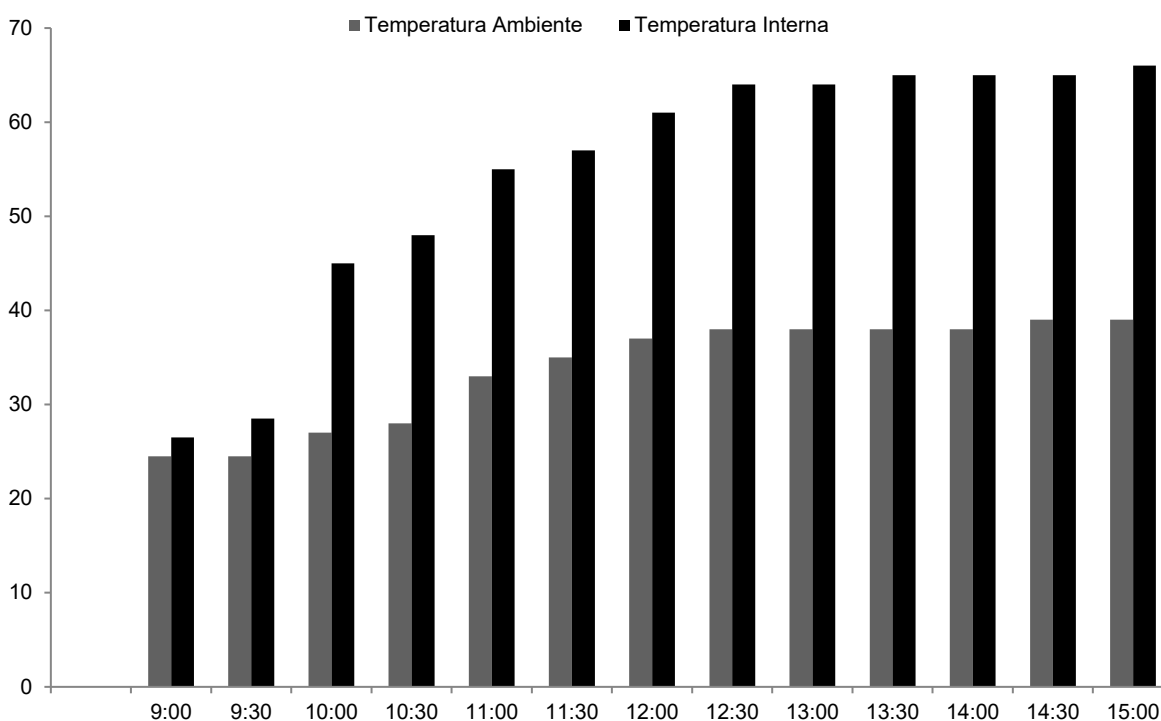
	Humedad Inicial (%)		Humedad Final (%)		Temperatura Máxima de Secado (°C)	
	Literatura	Experimental	Literatura	Experimental	Literatura	Experimental
<b>Piña</b>	80 (e)	80	10	13	65	65
<b>Manzana</b>	80 – 84 (b) (e)	80	24	23	70	70
<b>Plátano</b>	80 (b) (e)	80	15	15	70	70
<b>Albahaca</b>	84.8 (a) (e)	80	11.5	12	65	65
<b>Nopal</b>	95 (c) (e)	90	20	20	60	65
<b>Carne de res</b>	50 – 80 (d)	80	30	25	55	60

*La Tabla 1 muestra temperaturas promedio (°C) obtenidas por distintos investigadores sobre la deshidratación de alimentos y la comparación con esta investigación, tanto en humedad inicial, final, además de temperatura máxima de secado*

El prototipo de deshidratador realizado permitió mejorar los tiempos de deshidratado desde 500 a 600 minutos, a 300 a 360 minutos, además alcanzo temperaturas desde 55 °C a 70 °C. Respecto a la humedad, se obtuvo de 12 a 25% según el producto, lo que permito conservarlo por mayor tiempo, sin que sufran algún tipo de deterioro, facilitando su consumo para zonas de bajos recursos. Tomando en cuenta la Tabla 1, podemos asegurar que algunos productos tienen una capacidad de perder más cantidad de agua que otros, la Albahaca inicia con una humedad de 80% y termina en solo 12%, en cambio el Nopal, inicia con un 90% de humedad y termina en solo 15%. Igualmente, que la manzana y el plátano que ambos inician con 80% de humedad y terminan luego del proceso de deshidratación en 24% y 15% respectivamente, a diferencia de la carne de res (cecina) que inicia con 80% y termina con 30%. Por ejemplo, Zurlo et al 2005 (a),

menciona que el Albahaca tiene una humedad inicial de 84.5%, muy similar a la de esta experimentación con 80% y una humedad final de 11.5%, en contraste con la obtenida de 12%. Aunque se utilizó diferente tecnología ya que él uso un colector solar para poder generar la energía suficiente para secar el producto. Bonilla et al, 2005 (b), menciona al Plátano y a la Manzana con una humedad inicial de 80 y 84%, respectivamente, siendo similares a los experimentados en esta investigación con 80% de humedad inicial, mientras que la humedad final va de 15 a 24% en ambas investigaciones. Torres et al, 2006 (c), menciona que el nopal, posee un alto nivel de humedad con 95%, lo cual limita su vida útil, siendo muy similar a nuestros resultados, los cuales fueron de 90% de humedad inicial. En ambas investigaciones la humedad final fue de 20%. Para Neira et al, 2009 (d), la deshidratación de todo tipo de carnes, ya sea de res, puerco o aves, tiene una humedad inicial que varía desde 50 a 80%, tomando en cuenta que hablamos de cecinas. En cambio, para nosotros debido a que solo hicimos deshidratación de carne de res, tuvimos una humedad de 80%. En cambio, de humedad final variaba de 25 a 30%, así como nuestra investigación. Garg et al, 2000 (e), menciona diferentes humedades iniciales y finales para frutas y verduras, muy similares encontradas en este trabajo.

Figura 1: Comparación Entre Temperatura Interna y Ambiental Con Lapso de 30 Minutos



La Figura 1 muestra la comparación entre temperatura interna y ambiental con lapso de 30 minutos en horas pico en un día que hubo cielo nublado, logrando aumentar más de 30 grados en poco menos de 5 horas

Respecto a las temperaturas tanto externa como interna del prototipo de deshidratador (Figura 1), tenemos los siguientes el ejemplo de lo que se hizo para deshidratar nopal, piña o albahaca (Figura 2), donde las temperaturas llegaron hasta los 66 °C. Como se observa las temperaturas internas del producto va aumentando cada 30 minutos, empezando a las 9 am y terminando a las 3 pm, llegando a los 66 °C como temperatura final, teniendo una diferencia casi 30 °C entre la temperatura interna como externa.

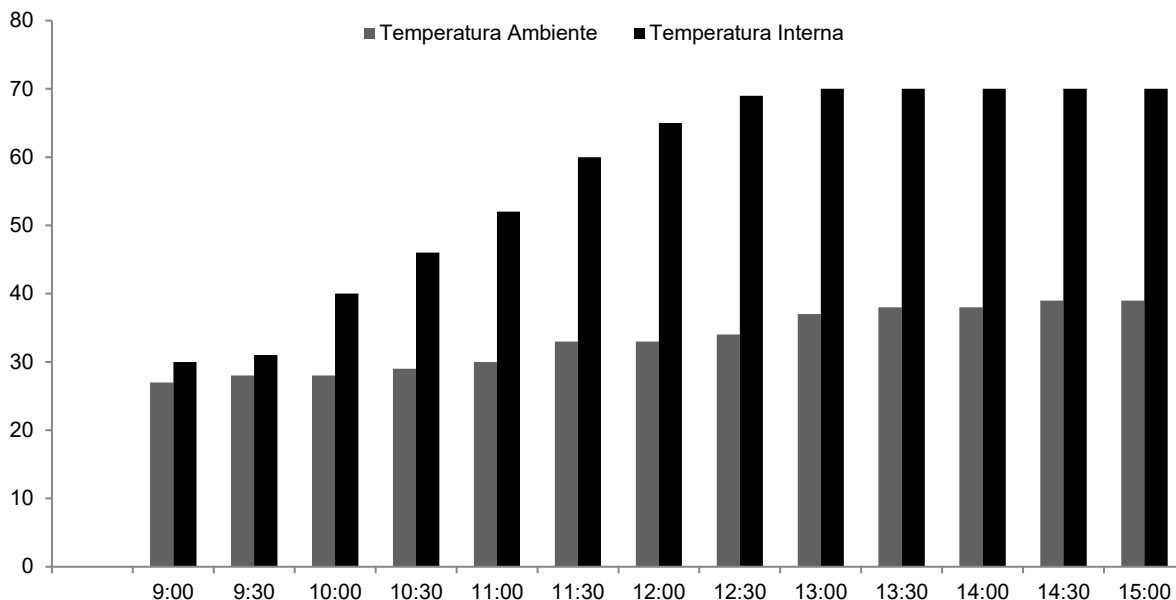
Figura 2: Deshidratación de Nopal Dentro del Prototipo de Deshidratador



*La Figura 2 muestra la deshidratación de nopal dentro del prototipo de deshidratador, sobre papel aluminio, a las 10 am en un día donde la temperatura llegó a los 60 °C y tuvo una apariencia similar a otros experimentos*

En cambio, para la deshidratación de productos como carne, manzana y plátano, las temperaturas para su deshidratación fueron un poco más altas, hasta los 70 °C (Figura 3). Donde las temperaturas aumentan internamente desde los 30 °C hasta los 70 °C. Se muestra ejemplos de deshidratación de productos (Figura 3 y 4).

Figura 3: Comparación Entre Temperatura Interna y Ambiental Con Lapso de 30 Minutos



La Figura 3 muestra la comparación entre temperatura interna y ambiental con lapso de 30 minutos en horas pico en un día que hubo cielo despejado, logrando aumentar más de 40 grados en poco menos de 5 horas.

Figura 4.- Imagen de Manzana y Carne de Res Deshidratada Dentro del Prototipo de Deshidratador Solar



La Figura 4 muestra imagen de manzana y carne de res deshidratada dentro del prototipo de deshidratador solar, como producto terminado, con un porcentaje de más de 70% de reducción de humedad para la manzana y de 60% de la carne.

### Análisis de Rentabilidad del Producto

En sentido económico es importante señalar que deshidratar alimentos trae varios beneficios directos al producto final, tales como ser un producto 100% natural con características de color, olor y sabor propios de un producto fresco. Más aun aumentan su vida de anaquel hasta en un año aproximadamente, no requieren refrigeración, ni congelamiento para ser almacenados, lo que implica otro impacto positivo en los costos fijos. Por tanto se decidió hacer pruebas con carne de res para identificar la rentabilidad del producto tomando en cuenta además que durante el proceso de deshidratación la carne pierde mucho peso lo que implica una disminución en la rentabilidad. Vale la pena suponer que la rentabilidad será positiva ya que se obtendrán ganancias utilizando costos fijos de materia prima y bajos costos de proceso, siendo los más significativos los referentes a la mano de obra. También es importante señalar que para obtener una rentabilidad importante es necesario concretar la venta del producto, lo que significa que se debe tener un precio de venta competitivo con el mercado al cual se desea ingresar. Tomando en cuenta estas condiciones



se utilizó la fórmula para calcular la rentabilidad de un producto considerando dos variables importantes como los costos y el precio final de venta, la fórmula 1.

$$R = ((P - C)/P) \times 100 \tag{1}$$

Dónde:

- R= Rentabilidad del producto
- P= Precio de venta del producto
- C= Costos del producto

En el caso de la carne de res el precio de costo por kilogramo ya preparado es de \$120.00 pesos. Sin descontar la merma por deshidratación. Para obtener un kilogramo deshidratado se necesitan 4 kilogramos de carne. Por lo que el costo sería de \$480.00 pesos por kilogramo deshidratado más un 20% de gastos generales. Así se obtiene un costo total de \$528.00 pesos por kilogramo listo para venta. El precio de venta por kilogramo es de \$1000.00 pesos. Se aplica la fórmula 1.

$$R = (1000 - 528)/1000 \times 100$$

$$R = 47.2\%$$

En el caso de este ejercicio se debe hacer hincapié en que se hizo de manera real la venta del producto en varias ocasiones a través de una práctica, realizada por jóvenes estudiantes de la Universidad Politécnica de Baja California, también es importante comentar que la rentabilidad del producto es alta, misma que se ve afectada de manera significativa hasta en un 25% más en aumento de los costos fijos si se incluye el costo de la energía eléctrica o de gas como fuente de energía para activar el deshidratador (Figura 5).

Figura 5: Análisis de Rentabilidad del Producto

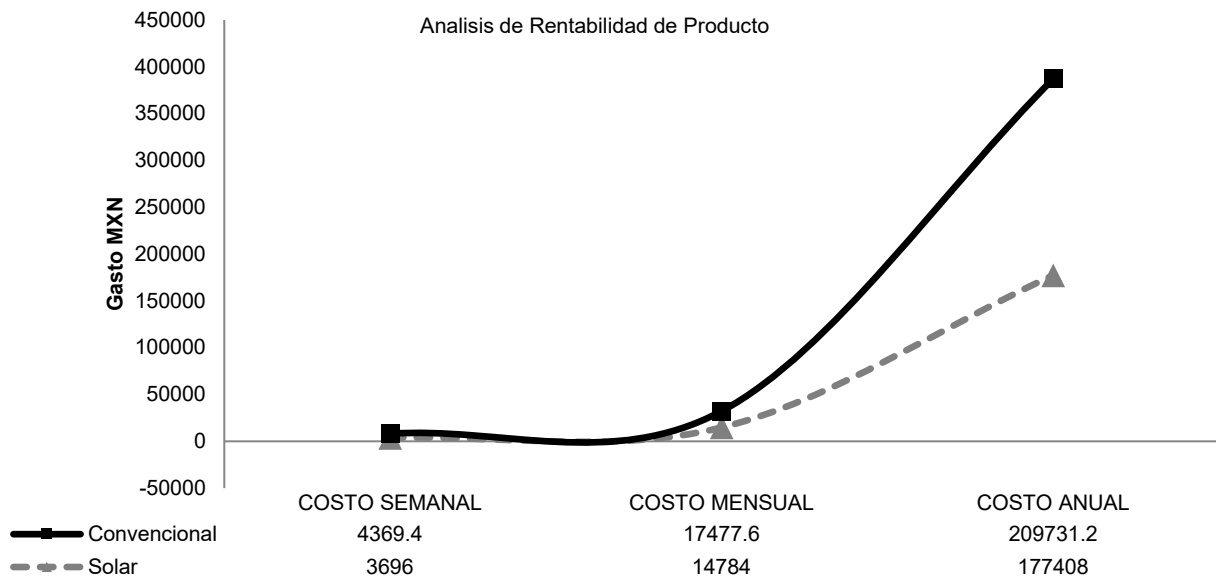


Figura 5 muestra el análisis de rentabilidad del producto, comparando el costo del producto deshidratado mediante energía solar contra uno hecho mediante energía eléctrica.

## CONCLUSIONES

Los deshidratadores solares han demostrado ser una alternativa muy apropiada a las necesidades requeridas de la población de bajo recursos y para aquellos que buscan mantener por más tiempo sus alimentos, sobre todo en una zona con alta radiación solar. Además de que es transportable, versátil, y sustentable con el medio ambiente. La deshidratación de un alimento es una fuente alterna cuando se pretende que un producto tenga un valor más alto en el mercado. A este tipo de productos se le puede agregar un sistema fotovoltaico, que lo haría aún más interesante si se pretende usar para generar empleo local dentro de comunidades en zonas rurales. Las pruebas empíricas realizadas a varios productos, han sido muy promisorias. Obteniendo consistencia y textura muy similares a las predichas por la literatura, además de disminuir el tiempo de deshidratación de algunos productos a casi 6 horas.

Los resultados muestran una disminución de humedad en los productos deshidratados dentro del prototipo, en algunos casos de hasta el 70%, como la piña o la albahaca, dándonos una textura y sabor reconocidos. Para el caso del Nopal aun cuando se necesitó un poco más de tiempo para deshidratarlo, se llegó al objetivo de reducir su humedad en un 70% y usarlo como producto de baja calorías. En el caso de la carne. Un insumo perecedero, se logró reducir su humedad en un 65%, provocando con esto, que mantenga sus características particulares por más tiempo, y que incluso se pueda almacenar sin necesidad de una hielera. Un punto importante es la reducción de costos, debido a que los productos tienen un tiempo de vida mucho más amplia, lo cual provoca una seguridad alimenticia en las regiones de alta irradiación solar, debido a estos productos.

Solo basta notar la eficiencia del prototipo, ya que este alcanza los 70 °C en algunos casos, obteniendo la temperatura ideal para deshidratar algunos productos, como el Plátano, lo cual nos da una seguridad de que esta investigación, lograra reducir los problemas, que actualmente persisten en algunas regiones con alta pobreza de nuestro país. Tomando en cuenta el análisis sobre rentabilidad del producto, se pudo constatar que es benéfico el uso de nuestro aparato de deshidratación solar, ya que se logró aumentar las ganancias de nuestro producto es casi 50%, sobre el precio neto.

## REFERENCIAS

- Alsandi, E., Flores, F., & Lara, M. Á. (2012). Evaluación del Comportamiento del Secador Solar y Constante en Laboratorio y Campo de Espinaca. *CRICYT*, 217 - 224.
- Banhero, L., Carballo, S., & Telasca, J. (2008). Manual de Secado Solar de Especies Medicinales y Aromáticas para Predios Familiares. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*, 11-54.
- Bonilla, V. A., Castillo, U. P., Estudillo, C. M. J., García, G. M. de la L., Velazquez, H. V. (Abril de 2014). Diseño y Construcción de un Secador Solar de Frutas. Comité Organizador, XXII Concurso Universitario Feria de las Ciencias, la Tecnología y la Innovación. Concurso llevado a cabo en la Ciudad de México, México.
- Camargo, A., & García, R. O. (2012). Evaluación de dos modelos de reducción de escala en la generación de escenarios de cambio climático en el valle de Mexicali en México. *Información tecnológica*, 11 - 20.
- Chavarría, N. & Jallow, A. (2011). Elaboración de un Deshidratador Solar para la Conservación Artesanal de los Alimentos Obtenidos en las Huertas Familiares (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica Territorial de Paria. Capúrano, Venezuela.
- Condori, M. (2002). Diseño y Construcción de Secadores Solares Destinados a la Producción de Carne Deshidratada. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* , 25 - 30.

García, J., Cerezo, J., Quintero, M., & Velázquez, N. (2013). Tecnologías Energéticamente Sustentables y Fuentes Renovables de Energía ante el Cambio Climático en Baja California. En M.

FAO: Normas para piña, estado fresco, variedades comerciales (CODEX STAN 182 a- 1993), FAO-Roma, Consulta 13 de Septiembre de 2017

FAO: Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo (en interpack 2011 dusseldorf, Alemania) FAO-Roma, Consulta 13 de Septiembre de 2017.

García, P. A., Muñoz, B. S., Hernández, G. A, Mario, G. L. y Fernández V. D. (2013). Evaluación económica de la aplicación de los procesos tecnológicos de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la piña. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 – 20.

García, R. O., Jáuregui, E., & Tejeda, A. (2007). Detection of the urban heat island in Mexicali, B. C., México and its relationship with land use. *Atmósfera*, 111 - 131.

García, R. O., Tejeda, A., & Bojórquez, G. (2009). Urbanization effects upon the air temperature in Mexicali, B. C., México. *Atmósfera*, 348 - 365.

Garg, H. P., & Prakash, J., (2000), *Solar energy: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hills. New Delhi.

GBG NETWORK: Alimentos procesados “Oportunidades y perspectivas en el mercado global”, Abril 2015, consulta 13, septiembre 2017.

INEGI. (25 de Junio de 2010). *INEGI*. Recuperado el 29 de Junio de 2017, de INEGI: [www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=02#](http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=02#)

Hernández, S. C. A., (2010). *Deshidratador Solar para Productos Agrícolas* (Tesis de Maestría). Colegio de Posgrados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Córdoba, postgrado en Agroindustria. Córdoba, Argentina.

Neira, I. J. L., y Ponce, Ch. I. R. (Elaboración de Carnes Deshidratadas (Cecinas) de res, cerdo y aves (Tesis Licenciatura). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil, Ecuador.

Ochoa, E., Ornelas, J. d., Ruiz, S., Ibarra, V., Pérez, J., Aguilar, J. C., y otros. (2012). Tecnologías de Deshidratación para la Preservación de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista de Ciencias Biológicas y de salud*, 39 - 46.

Peinado, J. L., Vidal, R., Grado, J. A., & Gándara, J. A. (2013). Deshidratación de Alimentos Utilizando Energía Solar Termica. *CULCyT*, 99 - 107.

Quintero, M. *Baja California ante el Embate del Cambio Climático* (págs. 121 - 154). Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.

Quintanilla, A., & Arfeuille, G. (2011). Potencial eléctrico de los recursos energéticos renovables en México. En G. M. María Eugenia González, *Hacia la sustentabilidad ambiental de la producción de energía en México* (págs. 75 - 101). La Paz, Baja California Sur: El Colegio de la Frontera Norte.

Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., S, V. R., Garipey, Y., & Orsat, V. (2007). Drying Kinetics of Tomato Slices in Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying Methods. *Drying Technology*, 1349 - 1357.

Rodríguez, J. M. (2002). Los Desastres Naturales en Mexicali, B. C.: Diagnóstico sobre el Riesgo y la Vulnerabilidad Urbana . *Frontera Norte*, 123 - 153.

Romero, E., Álvarez, J. R., & Ferrer, N. (2016). Evaluación del Desempeño de un Secador Solar Directo sobre las Semillas de Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23 - 28.

Ruiz, S. (1986). *Producción Casera de Dulces, Jaleas y Mermeladas*. Barcelona: Aura.

SEMARNAT. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Torres, J., Hernández, O., Arce, G., y Vizuet, J. (2016). Secado de Nopal (*Opuntia ficus*) Utilizando Secador Solar con Sistema de Reflectores. *Revista de Energía Química y Física*. 39 – 46.

UNFPA. (1 de 1 de 2016). *United Nations Population Fund*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de United Nations Population Fund: <http://www.unfpa.org/world-population-dashboar>

Vidal, A. V. (2013). Diseño y Construcción de un Deshidratador Híbrido con Energías Alternas (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional. México, México.

Zurlo, H. D., Vergara, L., Spotorno, R., Benítez, F., De Pedro, J. y otros (2005). Secador Solar: Una Tecnología Apropriada para el Norte Argentino. Grupo de Energías Renovables, Universidad Nacional del Nordeste.

## BIOGRAFÍA

César Sánchez Ocampo, Universidad Politécnica de Baja California  
Correo: csanchezo@upbc.edu.mx

Miguel Ángel Canales Rodríguez, Universidad Politécnica de Baja California  
Correo: macanalesr@upbc.edu.mx

Miriam Arlyn Tong Delgado, Universidad Politécnica de Baja California  
Correo: matongd@upbc.edu.mx

Jorge Ignacio Anguiano Lizaola, Universidad Politécnica de Baja California  
Correo: janguianol@upbc.edu.mx