

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Deshidratador solar de frutas casero económicamente viable**

**POR**

**VERENICE GARCIA LOPEZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA**

**FEBRERO 2020**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**Deshidratador solar de frutas casero económicamente viable**

Por:

**VERENICE GARCIA LOPEZ**

**TESIS**

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Aprobada por:

  
M.C. NATALIA BELEN ORTEGA MORALES  
Presidente

  
ING. RUBÉN MUÑOZ SOTO  
Vocal

  
DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTINEZ  
Vocal

  
ING. JOEL LIMONES AVITIA  
Vocal Suplente

  
DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
FEBRERO 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**Deshidratador solar de frutas casero económicamente viable**

Por:

**VERENICE GARCIA LOPEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. NATALIA BELEN ORTEGA MORALES  
Asesor Principal



ING. RUBI MUÑOZ SOTO  
Coasesor



DR. MIGUEL ANGEL URBINA MARTINEZ  
Coasesor



ING. JOEL LIMONES AVITIA  
Coasesor



**DR. ISAÍAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ**  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
FEBRERO 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios**: por darme vida, salud y fuerzas para lograr concluir una etapa más de mi vida.

A **la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**: por abrirme las puertas de sus instalaciones y hacerme una mejor persona.

A **mi asesora Natalia Belén Ortega Morales** por regalarme sus conocimientos, por su tiempo y paciencia que tuvo hacia a mí.

A **la maestra Rubí Soto Muñoz**. Por su gran apoyo, paciencia y consejos que me otorgo, por su tiempo invertido y por ser de gran ayuda en este trabajo.

Al **DR. José Luis Reyes Carrillo**: Por sus conocimientos y ayuda que me brindo para lograr esto.

A **Mario Hidalgo**: por su gran ayuda y apoyo, para lograr esto, estoy enormemente agradecida, por encontrar personas como tú en los momentos más difíciles y hacen todo un poquito más fácil. Gracias

## DEDICATORIAS

A **mis padres**: Reinol García Escobar y Florivel López Vázquez, que con amor y esfuerzo me dieron la oportunidad de llegar hasta aquí, por siempre apoyarme en las decisiones que tome, por animarme a seguir adelante, por sus consejos, por su tiempo, por su educación, por su confianza, por impulsarme a cada día ser una mejor persona, por convertirme en una mujer fuerte y con metas claras.

A **mi abuelita catalina**: por sus palabras de ánimo, por sus consejos y sabias palabras.

A **Ernesto L.H**: quien fue una de las piezas claves para que todo esto se lograra, por tu amor, por tu tiempo, por tus buenos deseos, por tus consejos, por el empuje, por mi preocupación que era también tu preocupación para que todo saliera bien, por el interés y la confianza que tenías en mí, por los momentos felices que me diste. Gracias.

A **Elizabeth M.R**: a ti por tus consejos, por tu tiempo, por todas las veces que te sentaste conmigo y me escuchaste cuando lo necesita, por estar ahí en las buenas y en las malas, por todos los momentos bonitos vividos juntas, por tu amistad.

A **Xóchitl E. DE L.I**: por regalarme tu amistad, por festejar conmigo mis triunfos y también por estar ahí en las derrotas, por tus palabras de ánimo, por tu tiempo, por las risas, por las lágrimas, por ser una buena persona conmigo.

## **RESUMEN**

Desde el principio de nuestra era el ser humano ha utilizado las fuentes de energía a su alcance en una constante búsqueda de mayor confort, estabilidad y desarrollo. Desde un comienzo, el hombre ha hecho uso de la luz y el calor para satisfacer sus más diversas necesidades.

El hombre asume necesidades energéticas para poder realizar tareas como moverse rápido, cocinar, construir casas, calentarse y vestirse, entre otras actividades. La humanidad necesita entonces una estructura industrial establecida sobre fuentes energéticas primarias para poder obtener los servicios necesarios.

El presente trabajo de investigación se elaboró con el objetivo de deshidratar frutas de una manera limpia con el medio ambiente utilizando la energía solar y buscando una mejor economía.

Empleando un deshidratador solar en pequeñas dimensiones construido con materiales de madera, plástico negro mate y transparente.

**Palabras claves:** Deshidratador, Energía, Fruta seca.

CONTENIDO	
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	<b>VII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
2.1 Objetivo general: .....	4
2.2 Objetivos específicos:.....	4
2.3 hipótesis:.....	4
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
3.1 El sol:.....	5
3.2 Energía solar:.....	7
3.3 Radiación solar: .....	9
3.4 Radiación térmica: .....	10
3.5 Horas de sol, estaciones y zonas horarias:.....	12
3.6 Ley de reflexión y refracción: .....	14
3.7 Países con mayor incidencia solar en del mundo: .....	15
3.8 Incidencia solar en México .....	15
3.9 Incidencia y radiación solar en torreón .....	17
3.10 Temperatura mensual y anual de torreón.....	20
3.11 Secador de frutas .....	23
3.12 Diseño y tipos de secadores de frutas .....	24
3.12.1 Características .....	27
3.12.2 Dimensiones.....	29
3.12.3 Especificaciones técnicas .....	30
3.12.4 Ventajas y desventajas del secador solar .....	30

3.13	Consumo de secadores eléctricos en torreón .....	31
3.14	Consumo de secadores solares en torreón.....	35
3.15	Estudio económico.....	36
3.16	Población beneficiada .....	37
<b>IV</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
4.1	Etapa 1. Prototipo de Construcción de deshidratador solar. ....	38
4.2	Etapa 2: Evaluación de la eficiencia del deshidratador solar.....	39
4.2.1	Sitios de evaluación del deshidratador solar casero; Chicomuselo, Chiapas y Torreón, Coahuila. ....	39
4.2.2	Características climáticas de Chiapas: .....	40
4.2.3	Características climáticas de Torreón:.....	41
4.3	Variables estudiadas.....	42
4.3.1	La variación del peso de las muestras frutales: manzana, kiwi, naranja y nance. 42	
4.3.2	La diferencia de eficiencia de secado del deshidratador solar casero comparando distintas regiones de México, Torreón, Coahuila (zona árida), y Chicomuselo Chiapas (zona tropical).....	43
4.3.3	Comparar la eficiencia del deshidratador solar en Torreón en dos estaciones: primavera e invierno.....	43
4.3.4	Análisis de la variación de la temperatura ambiental vs al interior del deshidratador solar en ambos sitios evaluados. ....	44
4.3.5	Determinación de la pérdida de humedad final de los frutos .....	44
<b>V</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>45</b>
5.1	Eficiencia de secado del deshidratador solar casero en Chicomuselo, Chiapas. 45	
5.2	Eficiencia de secado del deshidratador solar casero en el estado de Torreón Coahuila.....	47
5.3	Variación del peso de las muestras frutales en Torreón Coahuila en invierno. .	50
5.4	Análisis de la variación de la temperatura ambiental vs al interior del deshidratador solar en ambos sitios evaluados. ....	52
5.5	Determinación de la pérdida de humedad.....	53
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>58</b>
<b>IX</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costos de diferentes tipos de deshidratadores solares.....	<b>36</b>
Tabla 2: Costos del deshidratador solar por unidades y el total.....	<b>39</b>
Tabla 3. Temperaturas del estado de Chiapas y Torreón Coahuila.....	<b>53</b>
Tabla 4. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Chiapas.....	<b>54</b>
Tabla 5. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Torreón Coahuila en primavera.....	<b>54</b>
Tabla 6. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Torreón Coahuila en invierno.....	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: estructura del sol.....	9
Figura 2: diferentes tipos de radiación térmica.....	10
Figura 3: intercambio de radiación térmica hasta que se alcanza el equilibrio.....	10
Figura 4: formas en la que se presenta la radiación térmica.....	11
Figura 5: fenómeno de reflexión y refracción superficie lisa.....	14
Figura 6: fenómeno de reflexión y refracción superficie no lisa.....	14
Figura 7: países con mayor incidencia solar.....	15
Figura 8: mapa de México con los estados con mayor incidencia solar.....	16
Figura 9: grafica, variación de la radiación solar global, directa y difusa para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón.....	18
Figura 10: dependencia de la radiación solar directa para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón.....	19
Figura 11: resumen del clima de Torreón.....	20
Figura 12: temperatura máxima y mínima promedio de Torreón.....	21
Figura 13: temperatura promedio por hora en Torreón.....	21
Figura 14: horas de la luz y crepúsculo.....	22
Figura 15: esquema deshidratador solar indirecto.....	24
Figura 16: esquema secador solar mixto.....	25

Figura 17: esquema secador solar tipo carpa.....	<b>26</b>
Figura 18: esquema secador solar tipo armario.....	<b>27</b>
Figura 19: prototipo deshidratador de frutas solar.....	<b>28</b>
Figura 20: dimensiones del prototipo deshidratador solar.....	<b>29</b>
Figura 21: secadores eléctricos.....	<b>32</b>
Figura 22: deshidratadores solares en torreón desde 1kg hasta toneladas.....	<b>36</b>
Figura 23: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Chiapas.....	<b>45</b>
Figura 24: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Chiapas.....	<b>46</b>
Figura 25: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila.....	<b>48</b>
Figura 26: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila.....	<b>49</b>
Figura 27: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila. En invierno.....	<b>51</b>
Figura 28: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila. En invierno.....	<b>51</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el principio de nuestra era el ser humano ha utilizado las fuentes de energía a su alcance en una constante búsqueda de mayor confort, estabilidad y desarrollo (Juan Pablo Castaneo Cazares, 2006). Desde un comienzo, el hombre ha hecho uso de la luz y el calor para satisfacer sus más diversas necesidades (Gonzales-Couret, 2014). El uso y control del fuego marcó un hito de nuestra civilización, ya que no se trata sólo de aprovechar pasivamente las fuentes de energía, sino que de disponer de éstas en cualquier momento. Este paso consiste en el uso de la energía acumulada en la biomasa que fue captada a través de la fotosíntesis (Arias -Avila & Tricio-Gomez, 2014). Avanzando en el tiempo, se retoma el uso del Sol como fuente de energía, pero esta vez de manera dirigida a través de construcciones orientadas al aprovechamiento de la energía solar para calefacción e iluminar (Cadena, 2008).

El hombre asume necesidades energéticas para poder realizar tareas como moverse rápido, cocinar, construir casas, calentarse y vestirse, entre otras actividades. La humanidad necesita entonces una estructura industrial establecida sobre fuentes energéticas primarias para poder obtener los servicios necesarios (Edgar Antonio Barragan Escandon, 2017).

Son exactamente esas elecciones energéticas a escala industrial las que pueden influir profundamente sobre el sistema ecológico de nuestro planeta, con el riesgo de que lo lleven a un estado de desorden y muerte. Por eso nuestra atención debe concentrarse sobre estas elecciones, para encaminarse lo más respetuosamente posible al orden y al ritmo de la naturaleza (Escribano-Frances, 2012).

Los recursos naturales y por tanto las energías renovables constituyen la base de los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y calidad medioambiental. La utilización de energías renovables requiere de una garantía de desarrollo sostenible: la utilización de un modelo energético que satisface las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras,

al tener en cuenta la dimensión económica (crecimiento económico), dimensión social (progreso social) y dimensión medioambiental (protección del medio ambiente y uso racional de los recursos).

La temática energética se ha convertido en un factor de prioridad a nivel internacional por la importancia estratégica de asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno de forma compatible con el medio ambiente (Collymore-Rodríguez, Arencibia-Jorge, Blanco-García, & Araujo-Ruiz, 2008). Es por ello que se ha desarrollado un conjunto de acciones encaminadas a vincular y comprometer a los países en la lucha por la protección del medio ambiente y a enfrentar el cambio climático que todo esto ha generado. A nivel internacional se hacen esfuerzos desde el punto de vista de su regulación jurídica, así como internamente en la mayoría de los países, unos con más avances que en otros (Miranda-m., Saldaña-F., & Morales-R., 2003).

Con las nuevas energías renovables o alternativas que existen hasta el día de hoy, existen diversas maneras de aprovechar la energía solar. Una manera puede ser construyendo un deshidratador solar.

La deshidratación de los alimentos es una técnica que surgió hace dos siglos en España e Italia, países que importaban productos frescos de África y para preservarlos los deshidrataban (Trejo., Vargas., Hernández., & Rodríguez., 2014).

A partir de 1930 se extendió a otras partes del mundo Occidental a través de los frutos deshidratados y glaseados llamados orejones. Hoy, la técnica ha evolucionado y ofrece frutas y verduras deshidratadas en delgadas rebanadas, muy del gusto del consumidor. El secado de los alimentos es uno de los métodos más antiguos que ha utilizado el hombre para conservar sus alimentos (Roilan Iglecias Díaz, 2017). El hombre primitivo utilizó la energía solar que calentaba el medio ambiente, para secar sus alimentos al aire libre. Actualmente el secado de frutas y hortalizas es un proceso industrial muy importante en la preservación de la calidad de los productos agrícolas.

El secado o deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos por medios físicos hasta que el nivel de agua sea adecuada para su conservación por largos periodos (Rodríguez- Valencia, 2016).

La construcción de un secador solar se basa en la aplicación de una tecnología sencilla y apropiada para ser aplicada a nivel doméstico. Su aplicación permite la conservación de alimentos, como son las frutas y legumbres, que al ser deshidratados mantienen una gran proporción de su valor nutritivo original (Cesar. & Carlos, 2015).

Consideramos que la utilización de un secador solar para el deshidratado de frutas proporciona varias ventajas desde el punto de vista práctico y económico. Además, podemos promover la utilización de energía renovable (solar) la cual tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales

Finalmente, en el presente trabajo se promueve la utilización de energía renovable mediante el diseño y construcción de un secador solar de frutas que sea de bajo costo y que se adapte a nuestras necesidades.

La principal fuente de energía utilizada para el secado de frutas y granos, es la energía eléctrica. Sin embargo, existe una fuente de energía que es más sustentable debido a tres factores: es gratuita, ilimitada y amigable con el medio ambiente; la energía solar. En este trabajo se investigó teóricamente la cantidad de radiación solar que incide en el suelo de la comarca lagunera, en otra etapa, se midió experimentalmente este parámetro, para después diseñar y construir un prototipo de secador solar (Bravo-Hidalgo, 2015).

El prototipo de secador solar, tiene como objetivo aprovechar la radiación solar para llevar acabo la correcta deshidratación de los frutos y, por lo tanto, disminuir los costos de producción de los agricultores de la zona. El secado solar ha tomado mucho auge, encontrándose en el mercado actual una amplia variedad de diseños para distintas necesidades. Por todo esto, el secado solar se convierte en un método ideal y práctico para los agricultores.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

Aprovechar la energía del sol para deshidratar las frutas y a la vez cuidar nuestro medio ambiente.

### **2.2 Objetivos específicos:**

Elaboración de un secador de frutas solar casero.

Evaluar el proceso de secado de la fruta, empleando nuestro deshidratador solar, bajo condiciones climáticas de la comarca lagunera.

Determinar las temperaturas internas y externas al deshidratador durante el proceso de secado.

### **2.3 hipótesis:**

El secador solar casero es un prototipo que favorece la deshidratación de alimentos y es una excelente opción para la conservación de frutas tales como; Manzana, Mango, Durazno, Nance y es una opción viable económicamente.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 El sol:

El Sol es la fuente de energía que mantiene vivo al planeta Tierra (Arancibia-Bulnes & Best-Brown, 2009).

Emite continuamente una potencia de 62 mil 600 kilowatts (o kilovatios) por cada metro cuadrado de su superficie. Esto ha venido ocurriendo a lo largo de 4 mil 500 millones de años, y se estima que continuará así por otros 5 mil millones de años, lo cual, en términos de la existencia que ha tenido la humanidad, es prácticamente ilimitado. De hecho, en un periodo de tan sólo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía equivalente a todas las reservas probadas que existen de petróleo, gas y carbón. Esto equivale a cerca de 60 veces el consumo anual de la sociedad humana, lo cual nos da una idea del potencial impresionante que tiene la energía del Sol para satisfacer las demandas energéticas del mundo (D. & Zapata., 2011).

Los primeros registros escritos de la utilización de la energía solar provienen de los antiguos griegos, romanos y chinos. Estos pueblos conocían el arte de prender fuego utilizando lentes y espejos “quemantes” (Lorente., 2006).

En el Renacimiento, la idea de usar el calor solar para la industria química y la cerámica despertó mucho interés. Según parece, uno de los primeros en intentarlo fue Leonardo da Vinci.

En los siglos XVII y XVIII se construyeron un gran número de hornos solares que usaban la radiación solar concentrada para experimentación en cerámica, metalurgia y química. Muestra de esto: en 1774 el químico inglés Joseph Priestley utilizó un horno solar en experimentos que lo llevaron a descubrir el oxígeno (Aluma-Tenorio et al., 2019).

Hoy los hornos solares se siguen utilizando como instrumentos de investigación, muy importantes en el campo de la energía solar; por ejemplo, para la producción sustentable de combustibles como el hidrógeno (Cid, 2011).



En términos generales, las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar pueden clasificarse en solares térmicas y solares fotovoltaicas en toda la energía y partículas que emite el Sol cabe preguntarse si en la Tierra podría haber efectos dañinos, al menos durante los periodos de mayor actividad (Stuhldreher, 2017).

En los últimos años se ha acuñado el término clima espacial para describir las condiciones energéticas y electromagnéticas del espacio cercano a la Tierra (Diego Gomez Carmona, 2017). Así como las condiciones de temperatura, presión y humedad del aire determinan el estado del tiempo en la atmósfera, el clima espacial depende de la intensidad de la radiación electromagnética solar dentro y fuera de la atmósfera, así como de la temperatura, densidad, velocidad e intensidad de campo magnético del medio interplanetario y del plasma magnetosférico; todo esto lo podemos medir. El polvo interplanetario y los cuerpos sólidos presentes en la vecindad de la Tierra complementan la descripción del clima espacial (Bate-S., 2012).

Cerca de 50% de la radiación electromagnética emitida por el Sol es luz visible, alrededor de 40% es radiación infrarroja y ondas de radio, y casi 10% es luz ultravioleta (el resto son cantidades pequeñas de rayos X y rayos gama). La Tierra sólo recibe una fracción minúscula de toda esta energía —alrededor de 1 400 watts por metro cuadrado— debido a lo pequeña que es en comparación con el Sol y a la gran distancia que la separa de él. De esta energía, cerca de un 30% se refleja en la atmósfera y poco más del 20% es absorbida por ésta. La atmósfera absorbe alrededor del 70% de la radiación ultravioleta. Esta radiación, prácticamente la más energética que nos llega del Sol, ioniza los átomos de la capa superior de la atmósfera. Así, la atmósfera se divide en una capa superior ionizada de unos 800 kilómetros de grosor, o ionosfera, que es la frontera con el espacio exterior, y una capa atmosférica inferior que va de la superficie a unos 80 kilómetros de altura (Hernandez-Ramírez et al., 2010).

### **3.2 Energía solar:**

La energía solar es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo (Enseñat, 2007).

En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que pueden ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad (Erenovable, 2014).

La energía solar —esto es la energía radiante del sol recibida en la tierra— es una fuente de energía que tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también presenta varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia (Castro-Pineda, 2018). Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso. La baja densidad de potencia resulta en que es una fuente extensiva: para mayor potencia, mayor extensión de equipos de conversión. La ingeniería solar precisamente se ocupa de asegurar el suministro confiable de energía para el usuario teniendo en cuenta estas características. La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad (Rodriguez- Murcia, 2009).

La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua

doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

En las últimas décadas, el campo de las fuentes renovables de energía ha cobrado importancia para el desarrollo sostenible. La energía solar se presenta como una alternativa eficiente y económica, en comparación con otras formas tradicionales, para la generación de energía eléctrica. Todo esto ha aumentado la necesidad de un mayor aprovechamiento de la energía solar. En cualquier caso, la primera condición que debe reunir un sistema de aprovechamiento de energía solar es la de recoger la mayor cantidad posible de energía recibida en un determinado lugar. Para lograr la optimización de la cantidad de energía obtenida de una instalación fotovoltaica existen dos metodologías: La primera consiste en mejorar los componentes internos de un panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente. La segunda consiste en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel; para esto se busca que el área del panel fotovoltaico permanezca en posición perpendicular a la radiación lumínica de la fuente de luz. En los sistemas fotovoltaicos existe la posibilidad de implementar un dispositivo adicional con el fin de aumentar la captación de radiación solar y por ende la energía suministrada por la instalación, tal dispositivo es un seguidor solar (Carrillo-Martinez, Barrios-Escobar, & Duarte., 2017).

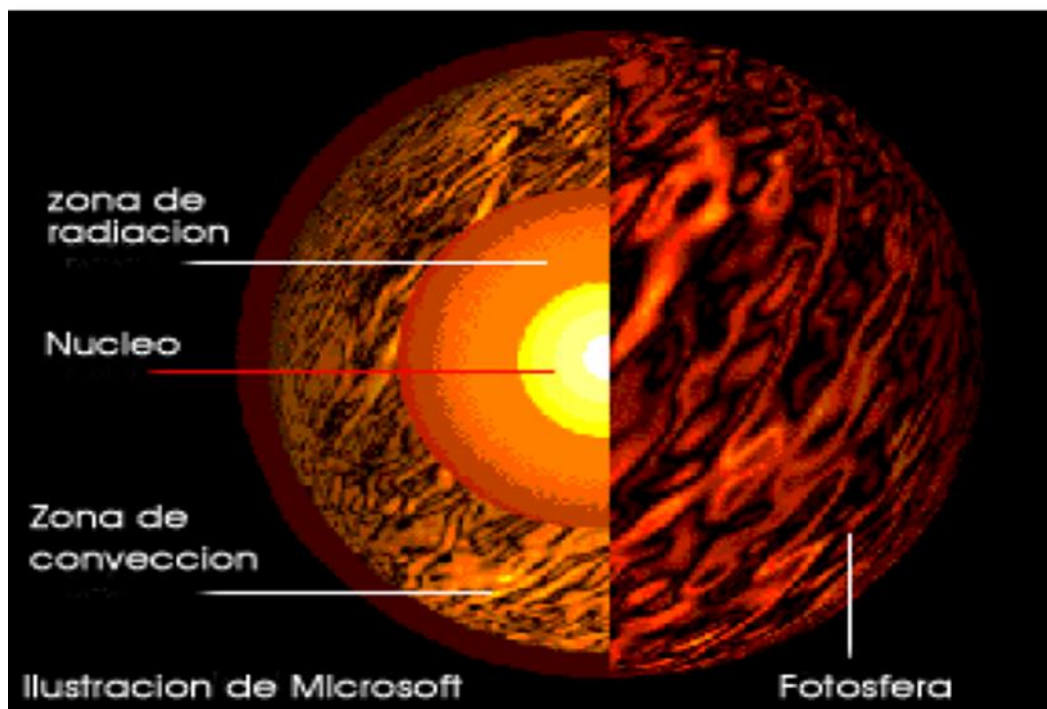
### 3.3 Radiación solar:

La radiación solar la podemos definir como el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas que permite la transferencia de energía solar a la superficie terrestre (Ruiz-Cardenas, Dario Amaya-Hurtado, & Jimenez-Moreno, 2015).

Estas ondas electromagnéticas son de diferentes frecuencias y aproximadamente la mitad de las que recibimos están entre los rangos de longitud de onda de 0.4  $[\mu\text{m}]$  y 0.7  $[\mu\text{m}]$ , y pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible.

De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta (Martinez, 2016).

Figura 1. Estructura del sol



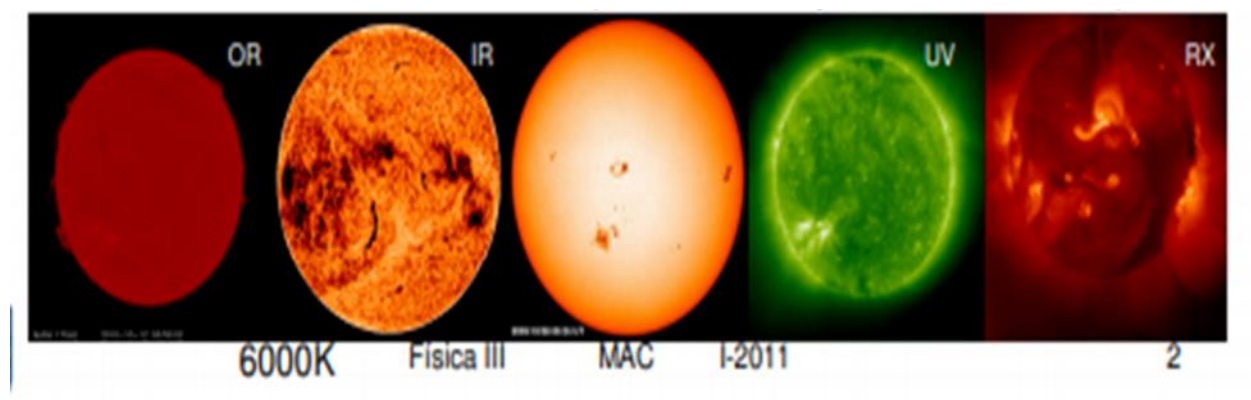
### 3.4 Radiación térmica:

Gran parte de los objetos que podemos observar en la Tierra reflejan la luz, la parte visible del espectro electromagnético.

Si la temperatura de un objeto es lo suficientemente elevada ( $T > 0K$ ), éste será capaz de emitir radiación.

La radiación térmica es la radiación que emite un objeto debido a su temperatura (Lorente., 2006).

Figura 2. Diferentes tipos de radiación térmica.



Los cuerpos no sólo emiten radiación térmica, sino que también son capaces de absorberla de su entorno.

Figura 3. Intercambio de radiación térmica hasta que se alcanza el equilibrio

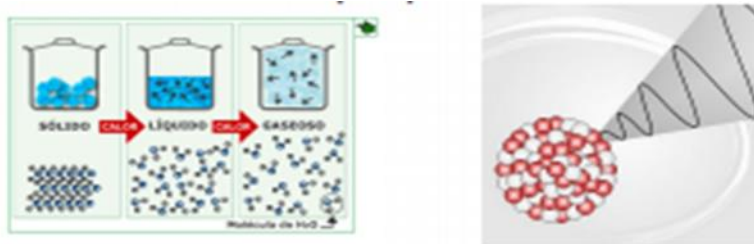


El intercambio de radiación térmica continúa hasta que se alcanza el equilibrio térmico. El espectro de radiación térmica de un cuerpo sólido caliente es continuo, y depende de la temperatura.

Si se eleva la temperatura de un cuerpo, la energía cinética de las partículas que componen un el cuerpo aumenta (Alfaro-Ayala & Crespo-Quintanilla, 2019).

La radiación térmica tiene su origen en las partículas cargadas y aceleradas de los átomos que están cerca de la superficie del cuerpo, estas partículas cargadas emiten radiación como pequeñas antenas (AMBIENTE, 2018).

Figura 4. Formas en las que se presenta la radiación térmica



Si quisiéramos elevar uniformemente la temperatura de un cuerpo notaríamos:

A mayor temperatura mayor radiación térmica emite el cuerpo (al principio se ve oscuro, luego resplandece) – a mayor temperatura más corta es la longitud de onda de la parte del espectro que irradia más intensamente (rojo a amarillo) (Suarez-Castañada, Amell-Arrieta, & Cadavid-Sierra, 2012)

- Puesto que las características del espectro dependen de la temperatura, se puede calcular la temperatura a partir de la radiación que emite un cuerpo
- La radiación emitida depende también del material, forma y naturaleza de la superficie (Montes-Pita, Muñoz-Dominguez, & Rovira-Antonio, 2014).

### **3.5 Horas de sol, estaciones y zonas horarias:**

El tiempo solar es una medida del tiempo fundamentada en el movimiento aparente del Sol sobre el horizonte del lugar. El Sol no tiene un movimiento regular a lo largo del año, y por esta razón el tiempo solar se divide en dos categorías: El tiempo solar aparente, basado en el día solar aparente, el cual es el intervalo entre dos regresos sucesivos del Sol al meridiano, medido con un reloj de sol (Sevilla, 2016).

El tiempo solar medio está basado en un sol ficticio que viaja a una velocidad constante a lo largo del año, y es la base para definir el día solar medio (24 horas u 86.400 segundos). Se corresponde con el tiempo civil y se coordina mediante el Tiempo Universal Coordinado. La diferencia entre el tiempo solar aparente y el tiempo solar medio, que en ocasiones llega a ser de 15 minutos, es llamada Ecuación de tiempo.

Un observador en cualquier punto de la Tierra, puede establecer su hora solar, en relación al instante en que el Sol cruza su meridiano. Esto es, cuando le parece que el Sol está atravesando una línea de Norte a Sur que puede hacer un su patio con una cuerda de tender ropa. Ese momento se define como el mediodía solar local (12 horas). Seis hora antes, a la salida del Sol serían las 6 horas (tiempo solar) y seis horas después cuando el disco solar se mete bajo el horizonte por el oeste sería las 18 horas (tiempo solar). Imagine entonces que el día inicia cuando el Sol pasa debajo de su meridiano, por el otro lado de la Tierra, sería entonces sus 0 horas (tiempo solar).

Para propósitos de cálculo astronómico, navegación de todo tipo y para aspectos de relacionados con el comercio, es conveniente tener lo que llamaríamos una hora de referencia para toda la Tierra. Esa hora es el tiempo universal coordinado (UTC) que es equivalente a la hora solar promedio del meridiano principal (0° de longitud) y que por acuerdo de los países, es el que pasa por el Observatorio de

Greenwich, Inglaterra (Mirian Marchante-Jimenez, Ramirez-Santiagosa, Navarro-Fernandez, Mora-Lopez, & Cidranch-de Carmona Ortin, 2002).

El tiempo UTC se conocía hace unos 30 años como GMT (Greenwich Mean Time) y por acuerdo internacional se usa ahora como la base para el tiempo estándar a través de toda la Tierra.

Las cero horas UTC, es decir el inicio de un día estándar para la Tierra, ocurre cuando el Sol atraviesa el meridiano  $180^\circ$  Este ( $=180^\circ$  Oeste), que está totalmente opuesto al meridiano de Greenwich, al otro lado de la Tierra. El día UTC concluye cuando el Sol cruza por segunda vez ese meridiano, para comenzar el siguiente día. Las fechas y horas de eventos astronómicos, por ejemplo, se dan en tiempo universal coordinado, para evitar ambigüedades. Le queda al observador en un punto determinado de la Tierra hacer las respectivas conversiones a su hora local, ya sea solar u oficial.

La Tierra realiza su movimiento de rotación de  $360^\circ$  en 24 horas, lo que equivale a  $15^\circ$  por hora. Imagine entonces la Tierra como una naranja con 24 gajos de  $15^\circ$  cada uno. Parece simple y lógico asignarle a cada gajo (huso horario) una hora oficial, aumentando hacia el Este y disminuyendo hacia el Oeste. Todo el huso horario centrado en el meridiano principal de la Tierra (Greenwich), usa el Tiempo Universal Coordinado, como su hora oficial. El siguiente huso horario hacia el Oeste, centrado en  $15^\circ$ , tiene una hora menos que el anterior, para toda su extensión, desde la longitud  $7,5^\circ$  Oeste hasta  $22,5^\circ$  Oeste. De la misma manera se establece la hora oficial para los demás husos horarios, incluyendo donde está nuestro país, centrado en la longitud  $90^\circ$  Oeste. En forma análoga se establece la hora oficial para husos horarios al Este de Greenwich, pero esta vez sumando una hora. Por motivos geográficos, políticos, religiosos y económicos las zonas horarias se han reajustado, por ejemplo, para que un mismo país tenga la misma hora. Entonces, en algunas regiones hay diferencias de 30 minutos, ajustes a hora de verano y hasta hora solar (Villalobos., 2007).

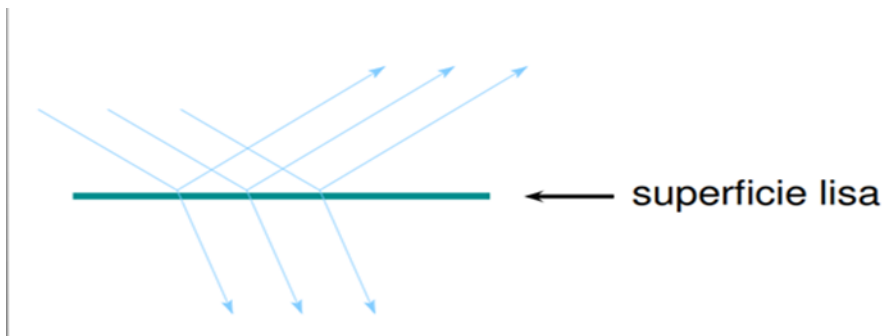


### 3.6 Ley de reflexión y refracción:

Cuando la luz incide sobre la superficie de separación de dos medios que poseen velocidades de luz diferentes, parte de la energía luminosa se transmite (refracción) y parte se refleja (reflexión).

Cuando una onda se encuentra con una interface se observan los fenómenos de reflexión y refracción.

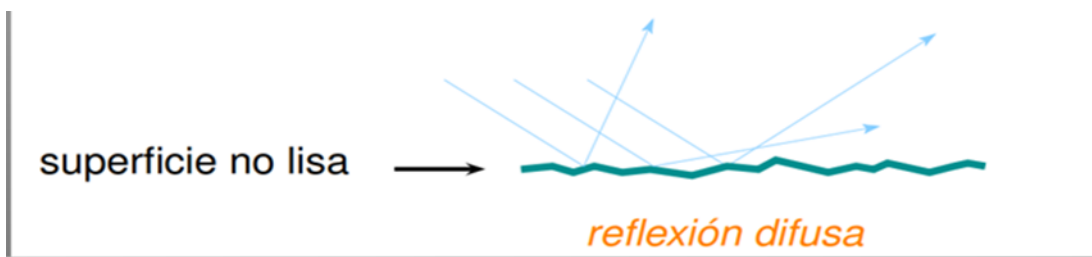
Figura 5. Fenómeno de reflexión y refracción, superficie lisa



En la refracción cambia la dirección de la luz al transmitirse de un medio a otro.

Cuando una onda se encuentra con una interface se observan los fenómenos de reflexión y refracción.

Figura 6. Fenómeno de reflexión y refracción, superficie no lisa

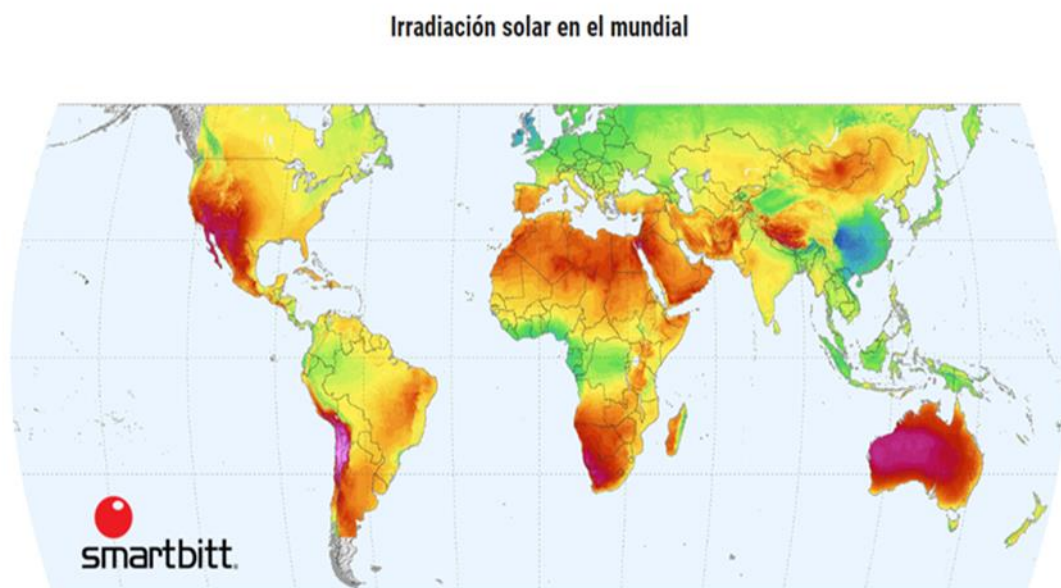


La velocidad de las ondas depende del medio de propagación(Hernández-Trujillo)

### 3.7 Países con mayor incidencia solar en del mundo:

Perú, Chile y México se encuentran como los países con mayor incidencia solar (Mundo-Hernandez & Jorge., 2017).

Figura 7. Países con mayor incidencia solar.



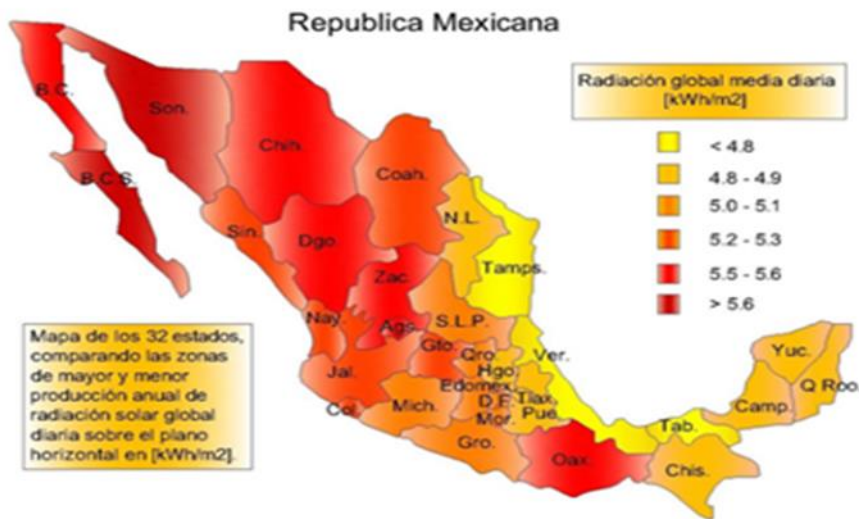
### 3.8 Incidencia solar en México

La radiación solar terrestre, como en la atmósfera se refleja parte de la radiación que llega del sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la tierra llega,

lógicamente una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmósfera (Ortega-Martínez et al., 2019).

Viene a ser de unos 900 W/m<sup>2</sup>, la cual cambia dependiendo de la hora del día, del día del mes y del mes del año; es decir, cambia cuando varían las condiciones atmosféricas (nubosidad, vapor de agua, gases, partículas, etc.)

Figura 8. Mapa de México con los estados con mayor incidencia solar.



Ante las altas temperaturas, así como los altos índices de radiación UV que se han presentado durante los últimos días en la Ciudad de México, la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema) del Gobierno de la Ciudad de México, informa: La radiación solar ultravioleta (UV), emitida por el Sol, se absorbe completamente en la atmósfera, principalmente en la capa de ozono, y es nociva para la vida en el planeta.

Una fracción de la radiación, que corresponde a la ultravioleta B (UV-B), atraviesa la atmósfera, mientras que la mayor parte de la radiación solar, que corresponde a la ultravioleta A (UV-A), alcanza la superficie. Es por esto que en la superficie la intensidad de la radiación UV-A es mayor que la de la radiación UV-B.

Por su latitud y altitud la Ciudad de México recibe una cantidad importante de radiación solar.

Durante el año, la intensidad de la radiación varía con la declinación solar y es máxima durante la primavera y verano. Los niveles más altos se presentan en la primavera y se atenúan por la presencia de nubes y la contaminación del aire, por lo que durante la temporada de lluvias disminuye, a pesar de que durante este periodo el sol alcanza una mayor posición en el cielo y los días son más largos.

En este año, el 27, 28 y 29 de mayo se registraron los valores más altos de irradiación, llegando al nivel 11+ del Índice Ultravioleta (IUV).

Con la información de radiación solar se calcula y difunde a la población el índice de radiación solar, con metodología avalada por la Organización Mundial de la Salud.

El Simat también realiza un pronóstico meteorológico. Para este verano, los modelos indican que lloverá ligeramente por debajo del promedio de los últimos 28 años, por lo que se espera menos nubosidad y la radiación solar podría ubicarse por arriba del promedio anual de 2017 de IUV=10, y del promedio de 2013 a abril de 2018, de IUV=9 (Girado-Polo & Gonima-Gonima, 2018).

### **3.9 Incidencia y radiación solar en torreón**

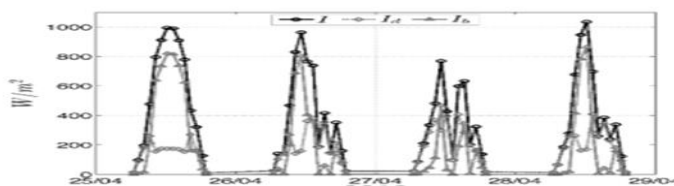
La Comarca Lagunera, región mexicana ubicada en el centro-norte de México, está conformada por parte de los Estados de Coahuila y Durango, y debe su nombre a los cuerpos de agua anteriormente existentes. Eran trece lagunas en el área (entre las que destaca la Laguna de Mayrán, la más grande de Latinoamérica) que se alimentaban por dos ríos: el Nazas y el Aguanaval, hasta antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, que en la actualidad regulan su afluente y por lo que las lagunas han desaparecido (M. Rivero2Orozco. & Rivero., 2017).

La Comarca Lagunera se localiza a  $24^{\circ} 22'$  de latitud norte y  $102^{\circ} 22'$  de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la región lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de aridez. Esta enorme y comarcana planicie, con grandes llanuras resacas, bolsones y valles muy extensos, cuenta con pocas prominencias orográficas, pero que tienen mucha importancia no obstante que son sierras y cerros de mediana elevación (Plasencia-S., Matos-C., posadas., & Cabrera., 2007 ).

El clima es árido con lluvias deficientes en todas las estaciones. La temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40 grados centígrados, pero puede alcanzar hasta  $48^{\circ}\text{C}$  en verano y  $-8^{\circ}\text{C}$  en invierno. La región se encuentra localizada dentro de la zona subtropical de alta presión. Esta posición de su latitud y situación altitudinal intervienen en el comportamiento climático de la zona.

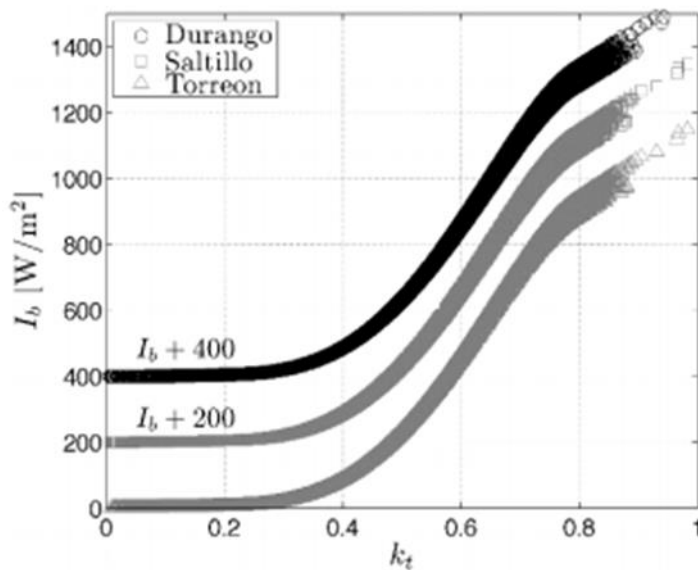
Variación de la radiación solar global, directa y difusa para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón, durante la estación de primavera del año del 2013 (M. Rivero2Orozco. & Rivero., 2017).

Figura 9. Gráfica, variación de la radiación solar global directa y difusa para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón.



Dependencia de la radiación solar directa (I) con el índice de claridad (ON), para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón.

Figura 10. Dependencia de la radiación solar directa para las ciudades de Durango, Saltillo y Torreón.



Se presenta la distribución de la radiación solar directa, difusa y global para cuatro días en Torreón. En la Figura se puede visualizar las horas en las cuales la cubierta de nubes y la composición de la atmósfera atenúa la radiación directa, hasta valores mínimos. Por el contrario, para días soleados (25 de abril) la radiación directa es considerablemente mayor a la difusa para horas cercanas al medio día solar. El medio día solar se define como la hora del día en la que el Sol se encuentra en su punto más alto. El medio día solar depende de la longitud del lugar y el día juliano, y en general es diferente del medio día en el horario estándar (el que vemos todos nosotros en nuestros relojes).

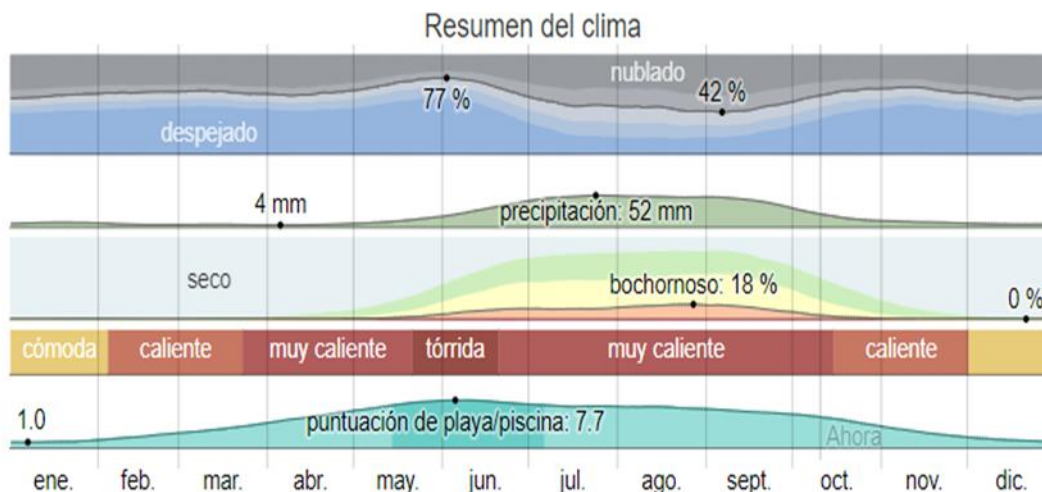
Los resultados muestran que la radiación solar directa presenta la misma relación con el índice de claridad para las tres ciudades consideradas. También se mostró que Saltillo tiene el mayor número de horas (56%) al día con nublados y

parcialmente nublados, mientras que Durango y Torreón presentan el mayor número de horas al día con asoleamiento.

### 3.10 Temperatura mensual y anual de torreón

En Torreón, los veranos son largos y muy calientes; los inviernos son cortos, frescos y secos y está parcialmente nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 8 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 39 °C (comarca, 2015).

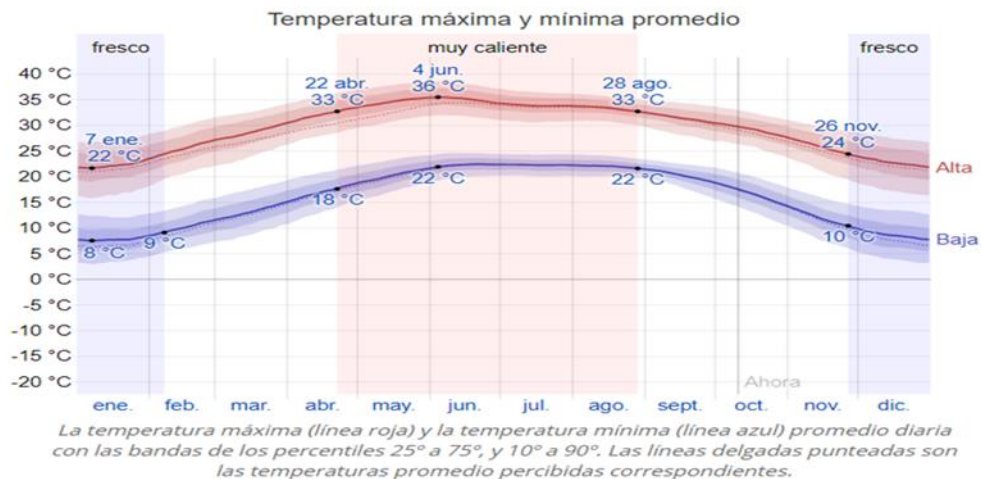
Figura 11. Resumen del clima de Torreón.



La temporada calurosa dura 4,2 meses, del 22 de abril al 28 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El día más caluroso del año es el 4 de junio, con una temperatura máxima promedio de 36 °C y una temperatura mínima promedio de 22 °C.

La temporada fresca dura 2,3 meses, del 26 de noviembre al 7 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 24 °C. El día más frío del año es el 7 de enero, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima promedio de 22 °C.

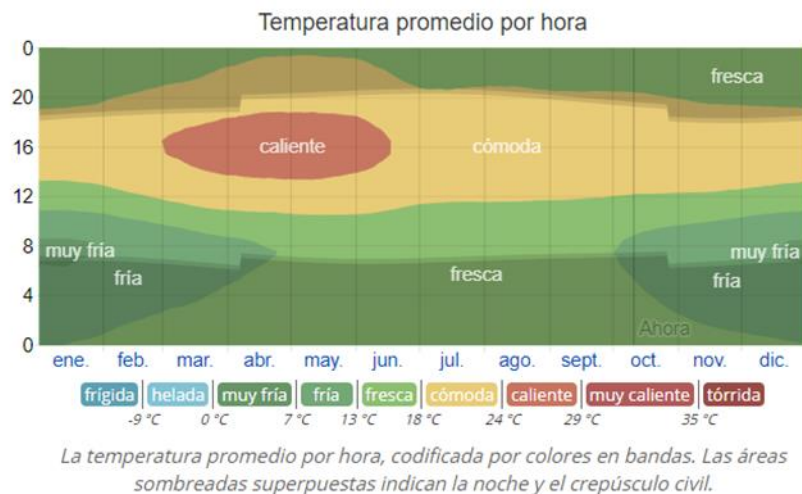
Figura 12. Temperatura máxima y mínima promedio en Torreón.



La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.



Figura 13. Temperatura promedio por hora en Torreón.



La duración del día en Ciudad de México varía durante el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 10 horas y 58 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 13 horas y 18 minutos de luz natural.

Figura 14. Horas de la luz y crepúsculo.



La salida del sol más temprana es a las 6:26 el 6 de abril, y la salida del sol más tardía es 1 hora y 8 minutos más tarde a las 7:34 el 26 de octubre. La puesta del

sol más temprana es a las 17:56 el 25 de noviembre, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 23 minutos más tarde a las 20:19 el 5 de julio.

Se observó el horario de verano (HDV) en Ciudad de México durante el 2019; comenzó en la primavera el 7 de abril, duró 6,6 meses, y se terminó en el otoño del 27 de octubre (Spark, 2018).

### **3.11 Secador de frutas**

La deshidratación es el sistema de conservación de alimentos más antiguo conocido. Consiste en la eliminación de la mayor parte de agua de un alimento mediante el secado a partir de un flujo de aire calentado con la radiación solar. Permite alargar la vida de los alimentos, conservando sus propiedades además de facilitar el almacenaje, transporte y manipulación de los mismos. Constituye una alternativa de ahorro energético, ya que el uso de energía solar en el deshidratado de alimentos permite reducir el consumo de combustibles fósiles, disminuyendo el gasto económico y la emisión de gases efecto invernadero (Castañeda-Miranda, Gonzales-Parada, Rfael Guzman-Cabrera, & Ibarra-Manzano, 2012).

Los deshidratadores solares son una opción adecuada para utilizar en emprendimientos caseros o rurales de pequeña escala. Bajo condiciones ambientales, el proceso de secado es lento y se encuentra limitado por el estado del tiempo. El objetivo de un deshidratador solar es otorgarle al producto a deshidratar más calor que el disponible bajo condiciones ambientales. Existen muchas clases de deshidratadores solares, estos pueden tener circulación de aire natural o forzado por medio de un ventilador. Asimismo, se pueden emplear sistemas mixtos de secado que emplean energía solar junto con fuentes externas de calor (leña, gas, etc.) para acelerar el proceso. La circulación de aire en torno al producto a deshidratar es muy importante, ya que evacúa la humedad ya extraída manteniendo un ambiente seco que acelera la deshidratación (Velez-Pereira, L., Barraza-Coronell, & Agudelo-Yepes, 2015).

### 3.12 Diseño y tipos de secadores de frutas

Según la distribución de los dos elementos comentados anteriormente se definen tres tipos de secador solar:

- Deshidratador solar indirecto: los dos elementos están separados. La radiación solar calienta el aire del colector que pasa a la cámara de secado, donde está el producto. En la cámara de secado no incide la radiación solar (Juan Arevalo, 2017). Es conveniente para productos sensibles a la exposición directa al sol, permite una mejor manipulación del producto y es más fácil incorporar una fuente de energía auxiliar.

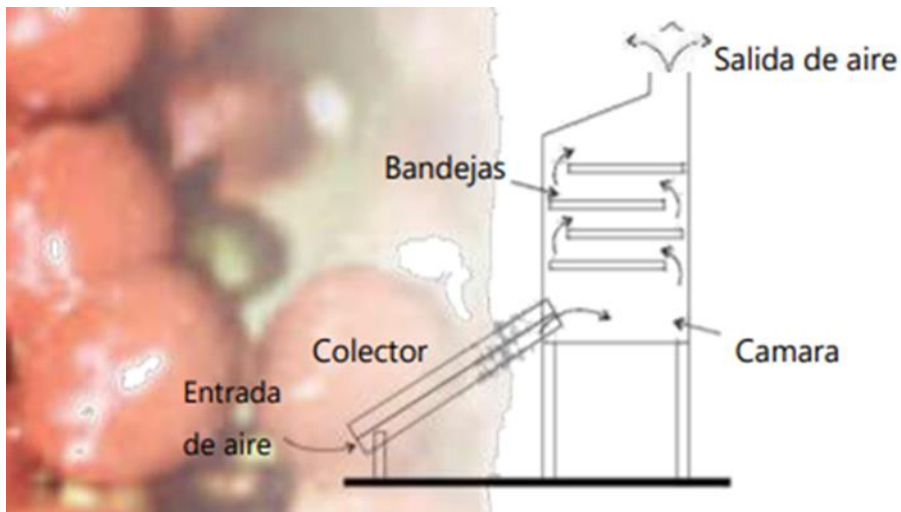
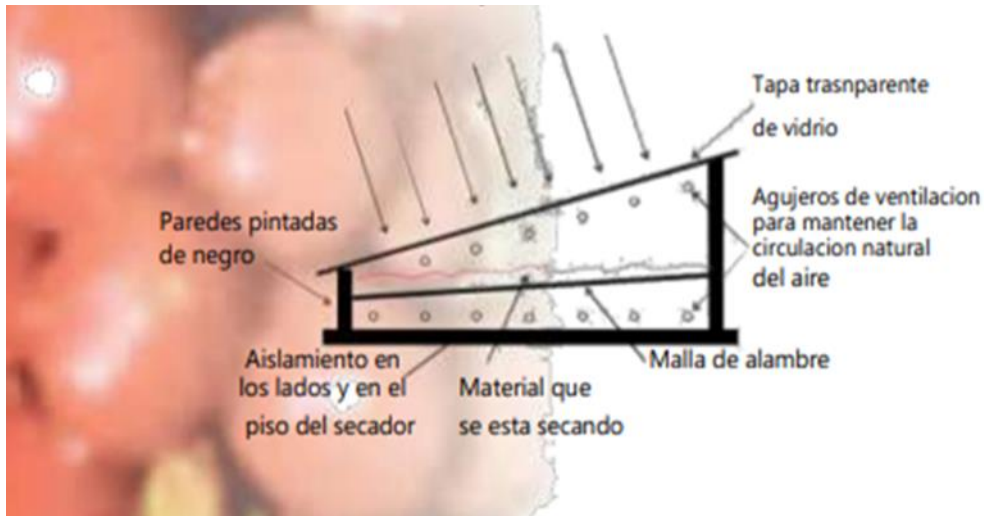


Figura 15. Esquema deshidratador solar indirecto.

Deshidratador solar directo: el colector y la cámara de secado son el mismo elemento, de esta manera, la radiación solar incide directamente sobre el producto a secar, resultando más efectiva la evaporación del agua. Esta agua es recuperada por el aire procedente del exterior (Carrillo-Martinez et al., 2017).



Deshidratador solar mixto: en este caso, la colección de la radiación solar se realiza tanto en el colector, como en la cámara de secado (Estrada-Velasquez, 2006).

Figura 16. Esquema deshidratador solar mixto.

Fotografía 2: Secador solar mixto



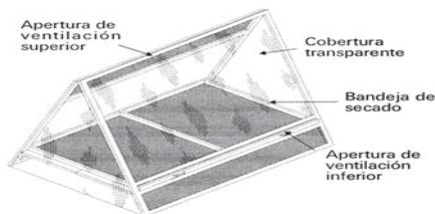
Tipo "carpa":

Es un modelo sencillo, compacto, liviano, plegable y transportable para secar cualquier tipo de alimento en pequeñas cantidades. Está hecho de una estructura

metálica (que puede ser también de madera) de la forma de una carpa triangular, cubierta en gran parte por una lámina de plástico transparente, resistente a los rayos ultravioletas (polietileno larga duración) y puede tener diferentes tamaños.

Las aberturas de ventilación están ubicadas abajo, por uno de los lados longitudinales y arriba por el otro, los dos cubiertos de malla mosquetero para evitar el ingreso de insectos. A 20 cm del suelo aproximadamente se encuentra la bandeja de secado removible, consistiendo en un tejido por ejemplo de hilo de nylon. Sobre éste se coloca una gasa o una malla fina sobre la cual se colocarán los productos a secar (De la Torre-Moreno & Portilla-Herrera, 2015).

Figura 17. Esquema deshidratador solar tipo carpa.

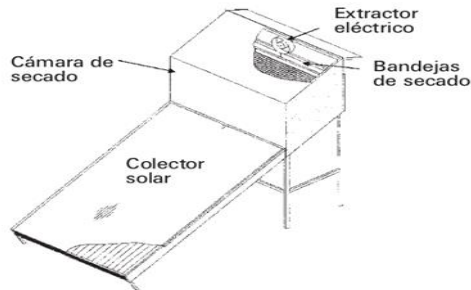


#### Tipo "armario"

Es un modelo más complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquellos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales. Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara (Tecnologías, 2015). En ésta se encuentran superpuestas varias bandejas de secado removibles con tejido. Las bandejas están protegidas por una puerta colocada en la pared trasera de la cámara. El colector está cubierto con vidrio y tiene en su interior una chapa de color negro doblada en zigzag, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire. El aire ambiental entra por la extremidad inferior del colector, que está cubierta por una malla mosquetero, y se calienta gradualmente hasta una temperatura de 25 a 30°C superior a la temperatura ambiental. Entra finalmente en la cámara, donde atraviesa las bandejas ejerciendo su poder secador. Un

extractor eléctrico de aire en la parte superior de la cámara garantiza la buena ventilación del aparato (Vidal-Santos, Velasquez Camilo, Roberto Iñaqui de la-Cruz, & Ortega-Montiel, 2012).

Figura 18. Esquema deshidratador solar tipo armario.



### 3.12.1 Características

El deshidratador de alimentos que hemos desarrollado es un equipo formado por dos partes: Un colector solar que se dispone horizontalmente, buscando un ángulo de inclinación óptimo respecto al sol, de manera que la radiación incida de la manera más perpendicular posible, y un elemento vertical en el que se depositan los alimentos en bandejas, para que el aire caliente pase por ellos y realice el proceso de deshidratado (Paz-Echeverriarza, 2016).

Ambos elementos son independientes y desmontables, para facilitar el almacenamiento del equipo y su transporte. Se unen mediante unos pasadores que permiten dar consistencia al conjunto, una vez está montado. Ambos elementos están formados a partir de listones de madera, plástico PVC flexible transparente y plástico polietileno flexible negro. Por su parte las bandejas están formadas por listones de madera y rejilla de plástico rígido, para que los alimentos puedan depositarse sobre dicha rejilla sin que se caigan (B. A. C. Hernandez, 2017).

Figura 19. Prototipo, deshidratador solar.



El colector solar es la parte del dispositivo en la que se eleva la temperatura del aire que secará el alimento. Está compuesto por un armazón de madera en forma de prisma rectangular, cubierto con plástico transparente por la parte superior y plástico negro en la parte inferior y laterales. La parte frontal deja pasar el aire a través de una rejilla de plástico. La parte posterior está abierta y deja que el aire caliente ascienda hasta el segundo elemento del equipo, donde se colocan las bandejas con los alimentos a deshidratar (Hernandez Gomez Victor, 2017)

El colector se debe colocar de forma horizontal y nos permite situarlo con un ángulo de inclinación regulable, de forma que se optimice la captación de energía a través de la radiación solar. Esta radiación debe incidir con la mayor perpendicularidad posible sobre el mismo, de manera que penetre directamente en el colector y que la radiación que se devuelve reflejada sea la menor cantidad posible. La segunda parte del deshidratador es también un prisma rectangular que se coloca de forma vertical. Está compuesto de un armazón de madera cuya parte frontal está cubierta por un plástico negro, de forma que los rayos del sol no incidan directamente sobre los alimentos que están siendo deshidratados. El resto del prisma se cierra con plástico transparente para poder tener acceso visual directo a lo que está sucediendo en el equipo durante el proceso de secado (G. Y. L. Hernandez, 2014).

Las bandejas donde se colocan los alimentos se sitúan en el prisma vertical. En este primer equipo diseñado se han dispuesto cuatro bandejas. Están formadas por una rejilla rígida que soporta los alimentos y deja pasar el aire caliente procedente del colector. Este aire caliente por su menor peso tiende a ascender, de forma que va extrayendo la humedad de los alimentos a su paso. El aire sale

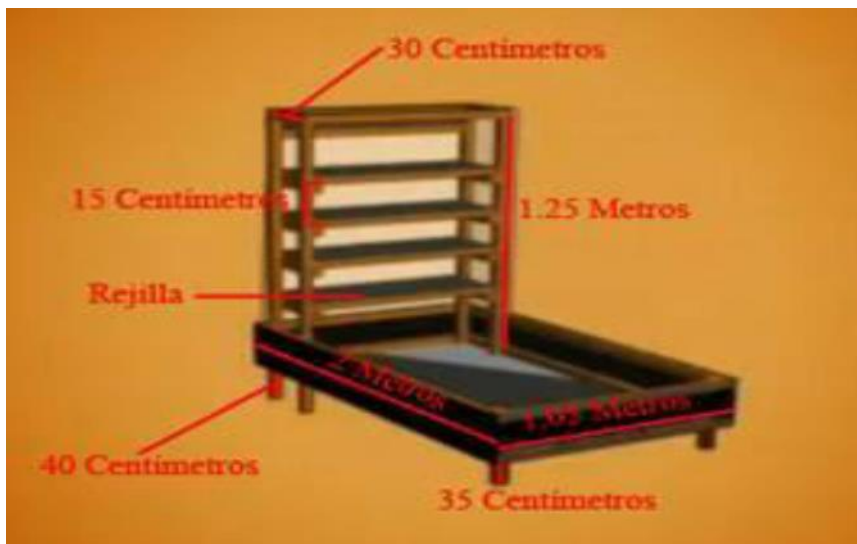
del equipo por la parte superior del equipo, en la que se deja una pequeña área sin cubrir evitando que el aire húmedo condense.

### 3.12.2 Dimensiones

Existen diferentes tipos de dimensiones depende del deshidratador solar que queremos realizar y depende a las necesidades que se tenga, también influye mucho en el tipo de deshidratador que estamos construyendo. Las dimensiones que se presentan a continuación son de un deshidratador casero con dimensiones pequeñas.

Colector solar, dimensiones: 2 m x 1,05 m. La inclinación óptima es la que permite que los rayos solares incidan de forma perpendicular sobre los captadores, especialmente a las horas de mayor intensidad de radiación, es decir, al mediodía solar. En el ejemplo las patas del frente miden 35 cm y las de la base 40 cm. Cámara de deshidratado, dimensiones: 1,05 X 1,25 X 0,35 m. Bandejas dimensiones: 1 X 0,30 m. Colocadas con una distancia entre sí de 15 cm (Hernandez Rodrigues, 2017).

Figura 20. Dimensiones de prototipo deshidratador solar.





Las dimensiones de los deshidratadores pueden variar según su uso, pero el área de colección solar tiene que mantener por lo menos una proporción equivalente a la del ejemplo con respecto a la cámara de deshidratado. A mayor área de colección solar mayor temperatura interna de la cámara de deshidratado (Urfalino. & Worlock, 2017),

### **3.12.3 Especificaciones técnicas**

Aspectos a tener en cuenta para determinar las condiciones de secado:

- Características del producto: Contenido inicial de agua del material y el contenido final de humedad que deseamos obtener. También considerar el estado físico como es la forma, el tamaño, su superficie, etc.
- Características del secador: Tipo de secador y el volumen que se va a secar.
- Características meteorológicas: Humedad relativa, la temperatura, la radiación solar, velocidad del viento, precipitación, etc.
- Uso posterior: Para algunos productos la acción de la radiación solar puede destruir algún compuesto orgánico que lo compone y que tiene interés

### **3.12.4 Ventajas y desventajas del secador solar**

Ventajas

- Proceso técnicamente sencillo.
- Conocido e implantado
- Muy bajo coste de implantación y mantenimiento.
- No requiere mano de obra especializada.
- No hace uso de combustibles.
- Evita problemas de transporte y almacenamiento posterior

Inconvenientes

- Dependiendo del tipo de secador, el proceso es lento debido a la elevada humedad en el ambiente.
- Si el secado es malo, sobre todo cuando los materiales contienen un alto porcentaje de agua, aumenta la probabilidad de descomposición, se pudren o se enmohecen.
- En el caso del secado al sol, se necesita una atención particular para proteger el material de la intemperie (aguaceros, rocío), del polvo, insectos, etc.
- La exposición directa del material a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas.
- Requiere grandes superficies para aplicar capas delgadas y aumentar el rendimiento del secado o más tiempo.
- Requiere personal que remueva el material o que el sistema esté automatizado (Morales, 2014).

### **3.13 Consumo de secadores eléctricos en torreón**

En las grandes empresas con las que Torreón Coahuila cuenta, se manejan por grandes secadores solares.

Estos dan grandes resultados de calidad y de corto plazo, pero a la vez tiene grandes desventajas en la economía y con el medio ambiente.

Imágenes de secadores solares eléctricos en empresas de la comarca lagunera.

Figura 21. Secadores eléctricos



Los Secadores Industriales Están diseñados bajo la necesidad de nuestro Cliente los Secadores Industriales y bajo la necesidad o especificaciones que sean requeridos llevando quemadores de la marca Maxon junto con trenes de Válvulas diseñados por CICSA y tableros de control

Los secadores son variables en forma y componentes, dependiendo de la aplicación industrial, del estado que presente el producto a secar, y de la forma de transmisión de calor que se emplee. Por eso, para definir los componentes de esta tecnología, describiremos los distintos tipos de secadores.

Secadores por conducción: Son típicos de la industria papelera, donde la banda de papel húmedo se seca por contacto con la superficie exterior de un cilindro hueco en cuyo interior se condensa vapor de agua.

Secadores por convección: Pueden ser de convección natural al aire, pero son mucho más frecuentes los secadores de convección forzada utilizándose como fluido caliente los humos procedentes por lo general de una combustión.

De gases calientes: Pueden ser de varios tipos, entre los que destacan:

Tipo tambor giratorio. Está constituido por un cilindro tubular más o menos inclinado que puede girar a distintas velocidades. El producto a secar entra por la parte más alta del tambor, y debido a la lenta rotación del secadero, avanza por el mismo y se mezcla, siendo secado por los gases que se introducen en el tambor

De lecho fluidizado: Los gases se introducen en el lecho a contracorriente a través de un horno que los calienta, y fluidiza las partículas sólidas a secar, que se introducen por arriba desde una tolva y son descargadas por la parte inferior

De aire caliente: Pueden adoptar multitud de formas entre las que destacan:

Secadores a presión atmosférica: Estufas de secado, armarios de secado, secaderos de toberas y canales de secado.

Secadores de bandejas anulares. Tipo flash, en los que el producto es transportado neumáticamente por un fluido que actúa simultáneamente como transportador y como agente de secado

Secadores por radiación: El producto es sometido a radiación, operando normalmente con radiación infrarroja.

Secadores combinados: En ellos, el secado se realiza por dos o más de las formas de transferencia de calor antes citadas.

Secadores de vacío: Reducen la temperatura de evaporación del agua mediante la operación a presión reducida (vacío). Su uso es necesario cuando

Los secadores industriales son los encargados de eliminar o reducir la humedad de un producto, por medio del calor. En el secadero o cámara de secado, se realiza el proceso de secado, el cual obtiene el aire caliente por medio de los ventiladores.

La forma de los secadores puede variar, dependiendo del uso industrial que se le dé, los productos o mercancías, así como el tipo de calor que se empleará para realizar el secado.

- Por conducción: Se utilizan en la industria de papel.
- Por convección: El secado se realiza a través de aire natural o el fluido caliente de un humo de combustión.
- De gases calientes:
  - Tambor giratorio: Está constituido por un cilindro que gira lentamente para mezclar los gases en el tambor.
  - De lecho fluidizado: Los gases son calentados en un horno, dentro del lecho, y fluidiza las partículas sólidas para secar.
- De aire caliente: Estufas de secado, armarios de secado, secaderos de toberas y canales de secado.
- De bandejas anulares: El producto es transportado por un fluido que lo seca.
- Por radiación: Se utiliza radiación infrarroja.
- De vacío: La temperatura de evaporación del agua es reducida mediante presión.

Un sistema de secado industrial usado en diversos procesos es por medio de la adsorción, es importante no confundir el término con absorción ya que los procesos son totalmente diferentes. La adsorción es un efecto que se consigue atrayendo las moléculas del agua por medio de desecantes mientras pasa aire

comprimido a través de éstos, y así se consigue un grado de sequedad concreto (CICSA, 2019)

### **3.14 Consumo de secadores solares en torreón**

La forma tradicional del secado de alimentos es mediante gas, con la consecuente contaminación del producto por azufre y químicos que poseen el combustible o la energía eléctrica, en ambos procesos existe desprendimiento de dióxido de carbono que en algunos casos afecta el sabor, color, olor y pérdida de nutrientes de los alimentos.

El procedimiento especializado de secado para todo tipo de alimentos, frutas, verduras y granos que SAECSA desarrolla, es por medio de la energía solar como fuente básica de calor; la energía calorífica que es capturada por nuestros colectores solares se envía a la cámara de deshidratado por medio de líquido calo transportador a los núcleos de calor, con estrategias del aprovechamiento del vapor del producto y la presión que se genera en el interior, se provoca el calentamiento inicial de la pulpa y se automatiza la expulsión en el momento adecuado de temperatura y humedad, logrando así un proceso de deshidratado inmediato y limpio.

La tecnología exclusiva de SAECSA, logra el deshidratado del producto aún en las noches, debido al almacenamiento de calorías en los núcleos de calor (SAECSA, 2019).

Figura 22. Deshidratadores solares en torreón desde 1kg hasta toneladas.



### 3.15 Estudio económico

Los precios de los secadores eléctricos o de gas son secadores muy eficientes y se manejan de una manera muy rápida, pero una de las grandes desventajas es su precio, pueden llegar a costar entre 100 mil y 600 mil pesos (Recalde, 2017).

Los secadores solares si se realiza uno casero para el uso doméstico, se gastan entre 200 y 300 pesos (Espinoza-S., 2016).

**Tabla 1: Costos de diferentes tipos de deshidratadores solares.**

Tipo de secador	Costo (uss)	Capacidad (kg de prod. Hum/24 h)	Inversión (uss/kg seco)
Solar de gabinete	70	30	23
Gabinete a leña	340	80	43
Gabinete pequeño	85.000	500	1.700
Gabinete grande	170.000	2.500	680
Túnel	145.000	6.000	240
Cinta	800.000	48.000	170

Y si utilizamos uno más sofisticado con paneles invertiríamos un poco más pero con buenos resultados y ayudando al medio ambiente.

### **3.16 Población beneficiada**

Al optar por un secador solar casero no solo se beneficia el propietario y su entorno si no que el también beneficia al medio ambiente.

Hasta el día de hoy se conoce muchos casos de niños en la calle sin comida, al momento de regalar una fruta esta aguanta sin descomponerse entre 10 y 15 días máximos, si se regala una bolsa de frutas deshidratadas esta puede durar durante mucho tiempo.



## **IV MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio de investigación se divide en 2 etapas: la etapa 1 que describe la metodología para la construcción de un prototipo de deshidratador solar casero, que además sea económicamente viable, y la etapa 2 que es la evaluación de la eficiencia del deshidratador solar valorando 4 frutos (manzana, kiwi, plátano y nance) además de analizar la eficiencia en dos estados de México con climas diferentes, en el municipio de Chicomuselo estado de Chiapas (clima tropical), y en el municipio de Torreón Coahuila (clima semiárido), dicha evaluación consto de secar las rebanadas de las frutas en un horario de 11:00h a a 16:00h con un total de 5 horas por día durante dos días, evaluación que se dio en la estación de primavera, y solo en el caso de Torreón se evaluó en invierno.

### **3.7 Etapa 1. Prototipo de Construcción de deshidratador solar.**

El prototipo se construyó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. En la latitud 25.5 y longitud -103.4, en el hemisferio norte.

El prototipo que se construyó está compuesto por las siguientes medidas: 75 cm de base por 35cm de ancho, y una altura de 50 cm. La base del deshidratador se forró de plástico color negro, resistente y negro mate, con la finalidad de absorber la radiación solar. El deshidratador consta de 2 charolas de tela de mosquitero donde se colocaron trozos de las frutas, manzana, kiwi, naranja y nance a una altura de 25 cm con base al deshidratador. En la parte superior se forró con plástico transparente, asegurándose que no quedara nada descubierto para evitar alguna plaga.

El deshidratador solar casero se construyó con madera y plástico transparente, con la madera se hizo la base y al finalizar se forró con el plástico correspondiente, el tiempo estimado necesario para armar y terminar el

deshidratador fue de dos horas. Ya terminado el proceso de construcción se revisó a conciencia si había algún error o algún clavo o plástico no bien pegado, después de eso se realizó una prueba para ver la resistencia que tenía el deshidratador, después de haber revisado todo y observar que el deshidratador estuviera ya en condiciones de empezar el proceso de secado y también en condiciones de resistir las temperaturas o el viento que se podría presentar.

Costos por unidades que se tuvo para construir el deshidratador solar, y costo total.

A continuación se presenta un cuadro, el cual describe los materiales utilizados para la construcción del deshidratador solar casero, así como sus costos.

Tabla 2: Costos del deshidratador solar por unidades y el total.

<b>Materiales utilizados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo total</b>
<b>para la construcción del deshidratador</b>		
<b>Madera</b>	2 metros	\$120.00
<b>Plástico negro</b>	1 metro	\$50. 00
<b>Plástico transparente</b>	2 metros	\$80.00
<b>Tela mosquitera</b>	½ metro	\$60.00
<b>Clavos</b>	30 clavos pequeños	\$70. 00
<b>Silicón</b>	1 pieza	\$18.00
	<b>Costo total =</b>	<b>\$398.00</b>

## **4.2 Etapa 2: Evaluación de la eficiencia del deshidratador solar.**

### **4.2.1 Sitios de evaluación del deshidratador solar casero; Chicomuselo, Chiapas y Torreón, Coahuila.**

El estudio incluye la evaluación de la eficiencia del deshidratador solar en dos municipios diferentes; Chicomuselo en el mes de abril del 2019, localizado en el

Estado de Chiapas México, sus coordenadas geográficas son Latitud: 15.741667, Longitud: -92.285000, 15° 45' N y 92° 17' W, su altitud es de 600 msnm.

Y en Torreón en el mes de mayo del 2019. Localizado en el Estado de Coahuila México y sus coordenadas geográficas son Latitud: 25.5444, Longitud: -103.442, 25° 32' N, 103° 26' w, su altitud es de 1,128 msnm

Considerándose estos meses por ser cálidos y soleados para cada municipio. A continuación, se describe detalladamente las características climáticas de ambos sitios de evaluación del deshidratador solar.

#### **4.2.2 Características climáticas de Chiapas:**

Chiapas se localiza al sureste de México; colinda al norte con el estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca, al sur con el Océano Pacífico y al este con la República de Guatemala. Al norte 17°59', al sur 14°32' de latitud norte; al este 90°22', al oeste 94°14' de longitud oeste.

Colinda al norte con Tabasco; al este con la República de Guatemala; al sur con la República de Guatemala y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Oaxaca y Veracruz-Llave (gobierno, 2020).

En el 2015 en el estado de Chiapas viven 2681187 mujeres y 2536721 hombres un total de 5217908 habitantes, Chiapas ocupa el lugar 7 a nivel nacional por su número de habitantes (INEGI, 2015a).

Más de la mitad de su territorio, el 54%, presenta clima Cálido húmedo, el 40% clima Cálido subhúmedo, el 3% Templado húmedo y el 3% restante tiene clima Templado subhúmedo.

La temperatura media anual, varía dependiendo de la región, de 18°C en los Altos de Chiapas, a 28°C en la Llanura Costeña.

La temperatura promedio más alta es de 30°C y la mínima de 17.5°C.

La región norte del estado presenta lluvias todo el año, en el resto de la entidad, abundantes lluvias en verano. La precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1 200 mm a 4 000 mm (Soconusco).

El clima de Chiapas favorece el cultivo de café, por lo que es el primer productor nacional, también se cultiva: el maíz, sandía, café, mango, plátano, aguacate, cacao, algodón, caña de azúcar y frijol, entre otros (INEGI, 2015b)

Cabe resaltar que la temperatura media de los días que se realizó el estudio con el deshidratador solar fue de 30° c.

#### **4.2.3 Características climáticas de Torreón:**

El municipio de Torreón se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 103°26 '33" N longitud oeste y 25°32 '40" W latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la capital del estado (INAFED, 2018).

El área metropolitana de Torreón o Zona Metropolitana de La Laguna es la novena más poblada de México con alrededor de más de 1 300 000 habitantes al 2018 (INEGI, 2016).

La temperatura máxima extrema anual es de 45° y la media es de 28°, la temperatura mínima anual es de -8° y la media es de 10° (METEORED, 2017).

En el municipio principalmente se cuenta con cerros de los cuales se extrae Carbonato de Calcio Natural de muy alta pureza (98% aproximadamente). De este carbonato de calcio se obtienen básicamente dos productos: Carburo de calcio y Cal.

Cabe resaltar que la temperatura media de los días que se realizó el estudio con el deshidratador solar fue de 35°C

### **4.3 Variables estudiadas.**

Las variables a evaluar en el presente estudio con el mismo prototipo de deshidratador solar casero fueron:

- La variación del peso de las muestras frutales: manzana, kiwi, naranja y nance.
- La diferencia de eficiencia de secado del deshidratador solar casero comparando distintas regiones de México, Torreón, Coahuila (zona árida), y Chicomuselo Chiapas (zona tropical).
- Comparar la eficiencia del deshidratador solar en Torreón en dos estaciones: primavera e invierno.
- Análisis de la variación de la temperatura ambiental vs al interior del deshidratador solar en ambos sitios evaluados.
- Determinación de la pérdida de humedad final de los frutos.

Para evaluar las variables antes mencionadas, se realizó la siguiente metodología:

Primero que nada, se tomaron 3 trozos por frutos; de manzana, kiwi, naranja y nance, cortados en forma de orejón, con un diámetro de 0.5 – 1 cm de grosor, se colocaron en la charola y posteriormente se observó el proceso de deshidratación. El deshidratador solar se colocó orientado hacia dirección del sol, y se fue girando siempre buscando que los rayos solares incidieran a través del plástico, una vez colocado los trozos frutales se dio inicio a la evaluación de las variables antes mencionadas.

#### **4.3.1 La variación del peso de las muestras frutales: manzana, kiwi, naranja y nance.**

Los trozos de frutas se pesaron antes de introducirlos en las charolas correspondientes del deshidratador solar, se midió el peso inicial y peso final en

gramos, se pesaron en una báscula analítica siendo considerado este como el valor inicial. Una vez transcurrido el periodo de deshidratación se volvió a pesar los trozos de frutas cada hora (11, 12, 13, 14, 15, 16 horas del día) y se consideró como el peso final hasta llegar al peso constante. Posteriormente estos resultados se graficaron para ser mostrados en el apartado de resultados. Cabe mencionar que al no haber quedado totalmente secos los frutos se repitió la operación un segundo día para llegar al peso constante en el secado.

#### **4.3.2 La diferencia de eficiencia de secado del deshidratador solar casero comparando distintas regiones de México, Torreón, Coahuila (zona árida), y Chicomuselo Chiapas (zona tropical).**

Para poder comparar la eficiencia del deshidratador se realizó el mismo procedimiento del punto 4.3.1 para ambos sitios de estudio (Chicomuselo y Torreón).

Se consideró meses cálidos y soleados para cada municipio. En Chicomuselo se puso a prueba el deshidratador solar en el mes de abril del 2019, durante dos días seguidos, contando con una temperatura ambiental que iba de los 22 °C a los 32 °C para el día 01, y de los 22 °C a los 36 °C para el día 02. Para el municipio de Torreón se eligió comenzar la prueba en el mes de mayo del 2019, contando con una temperatura ambiental de 30 °C a 41 °C para el día 01, y de 29 °C a 43 °C para el día 02.

#### **4.3.3 Comparar la eficiencia del deshidratador solar en Torreón en dos estaciones: primavera e invierno**

Se midió la eficiencia del deshidratador solar de las frutas antes mencionadas para el municipio de Torreón Coahuila, en dos estaciones; primavera la cual se realizó el 18 y 19 de mayo del 2019, y en invierno; 26 y 27 de enero del 2020. Siguiendo el mismo procedimiento de colocar los cortes de las frutas en la charola de las 11:00h a las 16:00h por cada día, se midió los el peso en gramos del las frutas por cada hora, y se tomó el porcentaje de peso perdido con el deshidratador solar, , por medio de las siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de peso perdido con el D.S} = 100\% - \frac{(\text{Peso final} * 100\%)}{\text{Peso inicial}}$$

#### **4.3.4 Análisis de la variación de la temperatura ambiental vs al interior del deshidratador solar en ambos sitios evaluados.**

Se midió la temperatura externa (T.E) que es la temperatura ambiental y además la temperatura interna (T.I) que es la temperatura dentro del deshidratador solar, con el objetivo de cuantificar como iba subiendo la temperatura dentro del deshidratador solar, durante el transcurso de las horas, se utilizó un termómetro de mercurio. La evaluación de las temperaturas se realizó en cada uno de los sitios donde se utilizó el deshidratador.

#### **4.3.5 Determinación de la pérdida de humedad final de los frutos**

El método de determinación de pérdida de humedad. Antes de introducir las frutas al deshidratador, las muestras se pesaron en una báscula analítica siendo considerado este como el valor inicial, una vez transcurrido el periodo de deshidratación, se volvieron a pesar las muestras y se consideró como el valor final (laboratorio, 2015)

$$\text{Porcentaje de perdida de humedad} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{PiPeso inicial}} * 100$$

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de la Variación del peso de las muestras frutales: manzana, kiwi, naranja y nance. Tanto en el municipio de Chicomuselo, Chiapas y municipio de Torreón, Coahuila.

### 5.1 Eficiencia de secado del deshidratador solar casero en Chicomuselo, Chiapas.

La variación del peso de las muestras frutales en el estado de Chiapas, fue realizado el día 22 de abril del 2019, iniciando el secado a las 11h y concluyéndola a las 16 horas del día, por lo que los trozos de frutas fueron colocados dentro del prototipo durante 5 horas en el día 1, los pesos iniciales de los trozos fueron para la manzana: 21.5 g, kiwi: 17.8 g. naranja: 25.5 g y nance: 30 g. Siendo los pesos finales 17.8 g, 15.2g, 21.2 g y 28.2 g respectivamente. Para observar los cambios de las frutas se midió el peso en (g) por cada hora. En la figura número 23 se observó el cambio que tuvieron las frutas conforme transcurría las horas del día dentro del deshidratador.

#### (DIA 1 de secado en Chicomuselo)

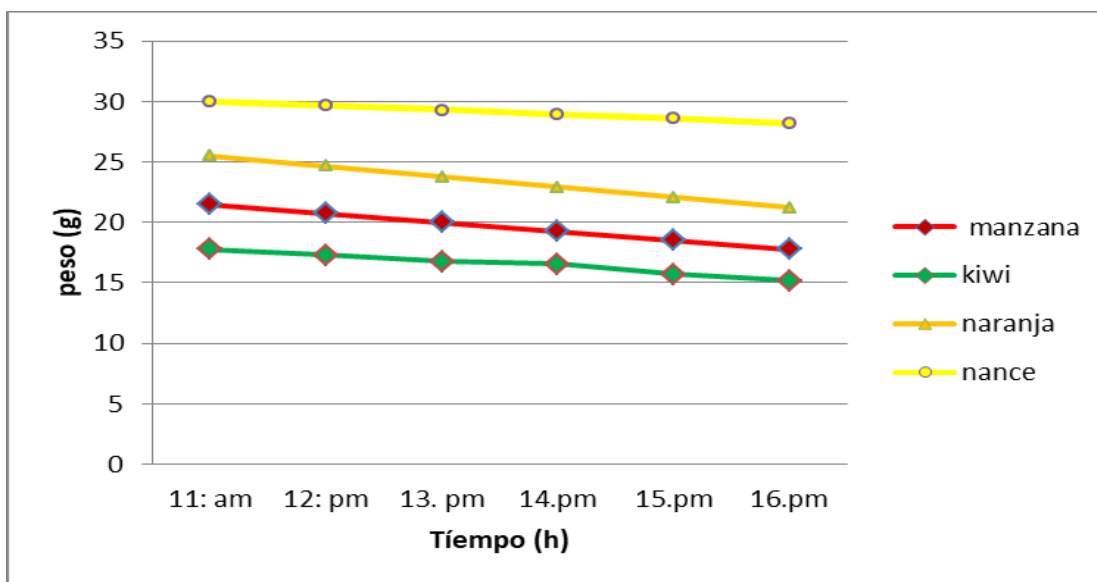


Figura 23: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Chiapas



Durante el día 1, los resultados que se observaron en la figura 23 si cambiaron, pero no se obtuvo el resultado que se buscaba. Que al retirar los frutos y pese a que se deshidrataron parcialmente no llegaron a un estado seco ya que aún se sentían que contenían algo de humedad, por lo que se repitió la metodología del día 01, colocando los trozos de las frutas al siguiente día 23 de abril del 2019 a las 11h el secado en el prototipo de los mismos cortes, durante otras 5 horas, en el cual los frutos se tornaron con apariencia de frutos seco y a peso constante. Por lo que en el día 2, se observó un cambio muy notable, se puede observar como las frutas desciende su peso en gramos. Tal como se muestra en la Figura número 24 del día 2 usando el deshidratador, Teniendo un peso inicial de 17.8 g y un peso final de 13.3 g en la manzana, 17.8 g – 12.8 g en kiwi, 25.5 g – 13.7g en naranja y 30 g – 18.6 g en nance, encontrando que el fruto que respondió mejor al secado con este prototipo fue el kiwi.

**(DIA 2, de secado en Chicomuselo )**

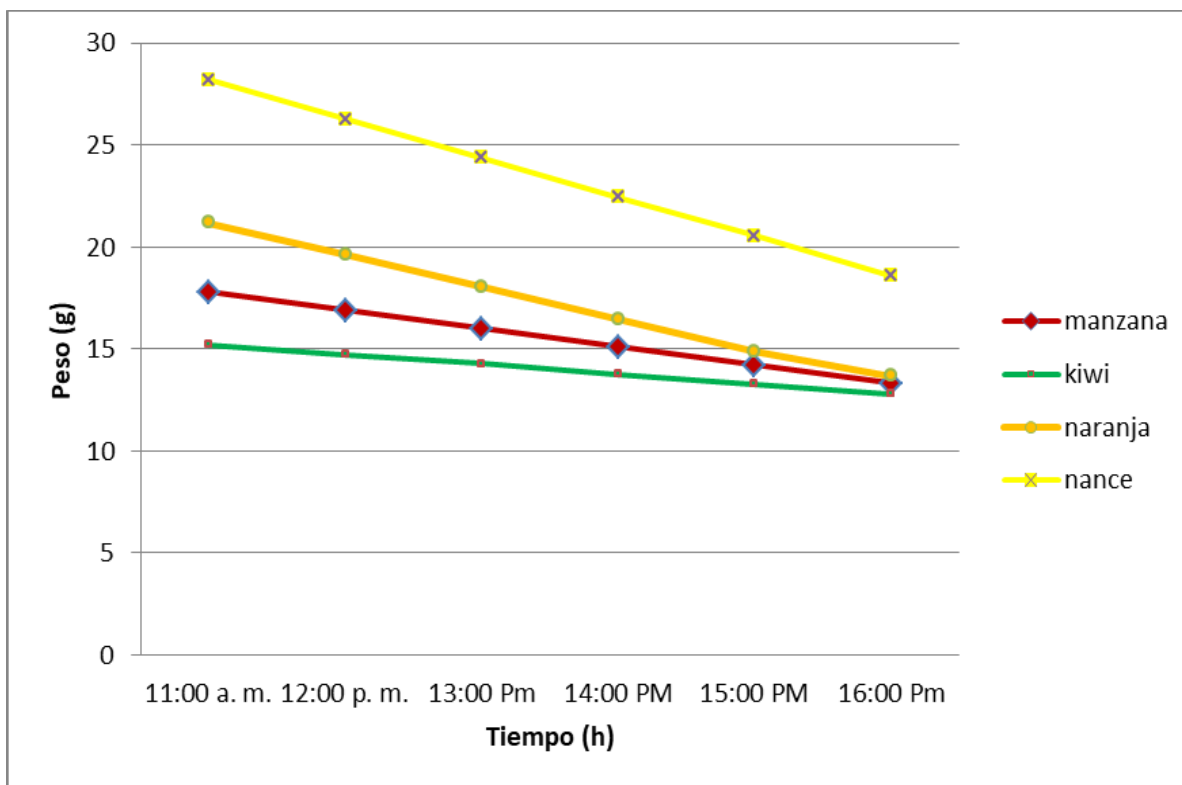


Figura 24: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Chiapas.

Se calculó el porcentaje de peso perdido al final del tiempo que estuvieron las frutas en el deshidratador solar, para el día 1 y 2. La fórmula aplicada para dicha determinación es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de peso perdido con el D.S} = 100\% - \frac{(\text{Pf} * 100\%)}{\text{Pi}}$$

Para el día 1 en Chicomuselo los resultados obtenidos fueron una pérdida de porcentaje en peso en la manzana de 17.2, kiwi 14.6, naranja 16.8 y nance 6%. Mientras que para el día 2 los resultados fueron; para la manzana 25.2, kiwi 15.7, naranja 35.3 y nance 34%. Donde se nota mejores resultados para la deshidratación al segundo día.

Es importante incluir esta medida ya que puede ayudar a comparar la eficiencia con otros prototipos de deshidratadores solares con las mismas frutas, o bien con el mismo prototipo, pero entre diferentes sitios tal como se realizó en este mismo trabajo.

## **5.2 Eficiencia de secado del deshidratador solar casero en el estado de Torreón Coahuila**

La variación del peso de las muestras frutales en el estado de Torreón, fue realizado el día 18 de mayo del 2019, iniciando el secado a las 11 h con una temperatura inicial externa de 29 °C, y una temperatura interna de 29 °C. Finalizando con una temperatura externa de 37 °C y una interna de 48 °C. Para la deshidratación de las tres diferentes frutas (manzana, kiwi, y naranja fueron colocadas en la charola dentro del prototipo durante 5 horas en el día 1, tal como se muestra en la figura número 23. Se pasó a secar 3 trozos de manzana con un peso inicial de 21.8 g, 3 trozos de kiwi con un peso inicial de 18.6 g. 3 trozos de naranja con un peso inicial de 25.3 g.

**(DIA 1, de secado en Torreón.)**

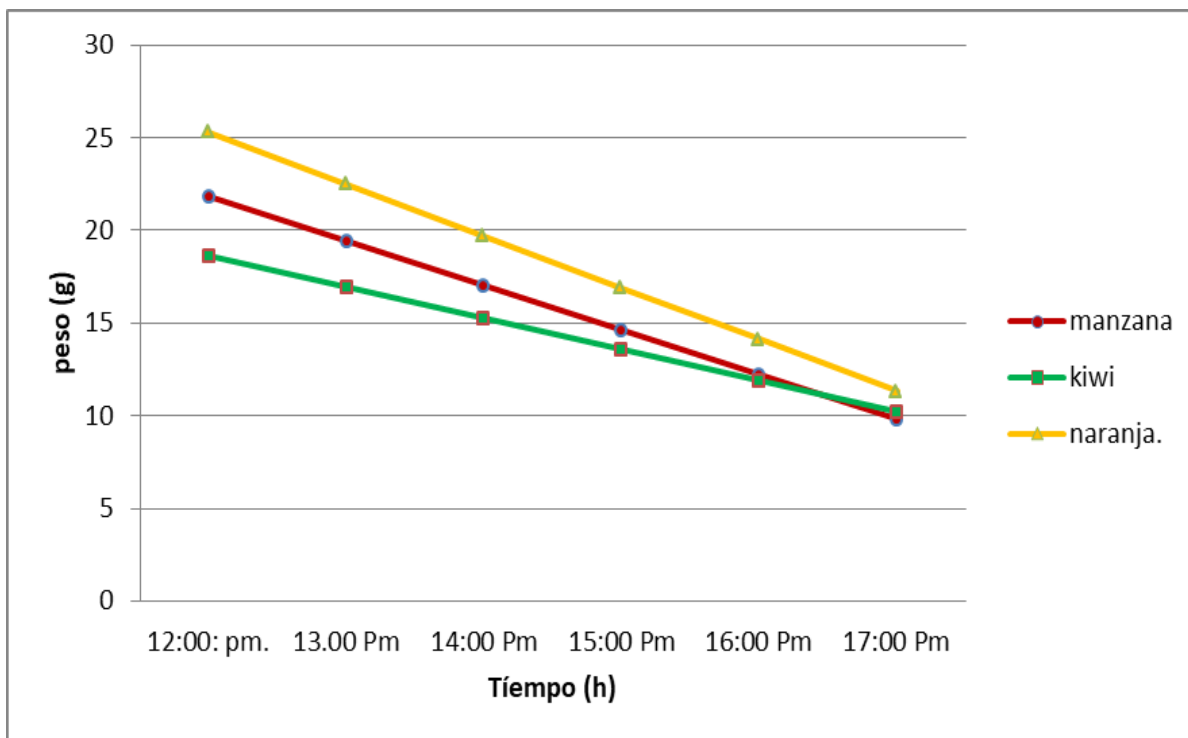


Figura 25: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila.

Para observar los cambios de las frutas, midiendo el peso (g) por cada hora. En la gráfica número 1 se observó el cambio que tuvieron las frutas conforme transcurría las horas del día dentro del deshidratador.

Se repitió la metodología de secado durante un segundo día más ya que el peso final de los frutos no llegó a ser un peso constante, por lo que se inició de nuevo al día siguiente día 19 de mayo del 2019 a las 11 h el secado en el prototipo de los mismos cortes, durante otras 5 horas, en el cual los frutos se tornaron con apariencia de frutos seco y a peso constante

**(DIA 2, de secado en Torreón.)**

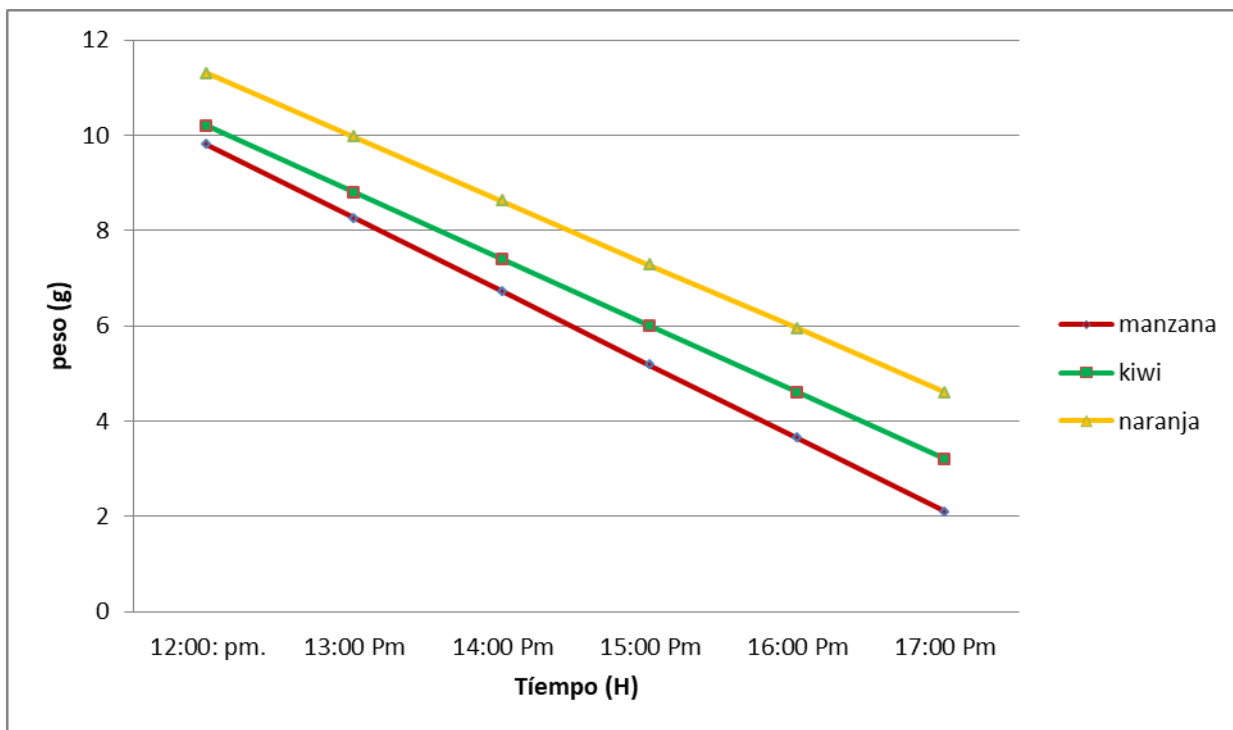


Figura 26: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila.

Durante el día 1, los resultados que se observó en la gráfica si cambiaron, pero no se obtuvo el resultado que se buscaba.

En la gráfica del día 2, se observó un cambio muy notable, se puede observar como las frutas desciende su peso en gramos.

Teniendo un peso inicial de 21.8 g y un peso final de 2.1 g en la manzana, 18.6 g –3.2 g en kiwi, 25.3g–4.6 g en naranja, encontrando que el fruto que respondió mejor al secado con este prototipo conforme la gráfica fue la manzana.

Para el día 1 en Torreón en temporada primavera los resultados obtenidos de la pérdida de porcentaje en peso fueron; en la manzana de 55, kiwi 45 y naranja 55%. Mientras que para el día 2 los resultados fueron; para la manzana 78, kiwi 68 y naranja 59%. Al igual que en Chicomuselo se refleja mejor resultado al segundo día de secar las frutas con el prototipo, Hubo mejores resultados en Torreón que en Chicumuselo.

### **5.3 Variación del peso de las muestras frutales en Torreón Coahuila en invierno.**

Se realizó una segunda prueba en el estado de Torreón Coahuila con temperaturas de invierno, para ver si el deshidratador era viable en cualquier época del año o solo en los días más cálidos.

La variación del peso de las muestras frutales en el estado de Torreón, fue realizado el día 26 y 27 de enero del 2020, iniciando el secado a las 11 h con una temperatura inicial externa de 20 °C, y una temperatura interna de 20 °C. Finalizando con una temperatura externa de 23 °C y una interna de 31 °C. Para la deshidratación de las tres diferentes frutas (manzana, kiwi, y naranja fueron colocadas en la charola dentro del prototipo durante 5 horas por cada día, tal como se muestra en la figura número 25 y 26 del día 1 y 2.

Para el día 1 se pasó a secar 3 trozos de manzana con un peso inicial de 17 g, 3 trozos de kiwi con un peso inicial de 20 g. 3 trozos de naranja con un peso inicial de 23 g.

(Día 1, de secado en Torreón en invierno.)

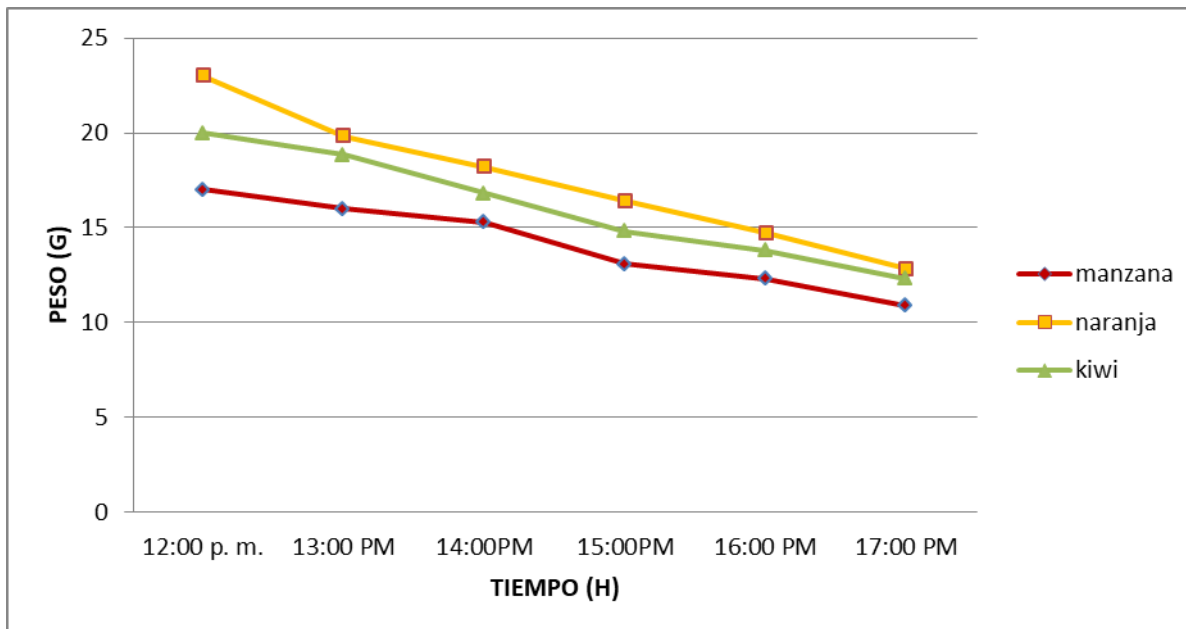


Figura 27: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila. En invierno..

(Día 2, de secado en torreón en invierno.)

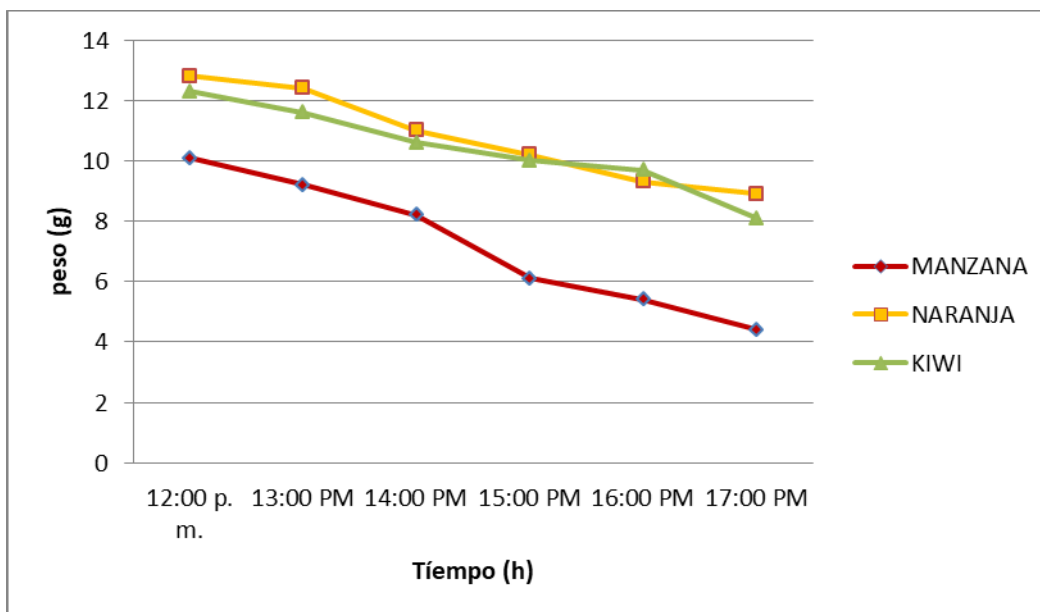


Figura 28: Variación del peso de las muestras frutales en el estado de Coahuila. En invierno.

Durante el día 1, los resultados que se observó en la gráfica número 27 si cambiaron, pero no se obtuvo el resultado que se buscaba.

En la gráfica número 28 del día 2, se observó un cambio muy notable, se puede observar como las frutas desciende su peso en gramos. Teniendo un peso inicial de 17g y un peso final de 4.4g en la manzana, 20g–8.1g en kiwi, 23 – 8.9 g en naranja, encontrando que el fruto que respondió mejor al secado con este prototipo conforme la gráfica fue la manzana.

Para el día 1 en Torreón en temporada invierno los resultados obtenidos de la pérdida de porcentaje en peso fueron; en la manzana de 35.8%, kiwi 38.5% y naranja 44.3 %. Mientras que para el día 2 los resultados fueron; para la manzana 59.6 %, kiwi 34.1% y naranja 30.4 %. Se refleja mejor resultado al segundo día de secar las frutas con el prototipo, Hubo mejores resultados en Torreón en primavera que en invierno como era de esperarse, sin embargo también funcionó bien en época de invierno.

#### **5.4 Análisis de la variación de la temperatura ambiental vs al interior del deshidratador solar en ambos sitios evaluados.**

La Tabla 3. muestra la variación de las temperaturas que se obtuvo siendo T.E temperatura externa (es decir, la temperatura ambiental) y T.I, temperatura interna (dentro del deshidratador solar), durante el día 1 y el día 2 tanto para el sitio de Chicomuselo, Chiapas como para Torreón, Coahuila a lo largo del horario que va desde las 11:00h hasta las 16:00h del día.

Tabla 3. Temperaturas del estado de Chiapas y Torreón Coahuila.

Chiapas 22 y 23 de abril del 2019					Coahuila 18 y 19 de mayo del 2019			
	DIA 1		DIA 2		Día 1		Día 2	
Horario	T. E	T. I	T. E	T.I	T.E	T.I	T.E	T.I
11:00	22°C	22°C	22°C	22°C	30°C	30°C	29°C	29°C
12:00	23°C	25°C	23°C	25°C	31°C	34°C	31°C	34°C
13:00	26°C	30°C	25°C	28°C	33°C	36°C	32°C	35°C
14:00	28°C	32°C	28°C	31°C	35°C	40°C	34°C	38°C
15:00	31°C	35°C	30°C	33°C	35°C	42°C	35°C	40°C
16:00	32°C	36°C	31°C	35°C	41°C	41°C	37°C	43°C

En Chicomuselo durante el día 1 después de 2 horas de estar el deshidratador solar frente al sol logró aumentar 4 °C, y durante el día 2 tuvo un comportamiento muy similar al día 1 a excepción que solo logró aumentar 3 °C a excepción de las 16 horas que sí alcanzó los 4 °C. Mientras que en Torreón, durante el día 1 fue aumentando 3 °C durante las primeras 3 horas de exposición al sol, y posteriormente logro una máxima de 7 °C a las 15:00h, respecto al día 2 fue aumentando paulatinamente y en ascendencia conforme avanzaba la tarde alcanzando una máxima de 6 °C, por lo que se puede concluir que el deshidratador solar es más eficiente bajo las condiciones secas semiáridas y las altas temperaturas de la ciudad de Torreón además de que puede usarse durante más horas en el día e inclusive después de las 16 horas y seguirá aumentando la temperatura interna del deshidratador solar.

### 5.5 Determinación de la pérdida de humedad.

Método de determinación de pérdida de humedad. Antes de introducir las frutas al deshidratador, las muestras se pesaron en una báscula analítica siendo considerado este como el valor inicial, una vez transcurrido el periodo de



deshidratación, se volvieron a pesar las muestras y se consideró como el valor final (laboratorio, 2015).

El porcentaje de pérdida de humedad se encuentra en la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de pérdida de humedad} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{PiPeso inicial}} * 100$$

Tabla 4. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Chiapas

Frutas	Peso inicial	Peso final	Perdida de humedad en %
Manzana	21.5 g	13.3 g	38.13 %
Naranja	25.5 g	13.7 g	46.27 %
Kiwi	17.8 g	12.8 g	28.08 %
Nance	30 g	18.6 g	38%

La fruta que logró perder más humedad durante los días de primavera evaluados en el municipio de Chicomuselo fue la naranja, seguida de la manzana, nance y por último el kiwi.

Tabla 5. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Torreón Coahuila en primavera.

Frutas	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perdida de humedad en (%)
Manzana	21.8 g	2.1 g	90.36 %
Naranja	25.3 g	4.6 g	81.81 %
Kiwi	18.6 g	3.2 g	82.79 %

La fruta que logró perder más humedad durante los días de primavera evaluados en el municipio de Torreón fue la manzana, kiwi y finalmente y muy similar al kiwi fue la naranja.

**Tabla 6. Porcentaje de pérdida de humedad del estado de Torreón Coahuila en invierno.**

Frutas	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perdida de humedad en (%)
Manzana	17 g	4.4 g	74.11 %
Naranja	23 g	8.9 g	61.30 %
Kiwi	20 g	8.1 g	59.5 %

La fruta que logró perder más humedad durante los días de invierno evaluados en el municipio de Torreón fue la manzana, naranja y finalmente el kiwi.

Cabe destacar que los porcentajes de pérdida de humedad obtenidos en el municipio de Chicomuselo son por muy debajo a los de Torreón, inclusive más bajos aun comparando Chicomuselo en primavera y Torreón en invierno, por lo que este prototipo de deshidratador solar es mas recomendable para sitios de clima seco semi árido como lo es el municipio de Torreón en comparación al sitio tropical con clima húmedo, de acuerdo a los resultados obtenidos, además se puede deducir que esta tecnología puede ocuparse en temporada de invierno con la condicionante que requiera unas horas más para el secado de las frutas.

## **VI CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos se concluye que el prototipo de deshidratador solar casero es funcional y viable económicamente, el prototipo presentado trabajo más eficientemente en la ciudad de Torreón Coahuila en comparación a Chicomuselo Chiapas debido a las temperaturas más altas y el clima seco semi árido, además el prototipo demostró ser eficaz en temporada de invierno para la ciudad de Torreón. Por lo que se puede concluir que el deshidratador solar es más eficiente bajo las condiciones secas semiáridas y las altas temperaturas de la ciudad de Torreón además de que puede usarse durante más horas en el día e inclusive después de las 16 horas y seguirá aumentando la temperatura interna del deshidratador solar.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, se puede concluir que el uso de un deshidratador solar casero pueden contribuir de manera positiva como medida de mitigación de cambio climático al tener cero emisiones a la atmosfera como una alternativa viable en la conservación de alimentos especialmente frutos, donde muchas personas se pueden beneficiar con un deshidratador solar casero, como las amas de casa, los agricultores, los niños etc.

## VII RECOMENDACIONES

Es muy importante dar a conocer a toda la población de la comarca lagunera y de todas las personas ya que día a día estamos destruyendo nuestro planeta.

Tanto como en la comarca lagunera como en el resto del país nos falta mucha educación ambiental y conocer las formas en que podemos ayudar al planeta.

Las energías renovables son una muy buena opción tanto en lo económico como en lo bueno para el planeta.

Recomiendo a las personas de la comarca Lagunera, si están interesados en iniciar un negocio de secado de frutas, optar por construir un deshidratador solar casero, ya que da muy buenos resultados y buena calidad.

## VII BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro-Ayala, J. A., & Crespo-Quintanilla, J. A. (2019). Estudio termico-fluido dinamico de un prototipo nivel laboratorio de un calentador solar que reutiliza botellas de plastico.
- . 29. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2019.2147>
- Aluma-Tenorio, M. S., Osorio-Ciro, J. A., Muñoz-molsalve, A. M., Jaimes., N., Avila-alvarez, A., & Carolina., T.-B. M. (2019). Evaluacion de la exposicion solar y las medidas de fotoproteccion en deportistas del valle de Aburra en el 2018. 32(3), 184-190. doi: 10.17533/udea.iatreia.18.
- AMBIENTE, S. D. M. ( 2018). Información sobre radiación solar.
- Arancibia-Bulnes, C., & Best-Brown, R. (2009). Energias del sol 10.
- Arias -Avila, N., & Tricio-Gomez, V. (2014). Energias renovables propuestas para su enseñanza 8(3).
- Bate-S., G. (2012). Beneficios de la utilizacion de energia solar en la escuela basica Nª 4765 de la comunidad indigena La promesa en el departamento del presidente Hayes
- Bravo-Hidalgo, D. (2015). Energia y desarrollo sostenible en Cuba 42(4), 14-25.
- Cadena, A. I. (2008). Fuentes energeticas alternativas (28), 60-63.
- Carrillo-Martinez, R., Barrios-Escobar, H., & Duarte., J. E. (2017). La ley de la radiacion negra y su relacion con la funcion zeta de riemann. 69-80.
- Castañeda-Miranda, A., Gonzales-Parada, A., Rfael Guzman-Cabrera, R., & Ibarra-Manzano, O. (2012). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso 22, *núm.* 3, 14-19.
- Castro-Pineda, J. M. (2018). Diseño, Construcción y prueba de una cocina parabolica
- Cesar., L.-H. J., & Carlos, R.-G. J. (2015). Diseño y construcción de un sistema ciclico de coleccion, transporte y descarga de energia soolar termica para un deshdratador solar en el municipio de San Juan del Rio. QRO.

- CICSA. (2019). Secadores industriales
- Cid, M. A. (2011). física III. 17.
- Collymore-Rodríguez, A., Arencibia-Jorge, R., Blanco-García, A., & Araujo-Ruiz, J. J. (2008). Producción científica mundial sobre el biodiesel
- comarca, p. (2015). Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015. 181.
- D., A., & Zapata., H. (2011). Energía solar fotovoltaica
- De la Torre-Moreno, J. L., & Portilla-Herrera, M. A. (2015). Diseño y construcción de un prototipo de secador solar para el *Capsicum Annum* (AJI) con colector-almacenador en lecho de rocas con una capacidad de 25 kg
- Diego Gomez Carmona, F. M. L., Francisco J. Liebana- Cabanillas (2017). Modelización del comportamiento del consumidor a favor de las energías renovables: un estudio basado en las opiniones de los consumidores potenciales., 1-18.
- Edgar Antonio Barragan Escandon, E. F. Z. L., Julio Terrados Cepeda, Alejandro Parra Gonzales (2017). Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica., 1-10. doi: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.65720>
- Enseñat, J., Martínez, C. . (2007). Energía solar térmica y fotovoltaica
- Renovable. (2014). Energía solar ventajas y desventajas
- Escribano-Frances, G. (2012). Desarrollo energético sostenible y energías renovables (864).
- Espinoza-S., J. (2016). innovación en el deshidratador solar 24. *Número Especial*, 72-80.
- Estrada-Velasquez, L. M. (2006). Tipos de secado y características en algunos alimentos., 60.
- GeoDatos. (2020). Coordenadas geográficas de Torreón, Coahuila, México.

- Girado-Polo, C., & Gonima-Gonima, L. (2018). Algoritmo teorico para la estimacion de la radiacion solar global para una atmosfera despejada 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.610>
- gobierno, P. d. (2020). Conoce Chiapas
- Gonzales-Couret, D. (2014). Las energias renovables al servicio de la humanidad *Arquitectura y urbanismo*, XXXVII(1), 93-98.
- Hernandez-Ramirez, J., Martinez-Villar, O., Quinto-D, J., Cuevas-D, R., Acosta-O, J., & Aguilar, O. (2010). Secado de chile abanero con energia solar. . 10, *núm. 2*, 120-127.
- Hernández-Trujillo, J. Reflexión y refracción. 23.
- Hernandez, B. A. C. (2017). Deshidratacion de durazno variedad diamante (prunus persica L Batsch) con deshidratador solar con cama plana. 11.
- Hernandez Gomez Victor, O. G. O., Guzman Tinajero, Pedro, Morillon Galvez Dacid. (2017). Secado de frutas y verduras con energia solar. 4 *No.11*, 22-33.
- Hernandez, G. Y. L. (2014). Evaluacion de la vida util del pimiento morron deshidratado por tres diferentes metodos y empacado en dos diferentes envases
- Hernandez Rodrigues, J. Q. D., Pedro; Barbosa Pool, Glicerio R; Aguilar Aguilar, Jorge O. (2017). Secado solar de frutas y verduras en Quintanarro, Mexico 18, *núm. 1*, 1-8.
- INAFED. (2018). Torreon
- INEGI. (2015a).
- INEGI. (2015b). Clima.
- INEGI. (2016). Torreón (Coahuila de Zaragoza).
- Juan Arevalo, F. S., Sergio Rivera. (2017). Aplicacion de costos de incertidumbre Analiticos de energia, solar, eolica y vehiculos electricos en el despacho optimo de potencia 22, *no. 3*, 324-346,. doi: <https://doi.org/10.14483/23448393.11673>
- Juan Pablo Castaneo Cazares, B. T.-A., Maria EugeniaMedeloloin-Perez, Gustavo Alonso AguilarHernandez y Benjamin Moncada. (2006). Conocimientos y

- actitudes de la población humana con respecto a la radiación solar 142 No. 6.
- laboratorio, M. d. (2015). determinación del contenido de humedad (1-9).
- Lorente., J. (2006). La radiación solar
- M. Rivero2Orozco., S., & Rivero., M. (2017). Análisis de la Radiación Solar en tres Ciudades de Coahuila y Durango. *Revista ciencia e ingeniería en desarrollo* 5.
- Martinez, M. (2016). Radiación solar conceptos y aplicaciones
- METEORED. (2017). Clima en Torreon
- Miranda-m., U., Saldaña-F., R., & Morales-R., F. M. (2003). El sistema de la información geográfica para las energías renovables (SIGER) en México.
- Mirian Marchante-Jimenez, M., Ramirez-Santiagosa, L., Navarro-Fernandez, A., Mora-Lopez, L., & Cidranch-de Carmona Ortin, M. (2002). Tipos de temperatura medias diarias durante las horas del sol
- Montes-Pita, M. J., Muñoz-Dominguez, M., & Rovira-Antonio, A. J. (2014). Ingeniería Térmica.
- Morales, J. A. P. (2014). La deshidratación de la uva (*Vitis Vinifera*, L) utilizando un deshidratador solar bajo las condiciones ambientales de la comarca lagunera
- Mundo-Hernandez, J., & Jorge., S.-O. (2017). Integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en el edificio de oficinas del ZAE en Alemania.
- Ortega-Martínez, L. D., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Martínez-Valenzuela, C., Huerta-De La Peña, A., & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2019). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. 2(4).
- Paz-Echeverriarza, M. (2016). guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes
- 49.
- Plasencia-S., E., Matos-C., L., posadas., A., & Cabrera., C. (2007 ). Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre 10, N° 19, 72-77.



- Ramiro Torres Gallo, P. J. M. L., Keimer A. Martinez Padila. (2017). Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca *20, No. 39*.
- Recalde, M. (2017). La inversión en energías renovables en Argentina *19, n.º 36,* 231-254.
- Rodriguez- Murcia, H. (2009). Development of solar Energy in Colombia and its prospects. 83-89.
- Rodriguez- Valencia, M. J. (2016). Desecado de la pulpa de plátano (musa paradisíaca) utilizando un deshidratador solar con cristal filtra sol bajo condiciones climáticas de la comarca lagunera
- Roilan Iglecias Diaz, R. A. J. G., Orlando Lastres Danguillecourt, Pascual Lopez de Paz, Nein Farrera Vazquez, Guillermo Rogelio Ibañez Duarte. . (2017). Diseño y construcción de un secador solar para mango Ataulfo *8, núm. 8,* 1719-1732.
- Ruiz-Cardenas, L. C., Dario Amaya-Hurtado, D., & Jimenez-Moreno, R. (2015). Predicción de radiación solar mediante deep belief network. *20(47),* 39-48.
- SAECSA. (2019). Deshidratadores solares en torreon.
- Sevilla, A. M. (2016). El mapa nacional en el aula de clase: políticas de memoria y clases de geografía en el Ecuador. . *21 (2).* 47-73.
- Spark, W. (2018). El clima promedio en Torreón.
- Stuhldreher, A. M. (2017). Energías renovables y desarrollo territorial sustentable, el caso de la región noreste de Uruguay 141-163.
- Suarez-Castañada, J. L., Amell-Arrieta, A. A., & Cadavid-Sierra, F. J. (2012). La radiación infrarroja como mecanismo de transferencia de calor de alta calidad en procesos de calentamiento *8, no16,* 97-127.
- Tecnologías. (2015). Deshidratadores Solares. 12.
- Trejo., A., Vargas., S., Hernandez., A., & Rodriguez., R. (2014). Construcción y evaluación de un secador solar indirecto para el deshidratado de tomate saladette.

- Urfalino., D. P., & Worlock, B. J. (2017). DESHIDRATADORES SOLARES DE PEQUEÑA ESCALA. 2.
- Velez-Pereira, A. M., L., V.-V. E., Barraza-Coronell, W. D., & Agudelo-Yepes, D. C. (2015). Evaluacion de un modelo estadistico para estimar la radiacion solar, en magdalena colombia. *18, No. 35*, 35-44.
- Vidal-Santos, A., Velasquez Camilo, O., Roberto Iñaqui de la-Cruz, R., & Ortega-Montiel, G. (2012). Diseño y construccion de un secador solar portatil (1946-5351).
- Villalobos., J. A. (2007). La hora de la Tierra y la hora solar. 6.

## IX ANEXOS

### Anexo numero 1

En la siguiente tabla muestra los datos de la primera prueba que se realizó, esta prueba se realizó en el estado de Chiapas y se conocieron las temperaturas máximas con las que cuenta es estado de Chiapas.

Frutas	Horas del día	Temperatura externa	Temperatura interna	Tiempo de secado	Peso inicial (g)	Peso final (g)
<b>Manzana</b>	11:am	22° c	22°c	6 horas al día	21.5 g	17.8 g
<b>Kiwi</b>	12:pm	23° c	25°c	6 horas al día	17.8 g	15.2 g
<b>Naranja</b>	1:pm	26° c	30° c	6 horas al día	25.5 g	21.2 g
<b>Nance</b>	2:pm	28° c	32°c	6 horas al día	30 g	28.2 g
	3:pm	31° c	35°c	6 horas al día		
	4:pm	32° c	35°c	6 horas al día		

### Anexo numero 2

En la prueba numero dos que se realizó, en la tabla se puede observar los resultados finales que se obtuvieron.

Frutas	Horas	Temperatura	Temperatura	Tiempo	Peso	Peso
--------	-------	-------------	-------------	--------	------	------

	del día	externa	interna	de secado	inicial (g)	final (g)
<b>Manzana</b>	11:am	22°C	22°C	6 horas	17.8g	13.3g
<b>Kiwi</b>	12:pm	23°C	25°C	6 horas	15.2g	12.8g
<b>Naranja</b>	1:pm	25°C	28°C	6 horas	21.2g	13.3g
<b>Nance</b>	2:pm	28°C	31°C	6 horas	28.2g	20.4g
	3:pm	30°C	33°C	6 horas		
	4:pm	31°C	35°C	6 horas		

### Anexo número 3

La prueba número 3 se realizó en torreón Coahuila, podemos observar los resultados que se obtuvo con la temperatura que se cuenta en torreón Coahuila.

Frutas	Horas del día	Temperatura externa	Temperatura interna	Tiempo de secado	Peso inicial(G)	Peso final (G)
<b>Manzana</b>	12:pm	30°C	30°C	6 horas	21.8 g	15.6g
<b>Kiwi</b>	1:pm	31°C	34°C	6 horas	18.6g	13.5g
<b>Naranja</b>	2:pm	33°C	36°C	6 horas	25.3g	17.1g
	3:pm	35°C	40°C			
	4:pm	35°C	42°C			
	5:pm	41°C	45°C			

### Anexo número 4

La prueba número 4 fue la última que se realizó, en la siguiente tabla se pueden observar los resultados finales.

<b>Frutas</b>	<b>Horas del día</b>	<b>Temperatura externa</b>	<b>Temperatura interna</b>	<b>Tiempo de secado</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>
<b>Manzana</b>	12:pm	29°C	29°C	6 horas	15.6g	9.1g
<b>Kiwi</b>	1:pm	31°C	34°C	6 horas	13,5g	8 g
<b>Naranja</b>	2:pm	32°C	35°C	6 horas	17.1g	10.8 g
	3:pm	34°C	38°C			
	4:pm	35°C	40°C			
	5:pm	37°C	43°C			