



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION  
AGRICOLA ACTUAL.”

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR  
PARA EL DESHIDRATADO DE PRODUCTOS  
HORTOFRUTICOLAS

*2001*

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

ENRIQUE EDGAR PEREZ SANCHEZ

ASESOR: ING. GUSTAVO MERCADO MANCERA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

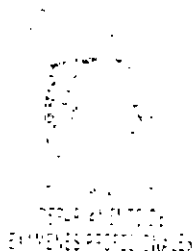
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E



ATN Q Ma del Carmen Garcia Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario

Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual: Aprovechamiento  
de la Energía Solar para el Deshidratado de Productos Hortofrutícolas.

que presenta el pasante Enrique Edgar Pérez Sánchez  
con número de cuenta 9214964- para obtener el título de  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Octubre de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>II</u>	<u>Ing.Gustavo Mercado Mancera</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing.José M.Adolfo Ochoa Ibarra</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing.Manuel A.García de la Rosa</u>	<u>[Firma]</u>

## DEDICATORIAS

A quienes por su apoyo incondicional, fé y confianza, me dieron fuerza para seguir adelante:

Mis Padres:  
Guillermo N. y Cristina

Gracias por la comprensión, por sus consejos y sobre todo por el gran esfuerzo por mantener mi estudio.

A mis hermanos: Noé y Diego

Por mantener la confianza en mí.

A toda mi familia que siempre estuvo pendiente de mis logros.

GRACIAS.

**INDICE DE FIGURAS Y MAPAS****INDICE DE CUADROS**

<b>RESUMEN</b>	1
<b>INTRODUCCION</b>	3
<b>I. OBJETIVO</b>	4
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b>	5
<b>2.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PROCESO DE DESHIDRATADO</b>	5
2.1.1 Introducción histórica	5
2.1.2 Energía solar	6
2.1.3 Variación de la energía solar	7
2.1.3.1 Por la forma y la inclinación que presenta la tierra	7
2.1.3.2 Movimiento de rotación	8
2.1.3.3 Movimiento de translación	9
2.1.3.4 Altitud solar	10
2.1.4 La radiación solar y la atmósfera	12
2.1.4.1 Constante solar	12
2.1.4.1.1 Absorción	13
2.1.4.1.2 Reflexión	13
2.1.4.1.3 Albedo	13
2.1.4.1.4 Dispersión	14
2.1.4.1.5 Transmisión	14
2.1.5 Leyes de la radiación	14
2.1.6 Insolación en la República Mexicana	16
2.1.7 Colectores solares	17
2.1.8 Secadores solares	19
<b>2.2 FACTORES IMPORTANTES EN EL DESHIDRATADO</b>	23
2.2.1 Área de superficie	23
2.2.2 Temperatura	23
2.2.3 Velocidad del aire	24
2.2.4 Sequedad del aire	24
2.2.5 Presión atmosférica y vacío	24

2.2.6	Evaporación y temperatura	24
<b>2.3</b>	<b>PRICIPIOS FUNDAMENTALES DEL DESHIDRATADO CON CORRIENTE DE AIRE</b>	<b>25</b>
2.3.1	Función del aire en el deshidratado	28
2.3.2	Humedad relativa	29
2.3.3	Temperatura del bulbo húmedo	30
2.3.4	Punto de rocío	31
2.3.5	Como se produce el deshidratado de la fruta	31
<b>2.4</b>	<b>GENERALIDADES DE LAS HORTALIZAS Y FRUTAS DESHIDRATADAS</b>	<b>32</b>
2.4.1	Historia de la deshidratación	32
2.4.2	Deshidratación osmótica	32
2.4.3	Pretratamientos para el deshidratado	33
2.4.3.1	Generalidades	33
2.4.3.2	Lavado	34
2.4.3.3	Selección y saneado	35
2.4.3.4	Azúcares	35
2.4.3.5	Ácido cítrico y ácido ascórbico	36
2.4.3.6	Sulfitación	36
2.4.3.7	Hidróxido de sodio (sosa cáustica)	36
2.4.4	Frutas susceptibles al deshidratado	37
2.4.5	Ventajas y desventajas de la deshidratación	41
<b>2.5</b>	<b>EJEMPLOS DE DESHIDRATADO</b>	<b>43</b>
2.5.1	Mango	43
2.5.2	Piña, papaya y manzana	43
2.5.3	Ajo	44
2.5.4	Apio	44
2.5.5	Cebolla	45
2.5.6	Espinacas	45
2.5.7	Pimientos	45
<b>III.</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>46</b>
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>V.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>49</b>

## INDICE DE FIGURAS Y MAPAS

Página

<b>FIGURA 1</b>	Relación entre la tierra y el sol	7
<b>FIGURA 2</b>	Angulos de los rayos solares a diferentes latitudes	7
<b>FIGURA 3</b>	Solsticio de verano	8
<b>FIGURA 4</b>	Solsticio de invierno	8
<b>FIGURA 5</b>	Iluminación del día y de la noche	9
<b>FIGURA 6</b>	Estaciones del año (afelio y perihelio)	10
<b>FIGURA 7</b>	Zonas térmicas	10
<b>FIGURA 8</b>	Altitud solar	11
<b>FIGURA 9</b>	Variación de la radiación solar a su paso por la atmósfera	12
<b>FIGURA 10</b>	Reflexión provocada por las nubes	13
<b>FIGURA 11</b>	Corte transversal de un colector plano con dos cubiertas de vidrio	18
<b>FIGURA 12</b>	Esquema de un deshidratador solar	21
<b>FIGURA 13</b>	Proceso del deshidratador solar	21
<b>FIGURA 14</b>	Secado al aire libre vs. Secador solar	22
<b>MAPA 1</b>	Días nublados en la República Mexicana	16
<b>MAPA 2</b>	Días de insolación en la República Mexicana	17

## INDICE DE TABLAS

	Página
<b>TABLA 1</b>	Niveles de Aw (Activation water) 26
<b>TABLA 2</b>	Gramos de agua en un metro cubico de aire 29
<b>TABLA 3</b>	Un vistazo a las frutas 38
<b>TABLA 4</b>	Frutas secadas en casa 39
<b>TABLA 5</b>	Comparativa del peso de frutas frescas y secas, y su volumen 41
<b>TABLA 6</b>	Peso correspondiente a 1000 kg de hortalizas verdes deshidratadas 41
<b>TABLA 1</b>	Comparación del tiempo de secado 22



## RESUMEN

Este trabajo esta realizado con la intención de conocer las formas en que se puede aprovechar la energía solar para el secado y deshidratado de productos perecederos, particularmente productos hortícolas.

Desde tiempos muy remotos, se ha aprovechado la energía que irradia el sol para el secado de alimentos, exponiéndolos directamente a este. Con el descubrimiento de los hidrocarburos por un lapso se agilizó este proceso, pero desafortunadamente lo que se gano fue tiempo en el secado, más no-calidad en cuanto a sabor ya que las frutas y verduras adquirirían el sabor del combustible que era utilizado para este fin. Fue, entonces que, hasta décadas recientes se retomara nuevamente esta práctica ancestral para el deshidratado de productos perecederos como alternativa de conservación.

El sol es un cuerpo emisor perfecto de radiación, lo cual es lo que interesa para efecto del deshidratado. Sin embargo, la radiación no es uniforme y constante en cualquier parte de la tierra, esta se ve alterada por hechos naturales de la tierra como son: movimiento de rotación, movimiento de translación, la altitud solar, entre otros.

Aunado a lo anterior, a cada región en particular como tal, sufre de alteraciones en cuanto a la captación de energía solar, debido a fenómenos ocurridos ya dentro de la atmósfera, como son: reflexión, albedo, dispersión, absorción, etc.

En la República Mexicana, la mayor insolación se registra en el NW y N del país, mientras que hacia el lado del Golfo de México, disminuye por el mayor número de días nublados, lo cual podría ser considerado como una limitante, por la menor cantidad de radiación y el alto contenido de humedad.

Los colectores solares son la herramienta, o dispositivo para la utilización de la energía solar como fuente de secado de los productos, y de estos se tiene conocimiento de dos: a) secadores planos, que funcionan a temperaturas menores de 100°C, su mantenimiento es casi nulo, y puede ocuparse en días nublados, y b) colectores de enfoque o concentrado, los cuales enfocan la radiación incidente en áreas pequeñas y son más sofisticados que los anteriores.

La manera en que se transmite la energía al producto para el efecto de deshidratado es importante, pero también lo es la forma en que se canaliza, esta energía para un buen secado.

Es importante seguir uno a uno los pasos del deshidratado, ya que de esto depende el éxito de un buen producto terminado, se debe tener cuidado desde como se prepara el producto, la temperatura recomendable para no causar daños en este, pero mantenerla estable para que el agua o humedad sean extraídas por una corriente de aire seco y así conseguir el objetivo.

El manejo que se da a frutas y hortalizas es fundamental para la obtención de un producto de buena calidad, sobre todo si se habla de una posible comercialización; el cuidado abarca desde que se escoge ya sea fruta u hortaliza, su lavado, seleccionado, así como tratamientos para evitar la proliferación de agentes patógenos, que podría causar daño físico al producto y por ende a la persona que en determinado momento pudiera consumirlo.

Cabe mencionar que hay frutas y hortalizas que son más susceptibles al deshidratado que otras, en el presente trabajo se mencionan algunas de estas, así como la secuencia para llevar a cabo dicho proceso.

Hay que tener en cuenta que como todo, tienen sus ventajas y desventajas, pero lo importante es que a estas últimas se le busquen alternativas, para que no se conviertan en limitantes para obtener con éxito un buen deshidratado de forma natural y sobre todo aprovechando la energía que el sol nos proporciona.

## INTRODUCCION

Una de las principales preocupaciones del hombre ha sido la conservación de los alimentos, con la finalidad de que estos obtengan un valor nutritivo más alto y mantenerlo en ese estado, en lugar de permitir que experimenten cambios naturales que lo hacen no apto para el consumo humano. Esto ha propiciado que la investigación, desarrolle diversos procesos de industrialización en productos altamente perecederos para alargar la vida útil de estos, conservando al máximo sus propiedades.

En la actualidad, existen varias técnicas para la conservación de alimentos, siendo las más comunes: tratamientos térmicos, deshidratación, congelación, conservación en azúcar, sumersión en ácidos y la salazón.

No obstante, en el ámbito agrícola, específicamente la conservación de frutas y hortalizas, no todas las técnicas antes mencionadas se adecuan para este fin.

La deshidratación es un método importante en la preservación de alimentos. La disminución de agua en consecuencia de peso y volumen en productos deshidratados aumenta su vida de anaquel, reduce el espacio de almacenaje así como los costos de distribución.

Los alimentos secos y deshidratados son más concentrados que cualquier otra forma de productos alimenticios preservados, además son menos costosos de producir; el trabajo requerido es mínimo y el equipo de proceso es limitado.

En lo que respecta a la deshidratación de frutas y hortalizas, como la mayor parte de agua es eliminada de estas: Se reduce el riesgo de ataque por patógenos; resultan ser fuentes concentradas de energía y hierro, un mineral que ayuda a prevenir la anemia; son altas en contenido de fructuosa, por lo que son un magnifico postre, además de no tener casi nada de grasa.

La energía solar es una alternativa para el hombre, ya que ofrece y sobrepasa en miles de veces la demanda actual de energía para la humanidad. Una vez captada de alguna forma por el hombre, se puede emplear el calor conseguido para diversas aplicaciones (secado de cultivos, calentamiento de agua, evaporación de gases, hornos solares, conversión a energía mecánica, etc.

Los inconvenientes de la energía solar son: que no es muy grande su intensidad, tiene variaciones a lo largo del día, por lo que varía el tiempo de deshidratado, y se crea el problema de su almacenaje, de cuya resolución depende todo el éxito del problema.

En la agricultura nacional poca importancia se le ha dado a la captación y aprovechamiento de la energía solar, la cual es segura, esta libre de contaminación, no requiere de transporte, no tiene productos de desecho que deban eliminarse, es gratuita, abundante y universal. Sin embargo por las características antes mencionadas y ahora ya con una corriente ecologista muchos investigadores comienzan a ver a la energía solar como una alternativa en pro del ambiente en sustitución de combustibles, no siendo en este caso el deshidratado de frutas la excepción.

Por otra parte la energía solar en la deshidratación de frutas y hortalizas, aún no puede sustituirse por un aparato de secamiento igual de eficiente que ésta. El calor solar da a la fruta conservada un sabor y aroma especial, mucho mejor que el secamiento industrial: siendo preferida por el consumidor la fruta secada con procesos naturales.

Debido a las muchas ventajas que ofrece la energía solar, es interesante crear conciencia sobre la utilización de ésta. De lo anterior nace la inquietud de desarrollar este trabajo, con el siguiente objetivo.

## **I. OBJETIVO**

Realizar una investigación bibliográfica, sobre la importancia de la Radiación Solar en el deshidratado de frutas y hortalizas.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 CONCEPTOS BASICOS PARA LA UTILIZACION DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PROCESO DE DESHIDRATAACION**

#### **2.1.1 Introducción histórica**

El estudio de la energía solar puede parecer muy reciente y novedoso, se tienen noticias de sus aplicaciones desde mucho tiempo atrás, algunos de sus usos han perdurado a través de los siglos, podemos citar como ejemplo el secado de alimentos por exposición directa al sol, como pescado, granos y frutas. También el calentamiento de agua usando el mismo método fue frecuente en algunas comunidades rurales hasta hace pocos años.

Hoy en día es posible optimizar todos estos procesos con la aplicación de una tecnología sencilla, barata y que es capaz de incidir sobre los tales, acrecentando enormemente su eficiencia en cuanto a tiempo empleado y a rendimiento se refiere.

El desarrollo más grande ocurrió a partir del siglo XVIII y principios del XIX. desde entonces hasta la década de los años sesentas hubo un desafortunado descuido en las investigaciones, el cual probablemente fue provocado por el auge mundial sobre el uso de hidrocarburos, además de costo relativamente bajo de éstos.

A principios de la década de los setentas, al sobrevenir la crisis mundial de los hidrocarburos, la humanidad es obligada a tomar conciencia del sol como una alternativa energética y es en este momento cuando se vuelve a intentar y a investigar sobre la posibilidad de utilizar la energía solar como fuente para satisfacer necesidades humanas. (López, 1990)

### 2.1.2 Energía solar

Corrientes de partículas cargadas eléctricamente, y cuyo origen son reacciones nucleares en el centro del sol, producen la radiación de ondas electromagnéticas que son emitidas en todas direcciones.

Cuando estas inciden sobre la superficie terrestre se producen dos fenómenos directamente evidentes para el hombre: primero, la iluminación, la cual es la radiación electromagnética, que produce al incidir en el ojo humano, haciendo posible la visión, y segundo, la generación de calor que las ondas producen al incidir sobre la materia.

El sol es una estrella que tiene una masa aproximada de 334 000 veces la de la tierra, esta constituido de materia gaseosa a muy alta temperatura, tiene un diámetro de 1.39 millones de kilómetros, y en promedio se encuentra a una distancia de 150 millones de kilómetros de la tierra, por lo que la luz que emana de él, viajando a 300 000 km/s., tarda algo más de ocho minutos en llegar a nosotros desde que es emitida.

Aunque la estructura del sol es compleja para el desarrollo de nuestro trabajo será suficiente considerar su comportamiento como el de un cuerpo emisor perfecto de radiación a una temperatura aproximada de 5800 °C.

Estimaciones hechas sobre la cantidad de energía por unidad de tiempo que recibe un metro cuadrado de superficie perpendicular a la radiación, en el espacio, pero a una distancia del sol igual a su distancia promedio a la tierra, dan el valor de 1353 watts/m<sup>2</sup>.

A este valor se le llama la constante solar y se denota por:

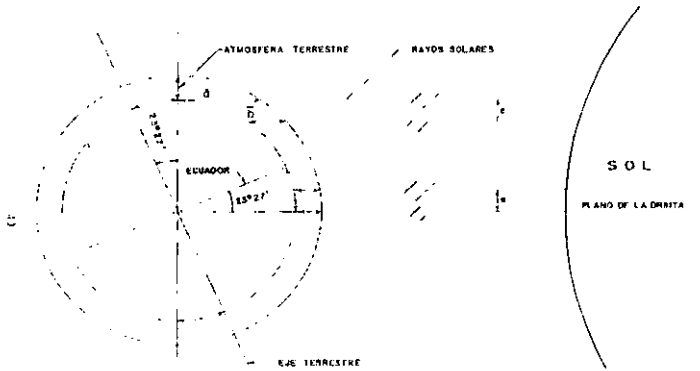
$$I_{cs} = 1353 \text{ watts/m}^2.$$

## 2.1.3 Variación de la energía solar

### 2.1.3.1 Por la forma y la inclinación que presenta la tierra

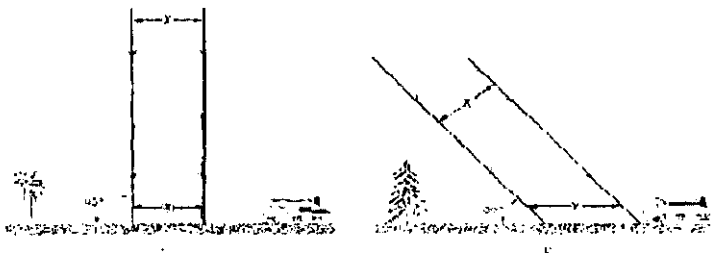
Los rayos solares inciden sobre la superficie terrestre con ángulos diferentes, según sea la latitud y época del año (Figura 2). Habrá mayor calor al ecuador por ser ahí donde inciden perpendicularmente, y al aumentar la latitud el calor disminuye debido a que los rayos solares se alejan de la perpendicularidad formando ángulos menores y mayores áreas iluminadas (figura 1).

FIGURA 1 Relación entre la tierra y el sol



Fuente: Castro 1993

FIGURA 2 Angulos de los rayos solares a diferentes latitudes

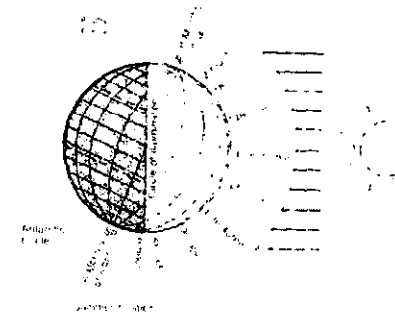


Fuente: Moran 1993

### 2.1.3.2 Movimiento de rotación

El sol únicamente ilumina la mitad de la tierra que está frente a él, mientras la otra mitad permanece oscura, originándose así el día y la noche (Figura 5). En este caso la cantidad de calor recibida depende de la duración del día que a su vez depende de la estación de año y de la latitud. Durante las estaciones del año se observa que el 21 de junio el día tiene mayor duración mientras que el 21 de diciembre se registra la noche más larga y sólo dos veces al año el 21 de marzo y el 23 de septiembre los días y las noches son de la misma duración. Con respecto a la latitud se sabe que de  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}$  la diferencia entre el día y la noche es sólo de 35 minutos, de los  $10^{\circ}$  a los  $23^{\circ}$  el día y la noche difieren en una hora 12 minutos mientras que de los  $23^{\circ}$  hasta los  $66^{\circ}$  las diferencias son de unas 24 horas y por arriba de los  $66^{\circ}$  son de 24 horas hasta seis meses del año (Figura 3 y 4).

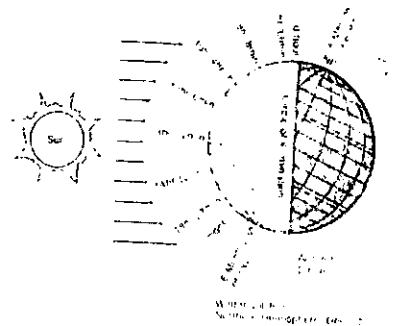
FIGURA 3 Solsticio de verano



DECUBO DE INVERNO

Fuente: Moran 1993

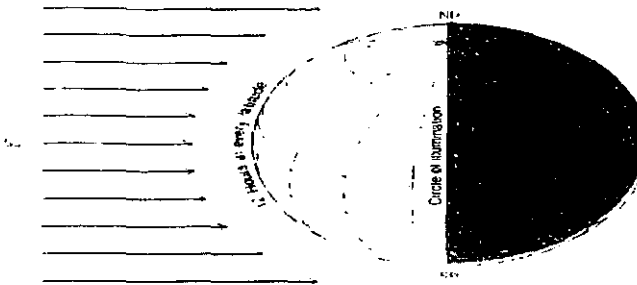
FIGURA 4: Solsticio de invierno



Fuente: Moran 1993



FIGURA 5 Iluminación del día y de la noche



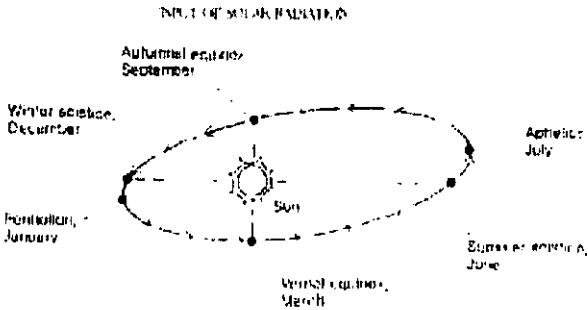
Fuente: Moran 1993

### 2.1.3.3 Movimiento de translación

El movimiento que realiza la tierra alrededor del sol describe una curva elíptica, tarda 365 días con 5 horas y 48 minutos a la velocidad de 30 km/seg. Por la trayectoria que sigue la tierra este recorrido, la cantidad d calor que recibe depende principalmente de la distancia que tenga con respecto al sol ya que no siempre es la misma; por lo tanto el calor recibido también es variable, originándose por esto las cuatro estaciones del año. Al pasar la tierra por un punto llamado perihelio se encontrará a la mínima distancia que es de  $147 \times 10^6$  km y será máxima cuando pase por el punto llamado afelio siendo la distancia en este caso de  $152 \times 10^6$  km (figura 6)

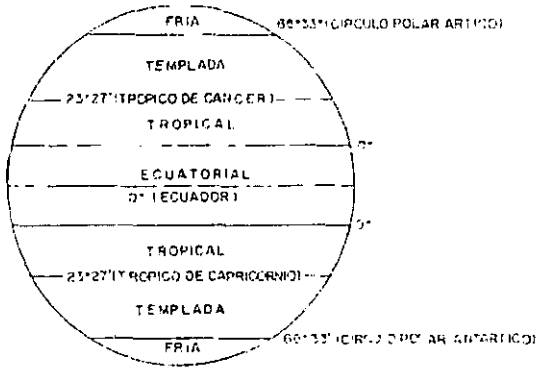
Estas diferencias de calor que aparecen sobre la superficie de la tierra también originan las diferencias en la distribución de las temperaturas dando como resultado las diferentes zonas térmicas o climas astronómicos que existen en el mundo (Figura 7). (Castro 1993).

Figura 6. Estaciones del año (afelio y perihelio)



Fuente: Moran 1993

Figura 7. Zonas térmicas



Fuente: Castro 1993

#### 2.1.3.4 Altitud solar

Se le llama altitud solar cuando el ángulo de el sol esta por encima del horizonte, influenciando la intensidad de la radiación solar. Por intensidad se refiere a la cantidad de energía notable o que pasa a través de un área en una unidad de tiempo.

Los cambios de intensidad de radiación solar recibida por la superficie de la tierra son en respuesta a la altitud solar. Como se muestra en la figura 2 al medio día el sol esta directamente encima (altitud solar de 90°). Esto implica que a esta hora, medio día la intensidad de los rayos es mayor, por lo tanto el calentamiento de un área determinada aumenta.

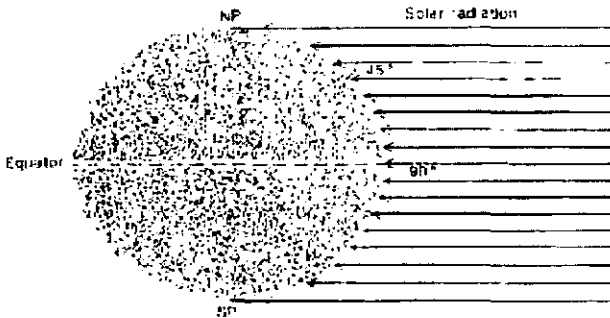
El sol cambia de posición bajo el cielo, la altitud decrece y la radiación solar se extiende sobre una gran área de la tierra, de esta manera baja la intensidad de la radiación en la superficie. La altitud solar y la intensidad de radiación solar varían por la latitud.

La altitud solar también influye en la interacción entre la insolación y la atmósfera. Con la altitud solar decreciente el camino de los rayos se alargan al atravesar la atmósfera (Figura 8).

Como el camino se alarga, los componentes de los gases y aerosoles de la atmósfera interactúan más con la radiación, esta se debilita como resultado de la interacción.

Si bien la altitud solar tiene una importante influencia en la intensidad de la radiación solar en la superficie terrestre, es notable que la duración del día afecta a la cantidad total de energía recibida. Por alguna intensidad específica de radiación solar, esas áreas de la tierra con más horas de luz, reciben más energía de la total (Longley R.W 1993)

FIGURA 8. Altitud solar



Fuente: Moran 1993

## 2.1.4 La radiación solar y la atmósfera

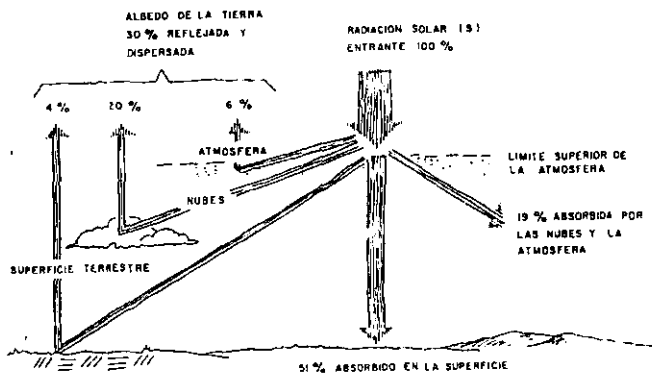
### 2.1.4.1 Constante solar

A la cantidad de energía que se recibe por minuto en una superficie normal a los rayos solares de un  $\text{cm}^2$  en el límite superior de la atmósfera y a la distancia media entre la tierra y el sol se le conoce con el nombre de constante solar "S". Supuestamente permanecía invariable a través de los siglos; sin embargo, actualmente se ha comprobado que en realidad el valor de la constante solar de  $1.94 \text{ calorías/min/cm}^2$ , no es constante ya que se ha descubierto que varía en 1.5% en relación con la actividad que presenta el sol y en un 3.5% en relación con la distancia que existe del sol a la tierra.

Si se considera como "S" al 100% de la radiación solar incidente en el límite superior de la atmósfera, se observará (figura 9), que no llega toda a la superficie debido a que la atmósfera actúa sobre ella produciendo distintos fenómenos básicos como son: absorción, reflexión, dispersión y transmisión.

En base a la figura 9, se observa que de las 100 unidades de radiación solar que penetran en la atmósfera, 30 son devueltas al espacio por reflexión y dispersión, fenómenos que ocurren sobre las partículas gaseosas líquidas y sólidas; 19 son usadas para calentar la atmósfera y las 51 unidades restantes llegan a la tierra y son absorbidas por la superficie terrestre.

FIGURA 9 Variación de la radiación solar a su paso por la atm.



Fuente: Castro 1993

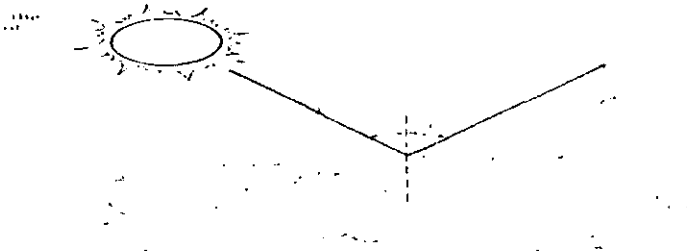
### 2.1.4.1.1 Absorción

Es el proceso por el cual cierta cantidad de radiación penetra en un cuerpo y se transforma en energía térmica, y aumenta la temperatura del mismo. Se cuantifica por medio del coeficiente de absorción ( $a$ ), que indica la fracción de radiación incidente que es absorbida por el cuerpo y toma un valor de cero a uno. (Castro 1993)

### 2.1.4.1.2 Reflexión

Se produce cuando al incidir una radiación sobre un cuerpo es desviado o devuelto, sin modificar sus características (Castro 1993). La reflexión o reflejo ocurre en la interfase entre dos diferentes medios, como son el aire y las nubes (figura 10), el ángulo de radiación incidente ( $i$ ) es igual al ángulo de radiación reflejada ( $r$ ) (Longley R.W 1993).

FIGURA 10 Reflexión provocada por las nubes



Fuente: Moran 1993

### 2.1.4.1.3 Albedo

Es el término que expresa la reflectividad de un cuerpo, con respecto a la radiación solar (Castro, 1993). La fracción de radiación incidente que es reflejada por una superficie (o interfase) es el albedo de esa misma, que es:

$$\text{Albedo} = \frac{\text{Radiación reflejada}}{\text{Radiación incidente}}$$

En donde albedo esta expresado como una fracción o un porcentaje. Dentro de la atmósfera, las partes de arriba de las nubes son los más importantes reflectores de la insolación.

#### **2.1.4.1.4 Dispersión**

Es la salida de la radiación en todas las direcciones, arriba, abajo y a los lados. Actualmente la reflexión es un caso especial de dispersión. En la atmósfera gases y aerosoles esparcen la radiación solar pero con algunas importantes diferencias (Longley R. W. 1993).

#### **2.1.4.1.5 Transmisión**

Consiste en el paso directo de la radiación solar que llega desde el límite superior de la atmósfera hasta la superficie terrestre, sin que sea devuelta o desviada.

El coeficiente de transmisión (T), indica la fracción de la radiación incidente que es transmitida; adopta también valores de cero a uno. (Castro, 1993)

### **2.1.5 Leyes de la radiación**

Este tema pertenece a la meteorología en general, sin embargo en algunas ocasiones es necesario tener presente algunas leyes para apoyarnos en ellas; de acuerdo con Romo y Arteaga (1989) se tienen las siguientes:

#### **a) Ley de Planck**

La energía emitida por un cuerpo negro es una función de su temperatura y de la longitud de onda que en la radiación se procesa.

#### **b) Ley de Stefan-Boltzmann**

Esta ley establece que la cantidad total de energía emitida por un cuerpo negro, en todas las longitudes de onda, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.

c) Ley de Kirchhoff

La capacidad de absorción de un material es igual a su poder de emisión para una misma longitud de onda a igual temperatura.

d) Ley de Wien

Existe una razón inversamente proporcional entre la temperatura de un cuerpo negro y la longitud de onda del punto de máxima emisión de energía, es decir,

La radiación máxima de energía se efectúa en una onda, cuya longitud es inversamente proporcional a la temperatura del cuerpo.

e) Ley de Bouguer

La intensidad calorífica de una radiación que atraviesa un medio transparente, decrece en progresión geométrica cuando la masa atravesada crece en progresión aritmética.

f) Ley del coseno de la oblicuidad

La intensidad calorífica recibida varía proporcionalmente al coseno del ángulo que forman el plano considerado y el plano perpendicular a los rayos solares.

Estas dos últimas dos leyes pueden sumar e intensificar sus efectos. Se consideran las más importantes para la agricultura pues explican la diferente intensidad de la radiación solar a diferentes latitudes. (Arenas, 1996)

### 2.1.6 Insolación de la República Mexicana

En la República Mexicana los valores diarios en un día sin nubes, en verano, varía de 500 cal-g/cm<sup>2</sup> a 700 cal-g/cm<sup>2</sup>.

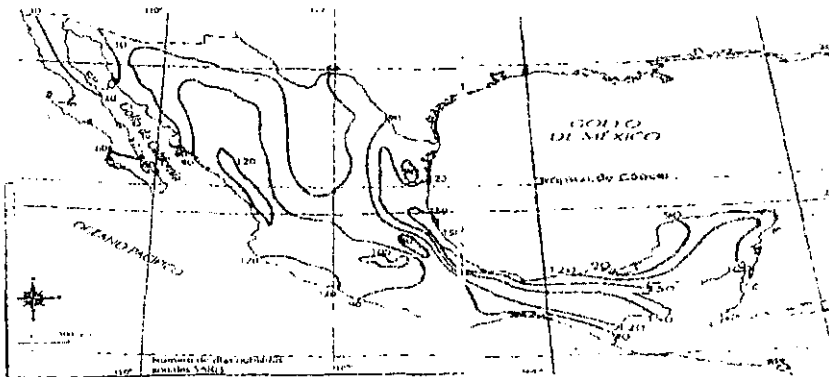
La insolación es el lapso durante el cual los rayos solares calientan la superficie terrestre. Para conocer la distribución de este fenómeno en la República Mexicana debe tenerse en cuenta el número de días despejados y nublados que se registran anualmente en todo el territorio.

La mayor insolación se registra en el NW y N de la República, principalmente en los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua. Disminuye hacia la altiplanicie y es menor en la costa de Golfo de México, donde el número de días nublados es elevado.

Se calcula que en 15 minutos el sol irradia tanta energía como la que consume la humanidad en un año; los países que más han avanzado en la investigación del aprovechamiento de la energía solar son Francia, Estados Unidos, Alemania, Japón, China e Israel.

México es uno de los países que están avanzando en el uso de energía solar. En la evaluación de su potencial, los estados de Baja California, Chihuahua y Sonora son los más favorecidos. Se han hecho varias instalaciones, con gran éxito, en comunidades rurales, debido a que su tecnología es muy sencilla y permite utilizar un recurso disponible en la región y que no contamina. (Ayllón T. 1996)

MAPA 1 Días nublados en la República Mexicana



Fuente: Ayllón 1996



## MAPA 2 Días de insolación en la República Mexicana



Fuente: Ayllón 1996

### 2.1.7 Colectores solares

La historia muestra que desde hace siglos el hombre ha tratado de aprovechar la energía solar, pero fue hasta la década de 1970 cuando se incrementó el desarrollo de distintos sistemas para la captación y aprovechamiento de ésta. (Manrique, 1984)

La energía solar se puede aprovechar en forma directa y también en forma indirecta a través de un medio auxiliar. Los métodos más usuales de aprovechamiento directo son: conversión fototérmica (conversión de la energía solar en calor) y fotovoltaica (conversión de la energía solar en eléctrica). El aprovechamiento indirecto de la energía solar se hace bajo el método de conversión fotosintética. (Fuentes, 1989)

De acuerdo con López (1990), la palabra fototérmica se usa para describir el tipo de aplicaciones en las cuales se aprovechan la conversión de energía solar en energía calorífica para luego usar esta concentración de calor como fuente energética.

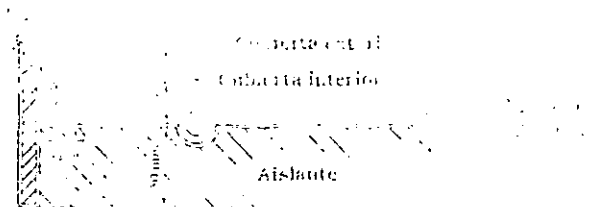
Los dispositivos utilizados para tal fin son los colectores solares que a su vez se dividen en planos y de enfoque o concentradores. Los primeros utilizan energía directa del sol y operan a temperaturas menores que los de enfoque, los cuales como su nombre lo indican enfocan la radiación incidente en áreas pequeñas lo que resulta en un aumento considerable en la producción de calor.

Los colectores solares planos son generalmente fijos, aprovechan la radiación solar directa y difusa y se emplean en situaciones que no requieren temperaturas mayores a 100°C. Los de enfoque cuentan con mecanismos para seguir el movimiento del sol, ya que solo aprovechan la radiación directa y pueden alcanzar temperaturas más altas. (Castellanos y Escobedo, 1980)

Un colector plano es un dispositivo que consta de una placa absorbedora, un cajón contenedor, una o varias cubiertas transparentes y material de aislamiento alrededor del cajón. Algunos modelos podrían tener otros elementos como por ejemplo, tuberías para el fluido que se ha de calentar, figura 11. (Arenas, 1996). Los colectores planos encuentran múltiples aplicaciones en distintos procesos de conversión de la energía solar. Aun cuando están limitados a temperaturas de operación inferiores a 100° C. Aproximadamente; entre sus ventajas en comparación con los de enfoque es que aprovechan la radiación tanto directa como la reflejada y la difusa, no necesitan de un seguimiento continuo del sol, pueden constituir una parte integral del techo en algunas edificaciones, puede ocuparse en los días nublados (radiación difusa), y es relativamente nulo su mantenimiento. (Manrique, 1984)

Si la cubierta es de vidrio es preferible no usar vidrio con alto contenido de hierro, el cual se caracteriza por un notable color verdoso, ya que absorberá un mayor porcentaje de radiación incidente. (López, 1990)

Figura 11. Corte transversal de un colector plano con dos cubiertas de vidrio



La radiación solar que llega a la cubierta es transmitida hasta en un 90% (si se elige un buen transmisor selectivo) al interior del colector, mientras que el resto es absorbida o reflejada. Conforme la radiación llega a la placa absorbedora, la temperatura de ésta se eleva y emite radiaciones en longitudes de onda que se transmiten a través de la cubierta. Esta energía es absorbida en su mayoría por la cubierta y reemitida en todas direcciones: parte hacia el exterior y parte de nuevo hacia la placa absorbedora. El calor atrapado por la placa se transfiere al fluido que circula entre la cubierta y la placa absorbedora u por la tubería adicionada. Cabe recalcar que una adecuada orientación de la placa absorbedora permite una mayor captación de la energía solar disponible. (Castellanos y Escobedo, 1980)

### 2.1.8 Secadores solares

Existen tres tipos de secadores solares: uno, bastante simple, que consiste en un caja pintada de negro en su interior cubierto con plástico o vidrio, sirve para pequeñas cantidades de frutas y hortalizas. Un segundo, de mayor tamaño en que caben tres bandejas para secados en volúmenes mayores. Y un tercer tipo para secar granos, hortalizas y frutas en cantidades apreciables.

El proceso tradicional de deshidratar frutas y hortalizas consistía en exponerlas sobre un techo o plancha al viento y calor solar al aire libre. La desventaja de este proceso era la contaminación del producto por polvo, ataque de insectos y otros animales, lluvias repentinas o deterioro por los rayos ultravioleta del sol.

Los secadores solares evitan estos problemas al proteger los productos dentro de una caja cubierta con polietileno transparente o vidrio, permitiendo, a la vez, la entrada del aire para que el líquido contenido en el producto se vaya evaporando.

El tipo más simple consiste en un cajón pintado de negro mate, para captar el calor. Se le aísla por todos los lados. En la parte superior de un costado y en la parte inferior del otro costado se hacen orificios para la circulación del aire. Se arma una bandeja con una malla mosquitera, la que no debe quedar pegada al aislante del cajón. Por último se cubre el secador con plástico o vidrio.

Para éste como para otros tipos de secadores se debe tener en cuenta que la temperatura no sobrepase los 70 °C para evitar la destrucción de vitaminas y proteínas; que el flujo del aire no sea demasiado grande para que no se enfríe el producto y se paralice la

evaporación; y que si algunos frutos tienen corteza muy dura hay que pincharla para apresurar la desecación.

Un segundo tipo de secador es un cajón alto con costados en forma de triángulo rectángulo, donde puedan caber 3 ó 4 bandejas rectangulares. Sirve para secar frutas, verduras, hierbas medicinales, condimentos, cereales y leguminosas. El interior está pintado de negro, la puerta de entrada de las bandejas está ubicada atrás, los orificios de entrada de aire en la lata o plástico negro que cubre el fondo del secador. La cubierta colocada hacia el sol puede ser de plástico ó vidrio.

El secador conviene colocarlo sobre una mesa, pero con suficiente espacio para que circule el aire por debajo del secador. Las patas de la mesa deben quedar metidas en envases con agua para impedir el paso de las hormigas.

El tercer tipo de secador es más grande y consta de un colector solar y una cámara de secado donde se ubican las bandejas. El colector se ubica aprovechando una pendiente del terreno para captar mejor los rayos solares; se utiliza un elemento poroso en el interior que guarde el calor y se cubre con vidrio. La estructura exterior del colector y de la cámara de secado se puede construir de adobe o madera con barro. En el fondo y para separar la cámara del colector se coloca una rejilla. El acceso a la cámara es por atrás y el techo de la misma esta formada por varas que permiten el flujo de aire. Sobre este techo se ubica un deflector de viento, con el objeto de pasar una lámina de aire por los orificios de salida. Por efecto venturi aumenta el flujo del aire entre las bandejas, impidiendo las altas temperaturas al interior de la cámara y permitiendo una evaporación rápida del agua de las frutas y hortalizas. (Serrano 2001)

El diseño va de acuerdo a las necesidades y sobre todo a los recursos disponibles de cada lugar. Claro ejemplo es el modelo que se desarrolla en un proyecto Salvadoreño-Alemán, el cual puede ser económico y eficiente. La simplicidad lo hace accesible a cualquier lugar donde haya sol y ganas de trabajar.

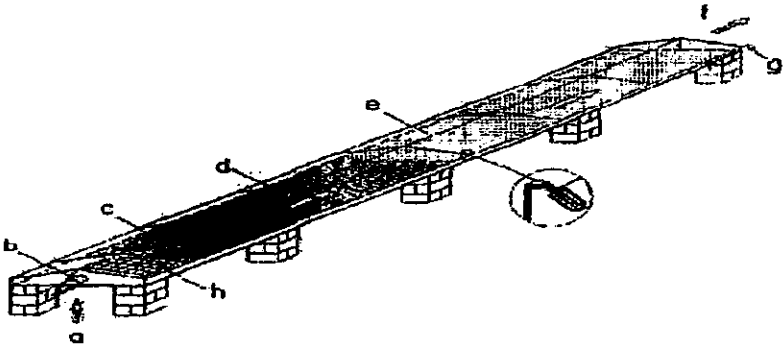
Los componentes de este deshidratador son los siguientes:

- Área de ventilación: dos ventiladores, voltaje 20-50 watts, velocidad del aire 400-1000 m<sup>3</sup>/h.
- Área de recolección de energía solar: largo 8m, compuesta de panel de aislamiento, absorbedor de calor (lámina con pintura negra resistente a altas temperaturas) y cubierta plástica transparente.

- Área de deshidratación: largo 10m, con panel de aislamiento y con cobertura transparente resistente a radiaciones UV (hoja de 0.6 mm).

En la figura 12 se muestra el deshidratador de forma esquematizada y en la figura 13 el proceso que sigue este mismo deshidratador.

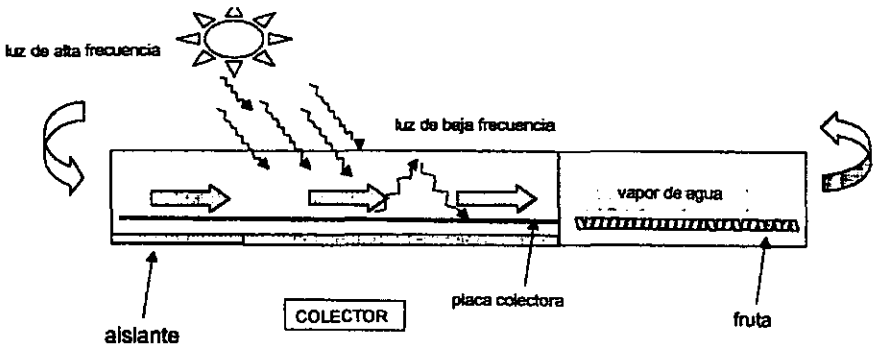
Figura 12. Esquema de un deshidratador solar



- |   |                   |   |                        |
|---|-------------------|---|------------------------|
| a | entrada del aire  | e | sección del secado     |
| b | ventilador        | f | salida del aire        |
| c | armazón           | g | herramienta para abrir |
| d | colector del aire |   |                        |

Fuente: Proyecto Salvadoreño-Alemán

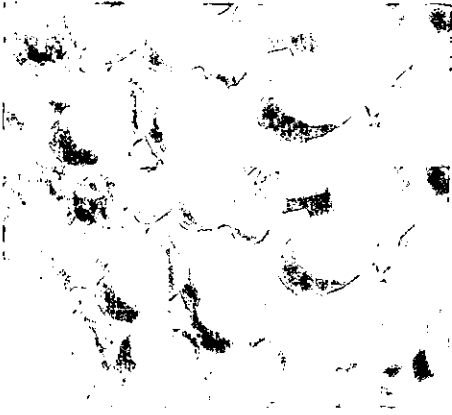
Figura 13 Proceso de deshidratado solar



Fuente: Proyecto Salvadoreño-Alemán

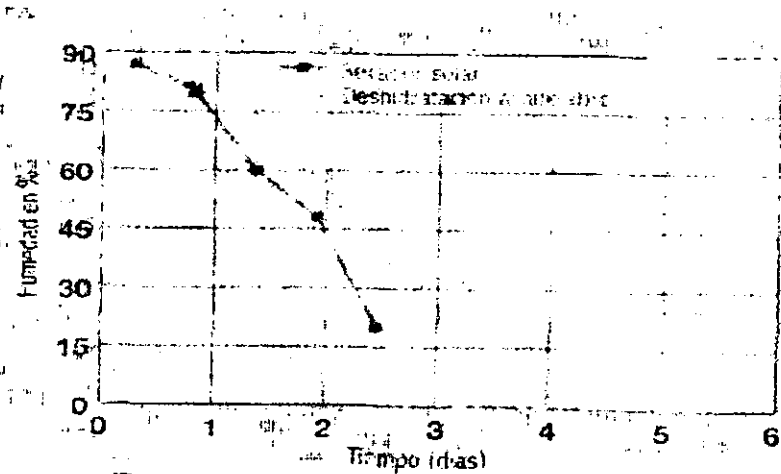
La utilización de estas máquinas nos puede dar resultados más benéficos tanto en tiempo como en calidad, en la figura 14 se muestra la diferencia entre un producto (durazno), secado al aire libre y otro secado en el deshidratador mostrado anteriormente. La gráfica 1 también demuestra la eficiencia en cuanto a tiempo comparado con el secado a la intemperie.

Figura 14 Secado al aire libre vs. secador solar



Fuente: Proyecto Salvadoreño-Alemán.

Gráfica 1 Comparación del tiempo de secado



Fuente Proyecto Salvadoreño-Alemán.

## **2.2 FACTORES IMPORTANTES EN EL DESHIDRATADO**

Se ha determinado que cada material tiene su comportamiento específico ante el proceso de secado y también se conocen que temperaturas son las que pueden soportar, sin llegar a sufrir algún daño en su estructura o en sus propiedades. (Muñoz, 1995)

Cualquiera que sea el método de secado empleado, la deshidratación de un alimento consta de la introducción del calor al producto; y la extracción de humedad del producto. Alvarez y García (1997), mencionan que estas dos etapas no son siempre favorecidas por las condiciones de operación que a continuación se enuncian.

### **2.2.1 Área de superficie**

Generalmente subdividimos el alimento a deshidratar en piezas pequeñas o capas delgadas a fin, de acelerar la transmisión de calor y transferencia de masa. La subdivisión acelera el secado por dos razones. 1) Una mayor área de superficie proporciona más superficie de contacto con el medio de calentamiento consecuentemente mayor pérdida de humedad. 2) Las partículas más pequeñas o capas más delgadas reducen la distancia que el calor tiene que correr hasta el centro del alimento, y reduce la distancia que la humedad en el centro del alimento tiene que correr a fin de llegar a la superficie y escapar.

### **2.2.2 Temperatura**

Cuando mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, la cual proporciona la fuerza impulsora para la eliminación de humedad. Cuando el medio de calentamiento es aire, la temperatura desempeña también un segundo papel importante. A medida que el agua es expulsada del alimento en forma de vapor de agua, tiene que ser alejada, ya que de otra manera, la humedad crearía en la superficie del alimento una atmósfera saturada, que disminuiría la velocidad de la eliminación subsecuente de agua. Cuanto más caliente está el aire, más humedad podrá absorber antes de saturarse. De este modo, el aire de temperatura elevada que se encuentra a la proximidad del alimento en proceso de deshidratación recogerá la humedad expulsada de éste en mayor grado que el aire más fresco.

### **2.2.3 Velocidad del aire**

El aire caliente recoge más humedad que el aire fresco, pero el aire en movimiento es más efectivo todavía. El aire a alta velocidad, además de recoger la humedad, la barre de la superficie del alimento, previniendo la creación de una atmósfera saturada que disminuirá la velocidad de la eliminación subsecuente de humedad.

### **2.2.4 Sequedad del aire**

Cuando el aire es el medio de secado, cuanto más seco este, mayor será la velocidad del proceso. El aire seco tiene la característica de absorber y retener la humedad. El aire húmedo está más cerca del punto de saturación y, por lo tanto, puede absorber y retener menos humedad adicional que si estuviera seco.

Pero la sequedad del aire determina también hasta que punto se puede bajar el contenido de humedad del alimento mediante la deshidratación. Los alimentos deshidratados son higroscópicos. Cada alimento tiene su propia humedad relativa de equilibrio.

### **2.2.5 Presión atmosférica y vacío**

Cuando la presión atmosférica está a 760 mmHg, el agua hierve a 100 °C. A cualquier presión más baja que la atmosférica, la ebullición tiene lugar a una temperatura más baja, y cuanto más baja sea la presión, más baja será esa temperatura. Si se mantiene una temperatura constante, a medida que reducimos la presión, la ebullición prosigue a una velocidad cada vez más rápida. Es muy importante emplear temperaturas más bajas durante periodos más cortos al secar alimentos que son sensibles al calor.

### **2.2.6 Evaporación y temperatura**

A medida que el agua se evapora de una superficie, la enfría. El enfriamiento es en gran parte el resultado de la absorción por el agua del calor latente proveniente del cambio de líquido a gas, es decir, el calor de vaporización al hacer el cambio de agua a vapor de agua. En este proceso, el calor se elimina del aire empleado para secar o de la superficie empleada para calentar, lo mismo que del alimento caliente, de manera que la pieza o gota de alimento se enfría.



### 2.3 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL DESHIDRATADO CON CORRIENTE DE AIRE

Un producto con alto contenido de humedad es objeto de rápido deterioro bajo influencia de la temperatura, la fruta seca sufre cambios químicos y ataque de insectos. Sin embargo, el enemigo principal de estos productos son los hongos. Por lo que el objeto principal del deshidratado es reducir el contenido de humedad hasta un nivel seguro para su conservación. (Southgate, 1992)

Los microorganismos como las enzimas necesitan agua para mantener su actividad, la conservación de alimentos por desecación se basa en este hecho. Para conservar los alimentos por este método se intenta hacer descender el contenido de humedad de los alimentos hasta el grado en el que queden inhibidas las actividades de los microorganismos causantes de alteraciones y toxiinfecciones alimenticias. Los alimentos secos o de bajo contenido de humedad (LM) son aquellos en que su contenido en agua no es más del 25% y tienen una actividad de agua  $A_w^{**}$  entre 0,00 y 0,60.

Como es sabido, las bacterias necesitan altos niveles de humedad para su crecimiento, necesitando algo menos las levaduras y todavía un nivel más bajo los hongos. Ya que la mayoría de las bacterias necesitan valores de  $A_w$  por sobre 0,90 se puede conseguir que estos organismos dejen de tener un papel en el deterioro de los alimentos deshidratados. Respecto a la estabilidad de los alimentos deshidratados se ha informado que con valores de  $A_w$  entre 0,80 y 0,85 se producen alteraciones originadas por varias especies de hongos en 1 a 2 semanas. Con valores de 0,75 se retrasa el deterioro, existiendo pocas clases de microorganismos en los productos alterados. Con valores de  $A_w$  de 0,70 el retraso de aparición de alteraciones es muy marcado, y pueden dejar de presentarse durante largos periodos. Con valores de 0,65 crecen muy pocos organismos y es improbable que tenga lugar la aparición de deterioro antes de dos años. Algunos autores consideran que los alimentos deshidratados elaborados con valores de  $A_w$  entre 0,65 a 0,75 se conservan durante varios años, con una cifra de 0,70 como más adecuada.

Valores mínimos de  $A_w$  señalados para la germinación y crecimiento de levaduras y hongos productores de alteraciones en diversos alimentos.

\*\*  $A_w$  Activation water

TABLA 1: NIVELES DE Aw (Activation water)

Microorganismo	Aw
<i>Candida utilis</i>	0.94
<i>Botrytis cinerea</i>	0.93
<i>Rhizopus stolonifer (nigricans)</i>	0.93
<i>Mucor spinosus</i>	0.93
<i>Candida scottii</i>	0.92
<i>Trichosporum pullulans</i>	0.91
<i>Candida zeylanoides</i>	0.90
<i>Saccharomyces rouxii</i>	0.90
<i>Endomyces vernalis</i>	0.89
<i>Alternaria citri</i>	0.84
<i>Aspergillus glaucus</i>	0.70
<i>Aspergillus echinulatus</i>	0.64
<i>Saccharomyces rouxii</i>	0.62

FUENTE: GAHONA 2001

A niveles de Aw de alrededor de 0,90, los organismos que mejor crecen son las levaduras y hongos, encontrándose este valor próximo al mínimo en la mayoría de las levaduras normales. Se ha señalado que las levaduras osmofílicas, crecen en determinadas condiciones en Aw de 0,65. Los hongos son los microorganismos que presentan más problemas en los alimentos desecados, siendo el grupo del *Aspergillus glaucus* el más frecuente, aun con valores de Aw bajos.

Se ha sugerido que el contenido en "agua de alarma" puede constituir una norma para conocer la estabilidad del almacenamiento. El contenido en agua de alarma, es la cantidad de agua que no se debe rebasar, si se quiere evitar el crecimiento de hongos.

Estos valores se deben manejar con cuidado, puesto que en algunos casos el aumento de un 1% puede ser desastroso. Para el caso de vegetales deshidratados este contenido de agua de alarma es de 14 a 20%, y para frutas deshidratadas es de 18 a 25%. En liofilizados la regla empírica es reducir el contenido de agua hasta un 2%.

Aunque la desecación destruye ciertos microorganismos, las endosporas bacterianas, levaduras y hongos y muchas bacterias gram positivas y gram negativas pueden resistir el proceso.

Los alimentos desecados, en ausencia de crecimiento de microorganismos, están sujetos a ciertos cambios químicos, que pueden hacerles poco apetecibles. Los alimentos deseados que contienen grasa y oxígeno, sufren con frecuencia el enranciamiento oxidativo

como forma más frecuente de alteración química. Los alimentos que tienen azúcares reductores sufren un cambio de coloración conocido como reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático. Esta alteración es indeseable por completo, para las frutas y vegetales, no sólo por su color anti natural sino también por el gusto amargo que toman los alimentos afectados.

Otros cambios químicos que tiene lugar en los alimentos deshidratados son la pérdida de vitamina C en vegetales, decoloraciones generalizadas y cambios estructurales que impiden la completa rehidratación de los productos deshidratados, así como el endurecimiento de los productos cocidos al ser rehidratados.

Las condiciones que favorecen uno o más de los cambios que se han citado en los alimentos deshidratados favorecen, en general, todos, de suerte que las medidas preventivas frente a uno son eficaces en diferente grado frente a los otros, al menos se han citado cuatro métodos para hacer mínimo los cambios químicos.

1. Mantener el contenido de humedad lo más bajo posible. A modo de ejemplo se ha citado que reducir el contenido de humedad de la col de 5% a 3% duplica la duración en almacenamiento a 37°C.
2. Reducir todo lo posible el nivel de azúcares reductores. Además, estos componentes se ven directamente involucrados en el pardeamiento no enzimático y se ha demostrado que su disminución aumenta la estabilidad de la conservación.
3. Al realizar el blanqueo o escaldado, el agua utilizada debe mantenerse con un contenido bajo en sólidos solubles. El blanqueo en serie de los vegetales en la misma agua aumenta las posibilidades de pardeamiento. La explicación radica que en los diversos solutos extraídos, posiblemente azúcares reductores y aminoácidos impregnan la superficie de los productos tratados con dosis relativamente altas.
4. Empleo de dióxido de azufre. El tratamiento de los vegetales antes de la deshidratación con este gas protege a la vitamina C y retarda la reacción de pardeamiento. No se conoce bien el mecanismo mediante el cual este gas retarda la reacción de pardeamiento, aunque al parecer no se debe al bloqueo de los grupos reductores de las hexosas.

Una de las más importantes consideraciones para prevenir las alteraciones por hongos de los alimentos deshidratados se refiere a la humedad relativa del medio en que se

almacenan. Los alimentos desecados, cuando se envasan en condiciones inadecuadas o cuando se almacenan con humedades relativas elevadas, captan humedad de la atmósfera hasta que se establece el correspondiente equilibrio. Ya que la primera zona del producto que capta humedad es la superficie, casi siempre el deterioro será efectuado por hongos, puesto que a causa de sus necesidades por oxígeno el crecimiento superficial es característico de los hongos. (Gahona 2001)

### **2.3.1 Funciones del aire en el deshidratado**

El aire usado como medio de secado en el proceso de deshidratación tiene dos funciones:

- 1) Extraer la humedad que se evapora del producto a deshidratar.
- 2) Proporcionar calor para la evaporación de la humedad.

Las dos funciones son importantes, pero la segunda es relativamente mayor, ya que es la que limita el deshidratado.

El aire que pasa a través del producto húmedo recoge el agua, la evaporación enfría el aire y el producto, el calor necesario para la evaporación del agua viene del desprendimiento de temperatura del aire. La evaporación no puede efectuarse sin una baja simultánea de temperatura. Sin embargo hay un límite de la cantidad de calor que puede desprender el aire, este límite es impuesto por la cantidad de agua que contiene el aire. (Gil, 1990)

### 2.3.2 Humedad relativa

Hay establecido un límite para la cantidad de agua que puede contener un metro cúbico de aire a cualquier temperatura, cuando el aire lleva toda la cantidad de agua que puede contener se dice que esta saturado. La cantidad de agua que el aire puede contener aumenta con el aumento de temperatura. Este hecho se ilustra en la tabla No. 2.

La tabla 2 nos indica, el incremento de temperatura del aire no sólo hace que se aumente su capacidad para contener humedad sino que lo hace en una proporción cada vez mayor.

**Tabla 2 Gramos de agua en un metro cúbico de aire.**

TEMPERATURA EN °C.	GRAMOS	TEMPERATURA EN °C.	GRAMOS
10	9.4	35	39.6
11	10.0	36	41.6
12	10.7	37	44.0
13	11.4	38	46.3
14	12.1	39	48.8
15	12.8	40	51.2
16	13.7	41	53.8
17	14.5	42	56.5
18	15.4	43	59.5
19	16.3	44	62.5
20	17.3	45	65.5
21	18.3	46	68.5
22	19.4	47	71.9
23	20.6	48	75.8
24	21.8	49	79.4
25	23.0	50	83.2
26	24.4	51	87.2
27	25.8	52	91.3
28	27.2	53	95.5
29	28.7	54	99.8
30	30.4	55	104.4
31	32.0	56	109.1
32	33.8	57	114.0
33	35.7	58	119.2
34	37.6	59	124.6
35	39.6	60	130.3

FUENTE: GIL, 1990

Humedad relativa es un término usado para la definir la cantidad de agua que contiene el aire. La humedad relativa se define como la relación que existe entre la cantidad de humedad que contiene el aire y la cantidad que puede contener para estar saturado a la misma temperatura. Esta se mide en porcentaje.

Ejemplo: Un metro cúbico de aire a 30°C. de temperatura que contiene 15.2 g. de agua está 50% saturado, esto es su humedad relativa es 50%.

Entre más baja sea la humedad relativa a una temperatura dada, más rápido será el proceso de secado que puede hacer a esa temperatura.

La temperatura del aire es más importante que la humedad relativa para la determinar el tiempo y la capacidad de secado.

### **2.3.3 Temperatura de bulbo húmedo**

Las temperaturas se toman ordinariamente con un termómetro común cuyo bulbo (punta) esta en contacto con el material al cual se quiere tomar su temperatura. La temperatura así obtenida se conoce como Temperatura de bulbo seco, y es la temperatura del material.

Ahora consideramos un termómetro idéntico, cuyo bulbo esta cubierto con una tela húmeda. La temperatura obtenida con este termómetro es inferior a la tomada con uno de bulbo seco, porque la humedad que se evapora alrededor del bulbo, lo enfría. El porcentaje de evaporación a una temperatura dada y por lo tanto el porcentaje de enfriamiento serán mayores cuando las humedades relativas sean menores. La temperatura de bulbo húmedo, así obtenida, suministra información importante para el deshidratado.

La humedad relativa del aire puede ser determinada fácilmente anotando las temperaturas del bulbo seco y del bulbo húmedo, en la tabla psicrométrica y siguiendo las líneas de éstas temperaturas hasta su intersección. Las temperaturas de bulbo húmedo pueden proporcionar información más importante. Pueden indicarnos la cantidad máxima de calor que podemos agregar a una cantidad de aire con una HR, y temperatura dada y que puede ser útil para el deshidratado, o de otra manera, la cantidad máxima de agua que una cantidad de aire puede evaporar del producto (fruta).

### **2.3.4 Punto de rocío**

El punto de condensación es otra de las lecturas importantes que deben hacerse al aire húmedo. El punto de condensación se define como la temperatura a la cual el aire húmedo puede ser bajado para aumentar su humedad relativa al 100%.

Ejemplo: Aire con 30.4 g. de agua por metro cúbico de aire (tabla 2). Este aire puede tener 35°C de temperatura, 40°C de temperatura o cualquier temperatura arriba de 30°C, esto no importa puesto que el punto de condensación para todo el aire que contenga 30.4 g. de agua por metro cúbico de aire, cualquiera que sea su temperatura y consecuentemente su humedad relativa, es de 30°C la temperatura a la cual ese aire está totalmente saturado.

Si la temperatura del aire es inferior al punto de condensación, la humedad se precipita. Este hecho es de considerable importancia en el deshidratado con aire.

### **2.3.5 Como se produce el deshidratado de la fruta**

Cuando se hace pasar el aire a través del producto a deshidratar, éste no se seca uniformemente al mismo tiempo. De hecho, toda la fruta en el deshidratador se puede considerar que está en tres zonas:

- a) Zona seca o de menor tiempo de secado.
- b) Zona secándose.
- c) Zona húmeda.

A medida que entra el aire a la masa de secado, la región más cercana a la entrada se seca primero (zona seca). Posteriormente el aire pasa por las distintas zonas de las cuales toma humedad del producto hasta saturarse; por tal motivo es conveniente hacer una rotación de la fruta que se desea deshidratar, retirando las charolas con la fruta ya seca y, recorriendo la fruta de la zona secándose hacia la zona seca y la que se encuentra en la zona húmeda hacia la zona secándose e introducir nueva fruta a la zona húmeda y así sucesivamente (Gil, 1990).

## **2.4 GENERALIDADES DE LAS HORTALIZAS Y FRUTAS DESHIDRATADAS**

### **2.4.1 Historia de la deshidratación**

En lo referente al término deshidratación se considera que es el secado artificial, es decir: consiste en la eliminación de agua de los productos alimenticios con ayuda de algún implemento o equipo para este fin. (Desrosier, 1976)

El uso del calor de un fuego para secar alimentos fue descubierto independientemente por muchos hombres en el Nuevo y Viejo Mundo. El primer hombre, secó sus alimentos en sus refugios; los indios americanos precolombinos usaron el calor del fuego para secar los alimentos. Pero no fue hasta 1795 que se inventó el cuarto de deshidratación de aire caliente. El equipo de Masson y Challeet en Francia desarrolló un deshidratador de hortalizas, este consistía en hacer pasar un flujo de aire caliente (40.5 °C) sobre tajadas delgadas de hortalizas. (Desrosier, 1976). Actualmente se usan deshidratadores de bandejas; que consiste en un sistema de rejillas, una sobre de otra entre las cuales se hace circular aire a una temperatura constante y túneles de desecación; estos son tipos semicontínuos de desecadores que soportan el uso de bandejas acopladas a transportadores, estas unidades pasan al túnel que normalmente tiene una sección transversal rectangular, a través del cual se proyecta el aire. (Holdsworth, 1988).

El secado de diferentes materiales usando la radiación solar ha sido realizado desde tiempos remotos en todo el mundo. Usualmente el material que se desea secar es puesto sobre el piso, permitiendo que los rayos solares incidan sobre él, y removiéndolo periódicamente para obtener uniformidad en el secado.

Actualmente la aplicación más simple de la energía solar en el secado es captarla con un colector plano. la superficie captadora de la radiación se calentará y podrá transferir el calor a algún fluido, que funcionará como medio de secado. (Muñoz, 1995)

### **2.4.2 Deshidratación osmótica.**

La deshidratación osmótica es una técnica útil para la concentración de frutas y vegetales, en la cual se coloca el alimento sólido. Entero o en piezas, en soluciones acuosas de azúcar, sal o mezclas de esto de presión osmótica alta. Esto da origen al menos a dos flujos simultáneos a contra corriente: un importante flujo de agua del alimento hacia la solución y una transferencia simultanea de solutos de la solución hacia el alimento, ambos



flujos se deben a los gradientes de actividad de agua y de los solutos a través de la membrana. (Ortega, 1995)

En la situación osmótica ideal, una membrana semipermeable sería atravesada por las moléculas del soluto. En frutas o vegetales, las membranas tienen unidades biológicas, las cuales pueden dilatarse y extenderse bajo la influencia del crecimiento y aumento de la presión dentro de las células. Estas membranas celulares las cuales se componen principalmente de células parenquimatosas, dejan pasar libremente las moléculas de solvente a través de ellas pero también dejan el paso, aunque en menor proporción de algunas de las moléculas de soluto.

Durante la deshidratación osmótica también existe una merma de solutos propios del alimento (azúcares, ácidos orgánicos, minerales, sales, etc.) a través de la membrana. Aunque esto es cuantitativamente despreciable.

Por consiguiente comparada con simples procesos de secado, la deshidratación osmótica modifica al alimento, tanto por una disminución en el contenido de agua como por la incorporación de solutos, lo cual puede resultar en una subsiguiente pérdida de peso. (Ortega, 1995)

### **2.4.3 Pretratamientos para el deshidratado**

#### **2.4.3.1 Generalidades**

En el proceso de deshidratación de fruta existen elementos que no pueden ser controlados con el simple hecho de retirar la humedad o estos interfieren en el producto antes de iniciar el proceso como es el caso de las enzimas que son sustancias químicas complejas, generalmente proteínas, que aparecen en todos los organismos vivos y tejidos, y cuya función consiste en promover y controlar determinados procesos metabólicos. La acción de las enzimas determina en las plantas el oscurecimiento de las superficies cortadas de algunas frutas y hortalizas que adquieren un color castaño cuando quedan expuestas al aire. Con respecto a los microorganismos; las bacterias se reproducen rápidamente pueden duplicar su número en 20 minutos pudiendo provocar intoxicaciones si se consumen productos con presencia de éstas. Por otra parte las levaduras que son organismos unicelulares microscópicos, capaces de multiplicarse en un gran número de alimentos y crecen favorablemente en medios ácidos adquieren una gran importancia en productos

enlatados no siendo así en el deshidratado. Finalmente los hongos que son mayores y de estructura más compleja que las bacterias y levaduras; los hongos empiezan a crecer como un hilo fino conocido como hifa y según avanza su desarrollo estas hifas se entrelazan y forman micelios, que dan el aspecto característico de los alimentos “enmohecidos” en una etapa posterior se forman esporas que pueden ser pigmentadas y proporcionan al hongo su aspecto y color característico. La importancia de los hongos en la conservación de alimentos se debe principalmente a la alteración que provocan; deben rechazarse los alimentos enmohecidos. (Holdsworth, 1988)

Por lo antes mencionado es necesario hacer tratamientos previos al proceso de deshidratado de fruta y a continuación se mencionan:

#### **2.4.3.2 Lavado**

Toda fruta tendría que lavarse antes de secarla, siendo indispensable hacerlo por lo menos con aquella recogida del suelo. Para el lavado es corriente recurrir al procedimiento de rociar la fruta con la misma agua reciclada, lo que trae como consecuencia en vez de limpiar la fruta, ensuciarla más. Solo en caso de escasez deberá usarse este procedimiento, pero a condición de que al final se la enjuague con agua fresca para limpiarla del depósito de suciedad originado por el agua sucia reciclada.

El procedimiento bastante generalizado es pulverizar los árboles con productos arsenicales que puede dejar un resto de veneno en la piel de la fruta. Si bien la cantidad de tóxico adherida no es lo bastante grande para ocasionar un envenenamiento, sí puede llegar a ser causa de molestias crónicas.

Esta operación realizada por simple inmersión nunca rendirá el mismo resultado que una lavadora continua, sea esta del tipo de cangilones, o del tipo con rociadores y batidores húmedos de paño de goma.

### **2.4.3.3 Selección y saneado**

En la recolección constituye una buena norma el no recoger la fruta averiada ni tampoco la verde y la mohosa. Eliminando también la atacada por los insectos y la que esté demasiado sucia; se evitan así las pérdidas de tiempo en las sucesivas operaciones. Si la recolección se efectúa a destajo, como es costumbre en todas partes, no conviene confiar demasiado en el cuidado del recolector, y procede organizar una operación de escogido antes de pasar la fruta a las mesas cortadoras y antes del baño.

Si la fruta lo presenta pequeñas taras, estas se quitan a mano poniendo los desperdicios junto con la fruta desechada aparte, para no perjudicar la buena. Estos desechos pueden utilizarse para la extracción de alcohol ya que tiene azúcar. (Gahona 2001)

### **2.4.3.4 Azúcares.**

Los azúcares como: glucosa, sacarosa, lactosa y otros, se agregan a ciertos alimentos como edulcorantes. Si la concentración de estos materiales es lo bastante alta, como en los dulces, jarabes, la leche condensada, las jaleas, las mermeladas y la miel, actúan como preservativos. El efecto preservativo de los azúcares se debe a que: a) reducen la actividad del agua del alimento hasta el punto que es imposible el crecimiento microbiano y b) aumenta la presión osmótica de la solución provocando la plasmolisis de las células microbianas. Aunque es imposible el crecimiento, algunos microorganismos con sus esporas pueden sobrevivir durante períodos prolongados en altas concentraciones de azúcares, especialmente si hay poca o nada de agua presente. Ciertos microorganismos, en particular las levaduras osmofílicas y los hongos pueden crecer en superficies de alimentos muy azucarados, en especial, cuando la variación de la temperatura produce la acumulación de humedad sobre la superficie que puede tener un contenido de azúcar inferior al del producto. (Alvarez et al., 1997). En la deshidratación de fruta han obtenido buenos resultados con jarabe con concentraciones que varían entre 60 y 70 grados brix. (Olguín, 1988)

#### 2.4.3.5 Ácido cítrico y ácido ascórbico.

El ácido cítrico y el ácido ascórbico son compuestos muy efectivos para evitar el oscurecimiento enzimático, mientras permanecen impregnados en la superficie del producto, usualmente en el deshidratado de frutas se utiliza una solución compuesta de 1% de ácido cítrico y 2% de ácido ascórbico. (Medina, 1987)

#### 2.4.3.6 Sulfitación.

Los compuestos que contienen azufre son extremadamente útiles para la humanidad. El bióxido de azufre por siglos ha sido usado para la preservación de alimentos, principalmente en el tratamiento de alimentos de origen vegetal, siendo más efectivo contra los mohos y las levaduras, se usa en concentraciones de hasta 2000 ppm.

La sulfitación tiene por objetivo conservar el color y sabor natural del fruto, prolongar su conservación, retardar la pérdida de vitaminas "A" y "C" y contrarrestar el desarrollo de microorganismos e inclusive es efectivo en el control de insectos. (Desrosier, 1976)

*Sulfito.* Agente de blanqueo utilizado frecuentemente en tecnología alimentaria (vino blanco, frutas, verduras, etc.), que inhibe la formación de sustancias coloreadas durante el pardeamiento tanto enzimático como no enzimático. (Jean, 1990)

#### 2.4.3.7 Hidróxido de sodio (sosa cáustica).

La sosa cáustica es una sustancia incolora e higroscópica que se vende en el comercio en forma de trozos, hojuelas, granos o barras. Se disuelve en agua generando un fuerte desprendimiento de calor y la disolución acuosa se llama lejía. En el ámbito industrial, para las conservas, el pelado de las patatas, zanahorias, remolachas, nabos, apio, escorzoneras, melocotones, albaricoques, puede realizarse por vía química. La sosa y el carbonato sódico, antes utilizados a estos efectos, son actualmente reemplazados frecuentemente por otros agentes menos agresivos citados a continuación: Sustancias de pelado: hidróxido sódico-carbonato, -sódico-monoetanolamina, -fosfato-diamónico, trifosfato sódico.

La concentración para el baño de pelado, generalmente es de 1 a 3% de materias activas, el pH debe ser cercano a 8. La temperatura, (70 a 90°C), y la duración del baño de 5 a 10 minutos.

Un abundante aclarado con agua debe eliminar las sustancias de pelado y de tensoactivos. El contenido residual admitido en las frutas y hortalizas varía de 5 a 100 mg./kg. En el caso de las frutas destinadas a la conserva, el agua de aclarado ha de estar acidificada con ácido cítrico como antiséptico para llevar el pH por debajo de 4.5. (Alvarez, 1997)

#### **2.4.4 Frutas susceptibles al deshidratado.**

Cada fruta, cada hortaliza o planta tiene características propias, en consecuencia todas tiene parámetros de secado distinto, ejemplo de lo anterior es el aguacate y el olivo, por su alto contenido de aceite la extracción de agua es más tardada, u otro caso es el de aquellos frutos que tienen un gran contenido de semillas, en los cuales la recomendación es combinarlas con otro tipo de frutos carnosos, tal es el caso de las moras con semillas; otras que definitivamente no se recomienda deshidratar, son las frutas cítricas por ser jugosas y de pulpa con textura firme. Sin embargo, dependiendo de la forma en que será secado un fruto puede someterse a este proceso sin quitar la cáscara , tal es el caso de la guayaba, que no es recomendable para deshidratarse por su alto contenido de semillas, pero sin embargo, si se recomienda si no se le quita la piel y se combina con otro tipo de fruto, y así como estos casos, en la tabla 3 se muestra una lista de frutas susceptibles para el deshidratado, proporcionada por Susan Reynolds, M. S.(1999) en una consulta de Internet.

Tabla No. 3 Un vistazo a las frutas

FRUTA	SUSCEPTIBILIDAD PARA EL SECADO	SUSCEPTIBILIDAD PARA FRUTA CON PIEL
Manzana	Excelente	Excelente
Chabacano	Excelente	Excelente
Aguacate	No recomendable (1)	No recomendable
Plátano	Buena	Regular
Moras con semilla	No recomendable (2)	Excelente
Moras	Regular	Al menos que este combinado
Cerezas	Excelente	Excelente
Frutas cítricas	No recomendable (3)	Solo en combinación
Cítricos pelados	Excelente	Solo en combinación
Cocos	Excelente	Solo en combinación
Manzana silvestre	No recomendable (4)	Solo en combinación
Mora silvestre	Poco recomendable	Solo en combinación
Grosella	Buena	No recomendable
Dátiles	Excelente	Solo en combinación
Higo	Excelente	Solo en combinación
Uva	Excelente	Regular
Guayaba	No es recomendable (5)	Solo en combinación
Melón	Poco recomendable	No recomendable
Nectarinas	Excelente	Excelente
Olivo	No es recomendable (6)	No recomendable
Papaya	Bueno	Mejor en combinación
Durazno	Excelente	Excelente
Pera	Excelente	Excelente
Piña	Excelente	Excelente
Ciruela	Bueno	Bueno
Granada	No recomendable (7)	No recomendable
Ciruela pasa	Excelente	Excelente
Membrillo	No recomendable (8)	No recomendable
Riubarbo	Bueno (9)	Regular
Fresa	Regular	Excelente

1. - Alto contenido de grasa
2. - Un alto contenido de semillas y un porcentaje lento de secado
3. - Muy jugosa y una pulpa de textura firme
4. - Ágrica y muy pequeña; puede ser combinada con otras frutas de piel
5. - Grano carnoso lleno de semillas; combinada con otras frutas de piel
6. - Alto contenido de aceite. El sabor amargo es removido por un proceso largo.
7. - La pulpa esta llena de semillas.
8. - Un sabor ácido fuerte y pulpa dura. Combine con otras frutas de piel.
9. - Nunca consuma hojas estas contienen sales tóxicas de ácido exálico.

Fuente: Reynolds Susan (1999)

La forma de preparar un producto para deshidratar, va a depender de las características específicas de cada fruta o verdura; pero en general se siguen los siguientes pasos:

- Empiece por lavar la fruta. Para secar, las frutas pueden ser cortadas por la mitad o rebanadas. Algunas se dejan enteras, según sus características.
- Un corte uniforme y pelado se seca más rápido. Se puede dejar la cáscara en la fruta, pero tarda más en secarse.
- Las frutas enteras duran más tiempo en secarse. Es necesario inspeccionar o rajar la cáscara. Para pelar la fruta colóquela en agua hirviendo y después en agua fría así será más fácil.

En la tabla 4, se pueden ver las instrucciones para preparación de cada fruta.

**Tabla No. 4 Tratamientos previos para frutas secadas en casa.**

FRUTA	PREPARACION	HORAS DE SULFITADO	BLANQUEAR, ESCALDAR		OTROS
			Vapor (min.)	Pelado (min.)	
Manzana	Pelar y cortar en rodajas de aproximadamente 1/8" de grueso, retirar el centro (corazón)	3/4	3-5 dependiendo de la textura	10	Inmersión en solución de ácido ascórbico
Chabacano	Puede rebanarse si desca por la mitad	2	3-4	10	Inmersión en solución de ácido ascórbico
Plátanos	Use plátanos amarillos, sólidos o ligeramente cafés. Evite los plátanos magullados o sobremaduros. Pele y rebane el plátano en cruz				Mojar en miel Inmersión en ácido ascórbico Inmersión en sulfito
Bayas	Lave y seque las bayas con una capa de cera				Sumérjalas en agua hirviendo de 15-30 seg. Para pelar las cascara se sumerge en agua fría
Firme:	Moras y grosella				
Suave:	Zarzamoras y fresas				Sin tratamiento

Cerezas	Lave, seque y rebane cerezas maduras. Corte en mitad o déjelas enteras			10 para cerezas agrias	Inmersión durante 30 segundos en agua hirviendo (para pelar), cortar y rebanar
Higo	Seleccione fruta madura. La fruta no madura puede ponerse agria antes de secarse. Lave o limpie la fruta con un trapo húmedo. Puede dejarse entera o cortarse a la mitad				Entero: inmersión en agua hirviendo por 30 segundos para retirar la cascara, sumerja en agua fría para detener el proceso de cocción. Secar con toallas de papel
Uvas sin semilla	Dejarlas enteras				Enteras: inmersión en agua hirviendo por 30 segundos para retirar la cascara, sumerja en agua fría para detener el proceso de cocción. Secar con toallas de papel
Uvas con semilla	Cortar a la mitad y remover las semillas				No necesita tratamiento
Duraznos	Mientras que están en sulfito, si lo desea rebane por la mitad y remueva las cascara. Para blanquear los tejidos	2-3 cuando está entero. 1 cuando se rebana	8	10	Inmersión en solución de ácido ascórbico
Peras	Cortar a la mitad y desechar el centro (corazón). Es preferible pelarlas y rebanarlas	2.5	10		Inmersión en solución de ácido ascórbico
Piña	Use piñas maduras y frescas. Lave y pele, remueva los espinos. Haga rebanadas de $\frac{1}{2}$ " aproximadamente y retire el centro				Tratamiento no necesario
Ciruela	Dejar la fruta entera, si se parte a la mitad, se sulfita.				Cuando se desea retirar la cascara se sumerge en agua hirviendo durante 30 segundos, luego se sulfita

Tabla No. 4 (continuación)

Fuente: Reynolds Susan (1999)



### 2.4.5 Ventajas y desventajas de la deshidratación

La deshidratación reduce el peso de los vegetales hasta su quinta parte, tratándose de raíces y tubérculos, y hasta su quinceava parte, tratándose de vegetales de hoja. Por término medio, 7.500 kg de producto fresco, para cuya ubicación se requieren más de 20 m<sup>3</sup>, puede quedar reducido a 625 kg de producto seco, que solo necesitan de 1 m<sup>3</sup>. Esta enorme diferencia de peso, y la posibilidad de conservación, son los dos determinantes principales que pueden aconsejar una desecación industrial en zonas de gran producción y poco consumo, con objeto de economizar en los gastos de transporte y evitar la baja de precios en las temporadas de recolección. Ello es particularmente interesante para las variedades de fruta que maduran con rapidez, y ya cerca de la estación húmeda, como por ejemplo, la ciruela y la uva, así como para las hortalizas cultivadas en las grandes extensiones de regadío que normalmente están alejadas de los más importantes centros consumidores, o para cuyo transporte sólo cuentan con medios de comunicación deficientes.

Tabla 5. Comparativa del peso de frutas frescas y secas, y su volumen (base: 1000 kg de fruta fresca)

Fruta	Frutas frescas m <sup>3</sup>	Frutas secas m <sup>3</sup>	Peso kg
Manzanas	1.7	0.2	105
Albaricoques	1.4	0.26	185
Melocotones	1.5	0.23	170
Peras	1.25	0.27	170
Ciruelas	1.25	0.45	363
Uvas	1.25	0.40	263

Fuente: Gahona 2001

Tabla 6. Pesos correspondientes a 1000 kg de hortalizas verdes deshidratadas

Hortalizas	Peso kg
Habichuelas verdes	90
Coles	90
Zanahorias	85
Cebollas	90
Papas	180
Guisantes	120
Espinacas	90
Tomates	120

Fuente: Gahona 2001

Las hortalizas deshidratadas puestas a remojar en el agua, tendrían que volver a hidratarse rápida y satisfactoriamente, recuperando la forma y apariencia que el producto tenía antes de aplicado el proceso. Tienen que cocer pronto en el agua, ser tiernas después de cocinadas, y conservar la mayor parte de su sabor y aromas originales. Todo vegetal deshidratado debe estar libre de sabor a quemado, y no ofrecer el aspecto ennegrecido como consecuencia de un exceso de calor en el equipo. Tiene que estar prácticamente exento de adherencias, manchas y materias extrañas, y es indispensable que antes del secado se les separen las partes marchitas, las no maduras o pasadas del punto de madurez, las quemadas por el sol, etc.

A pesar de que el valor nutritivo de las verduras no resulta muy afectado por el proceso, la mayor parte de ellos, una vez rehidratados y cocidos no presentan las características del producto fresco, ni en sabor ni en textura. También requieren más tiempo para cocer. La mayor parte de los vegetales presentan inconvenientes a un tiempo de almacenado demasiado prolongado, y algunos, al contacto con el aire se deterioran pronto, cambiando de sabor y aroma. Estos inconvenientes se acentúan todavía más si el ambiente que rodea a los vegetales es húmedo. Otro factor de deterioro son los insectos, en especial cuando se emplean embalajes de madera corriente o de cartón.

Para reducir al mínimo las alteraciones de color, aroma y sabor, originadas por las oxidaciones y otros cambios de carácter químico, es preciso deshidratar el producto hasta un contenido de agua residual muy bajo, por lo general inferior al 5%. Con el tratamiento de blanqueo (escaldado) se ha contribuido mucho al mejoramiento del sabor de los vegetales, modificando asimismo favorablemente su consistencia.

Algunos vegetales ofrecen características particulares como por ejemplo, los tomates, que no recobran ni su forma ni su volumen primitivos al ser rehidratados. Sin embargo, si han sido previamente sulfurados conservan bien su color y sabor durante algunos meses. Las papas pueden conservarse sin inconvenientes alguno en contacto con el aire, en tanto que las zanahorias y las coles son las más expuestas al deterioro a causa de las oxidaciones, siendo preciso envasarlas con un gas inerte.

Es muy importante impedir el ingreso de insectos en los envases, así como mantener al vegetal lo más posible resguardado del aire y de la humedad. Cuando ello sea posible, es conveniente utilizar recipientes herméticamente sellados, o por lo menos conteniendo un

gas inerte. Un sistema preventivo muy práctico, consiste en un saco de celofán, revestido por su exterior de una delgada lámina de aluminio.(Gahona 2001)

## **2.5 EJEMPLOS DE DESHIDRATADO**

### **2.5.1 Mango**

Deshidratado de mango a 40° brix con 1% de ácido cítrico, 0.2% de ácido de ácido ascórbico y una tira de 20 gr. de dióxido de azufre durante 24 horas y posteriormente con un deshidratador de charolas. Se obtuvo una pérdida de 40% de vitamina "C" y un 26% de Carotenos sin afectar demasiado su textura.(Sánchez, citado por Alvarez, 1997).

Deshidrataron pulpa de mango con un equipo de aire forzado, concluyeron que para llegar a un 15% de humedad es suficiente con 20 a 22 horas a 70°C. Siendo pulpa deshidratada muy higroscópica, la cual si se mantiene entre 60 y 70% de humedad relativa bajo su contenido de humedad, comienza a endurecerse, aunque conserva su buen sabor y color. (Saroja, citado por Villanueva, 1988)

Medina, (1987) deshidrató rebanadas de mango, primeramente peló el mango y lo rebano en 4 retirando la semilla, posteriormente se le dio un pretratamiento en inmersión con una solución compuesta de 1% de ácido cítrico, 0.2% de ácido ascórbico y 500 ppm de anhídrido sulfuroso durante 20 minutos, para después someterlas al presecado osmótico una parte de las rebanadas en jarabe (65° brix) y otra parte de las rebanadas en azúcar, en una proporción fruta jarabe 2:1 por 18 horas. Finalmente se deshidrataron en charolas con aire a 60 y 70°C. Los mejores resultados se obtuvieron en el deshidratado con jarabe a 65° brix y a una temperatura de 70°C.

### **2.5.2 Piña, papaya y manzana**

Nanjundaswamy et, al., citados por Alvarez, (1997). Deshidrataron piña, papaya y manzana, primeramente con jarabe y luego con un deshidratador de aire forzado. Se concluyó que el contenido mayor de ácido cítrico se pierde durante la ósmosis, correspondiendo el mayor porcentaje en la piña. Los azúcares totales aumentan levemente (de 4 a 8%), y el contenido de humedad baja a un 50% aprox. Ya en la deshidratación no hay cambio significativo en los azúcares totales.

### 2.5.3 Ajos

Normalmente se desecan para luego pulverizarlos, ya que su manipulación para reducirlos a tajadas es demasiado costosa. Humedad total: 64.5%.

1. Separar los dientes a mano, apartando los malos
2. Separación parcial de la cáscara empleando una criba rotativa (la separación tiene lugar por efecto de la fricción resultante, y con un aspirador de aire se eliminan los residuos o cáscara)
3. Carga en bandejas (4.4 – 6 kg/m<sup>2</sup>)
4. Secador en contracorriente o cruzado, hasta una humedad residual de 4% (temperatura máxima del aire a la entrada del secador 60°C)
5. Separación total de la cáscara mediante aspiración con aire.
6. Estabilizado y envasado en latas herméticas al aire.

### 2.5.4 Apios

Rinden buen resultado. Las hojas pueden secarse enteras, o pulverizadas para condimento. Los tallos, para sopas. Ambos pueden ser molidos para mezclar con la sal. Conviene utilizar las cabezas muy frescas.

1. Separación de los tallos de las hojas
2. Lavado total
3. Saneado y limpieza a mano de las hebras de los tallos
4. Cortado de los tallos en pedazos de 4-10 mm de largo
5. Blanqueado a vapor (1-2 min.) (para polvo no)
6. Carga en bandejas (4.5-7 kg/m<sup>2</sup>)
7. Secado por separado del tallo y las hojas en contracorriente o cruzado, hasta una humedad inferior al 5% (temperatura máxima del aire de entrada, 62°C)
8. Envasado corriente

### 2.5.5 Cebollas

1. Cortado de las raíces y tallo
2. Cortado a maquina de 5 mm de grueso
3. Sulfurado rápido o inmersión en una solución de bisulfito para fijar el color
4. Secado en dos tiempo, paralelo y contracorriente, hasta una humedad inferior al 4% (temperatura máxima del aire a la entrada de 75-78°C y 54-57°C)
5. Envasado corriente

### 2.5.6 Espinacas

Rinden buen resultado. Secarlas después de recolectadas para conservar su contenido de vitamina C, el que no debe exceder de 3 a 4 horas de recolectado.

1. Saneado y escogido de las hojas
2. Enjuagado en agua, con agitación por aire
3. Lavado en cilindro rotatorio con chorros de agua
4. Carga en bandejas (3.5 – 4.5 kg/m<sup>2</sup>) evitando amontonar y prensar el producto
5. Blanqueo para destrucción de la peroxidasa
6. Secado en dos tiempos, paralelo y contracorriente, hasta una humedad inferior a 4% (temperatura máxima del aire de entrada 88° y 74°C)

### 2.5.7 Pimientos

1. Lavado con solución de ácido clorhídrico al 0,5%, si la planta ha sido tratada con caldos cúpricos o arseniatos
2. Cortado por la mitad o en cuartos, quitando parte del pericarpio de la simiente, así como el pedúnculo y las membranas. También se secan enteros.
3. Secado en dos tiempos, en paralelo y contracorriente hasta una humedad inferior al 5%, e inferior al 3% si es para pimentón (temperatura máxima del aire a la entrada 82° y 66°C). La humedad relativa del aire deberá ser baja para evitar un pardeamiento. (Gahona, 2001)

### III. Análisis

La principal fuente de energía en nuestro planeta es el sol, y hasta hoy pocas personas han dirigido sus esfuerzos hacia su aprovechamiento, a pesar de que se ha utilizado desde épocas remotas, en comunidades rurales para calentar agua o secar alimentos para su conserva. En los últimos tiempos se ha tomado en cuenta por que los hidrocarburos, están provocando disturbios ambientales y sus reservas, se están agotando, creando la necesidad de nuevas fuentes de energía.

La radiación solar presenta grandes ventajas respecto a los hidrocarburos, la más importante, es que la energía es inagotable y no genera contaminantes, el problema para su aprovechamiento radica en que hay variación de la energía producida según el lugar en que nos encontremos, debido a la nubosidad, rotación y translación terrestre, así como otros factores principales que impiden su desarrollo son la poca tecnología, para aprovechar al máximo la energía recibida, los intereses de las personas que rigen el mundo y además no sólo se requiere usar esta energía, si no combinarla con la energía producida por el viento u otras fuentes energéticas, hasta hoy no utilizadas.

Para el uso de esta energía en el deshidratado de fruta o vegetales, para su conservación o únicamente extracción de agua para su traslado, se presentan ciertas limitantes dignas de tomarse en cuenta; la pérdida de color y sabor por parte de algunas frutas, o la desventaja que se hacen duras, esto es por la exposición directa al sol o por no tener controlada la forma en que se deben secar los productos agrícolas. Además la humedad relativa debe tomarse en cuenta, debido a que de la cantidad de humedad que se encuentre en el medio ambiente dependerá, la rapidez en que el aire extraiga el agua que contenga la fruta o verdura; así como la no-proliferación de patógenos que puedan desarrollarse a causa de un alto contenido de humedad en el medio. Todo ello crea la necesidad de realizar maquinaria, no únicamente para captar la mayor energía en forma de calor o electricidad, sino también para la mejor forma de conservar sin perder sus características originales. Así entonces, el reto se presenta enorme, debido a que se requieren grandes inversiones tanto económicas como tecnológicas para poder utilizar la energía solar a favor de la agricultura, y aún más para el ingeniero agrícola es un campo de trabajo y desarrollo y, corresponde a este el buscar los medios para desarrollar tecnologías acordes

a las necesidades, porque además tiene el problema de tener que manejar grandes cantidades de frutas u hortalizas en tiempos cortos y en las mejores condiciones de conserva.

Hasta hoy el área que más ha desarrollado el uso de energía solar es la arquitectura, en donde los países del primer mundo ya contemplan inversiones que ha permitido ahorrar otros tipos de energía, como la electricidad, que actualmente los costos de producción afectan tanto ambiental como económicamente.

En México el uso de esta energía no se ha tomado con la importancia necesaria y en un futuro no se vislumbra que se desarrolle al menos que los particulares empiecen a promover su uso.

#### **IV. Conclusiones.**

La investigación que ya realizan muchos países acerca del aprovechamiento de la energía, arroja resultados benefactorios, sólo hay que ver, cuanto se ha avanzado en el estudio de la sustitución de hidrocarburos por la energía que genera el sol.

Esta energía no contamina, es económica, esta al alcance de todos, sólo hay que darle el enfoque que cada uno quiere.

En el mundo a tomado un auge todo aquel producto que se considera 100% orgánico, que mejor manera de concluir con un producto que secándolo de manera totalmente natural, sin la utilización de hidrocarburos como fuente de calor. Obviamente el precio de estos productos es mucho más alto por consiguiente esto le beneficia al productor que realiza este tipo de prácticas.

El deshidratado de productos hortofrutícolas de forma natural, es idóneo para aquellos pequeños productores que no tienen acceso a tecnologías muy sofisticadas, pero que sin embargo, si pueden tener la capacidad de organizarse y mediante un asesoramiento técnico desarrollar una tecnología a su alcance.

México cuenta con una gran gama de climas, lo cual hace suponer, que si se puede llevar a cabo el deshidratado mediante la energía solar. De preferencia, se puede optar por lugares áridos o semiáridos, ya que en estos lugares, los días nublados son muy pocos, y la humedad relativa es baja; así como la temperatura es alta y el aire es seco.



ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## V. BIBLIOGRAFIA

1. - Alvarez, A.A. y García, G.O. 1997. Comparación de un Deshidratador Solar y una Estufa de Aire Forzado, en el Deshidratado de Manzana (*Pyrus malus* sp.) Tesis Lic. FES-C UNAM, México.
- 2.- Arenas, M.A.C. 1996 Cálculo de la Radiación Solar Global con Datos de un Actinógrafo por el Método Planimétrico y su Importancia en la Agricultura. Tesis Lic, FES-C UNAM, México.
- 3.- Ayllon Teresa 1996. Elementos de Meteorología y Climatología. Ed. Trillas. Impreso en México. 1ª Edición.
- 4.- Castellanos, A. y Escobedo M. 1980. La Energía solar en México Situación Actual y Perspectivas. Centro de Ecodesarrollo, México.
- 5.- Castro Zavala y Arteaga R. 1993. Introducción a la Meteorología. UACH. Impreso en la UACH.
- 6.- Desrosier, N.W. 1976. Conservación de Alimentos. Ed. Continental, México..
- 7.- Fuentes, Y.L. 1989. Iniciación a la Meteorología Agrícola. Mundi-Prensa. 3ª edic España.
- 8.- Gahona M. E. 2001. Departamento de Ingeniería en Alimentos. Universidad de la Serena. Dirección de Internet [www.ubu.es/estudios/libreelec/agricolas.htm](http://www.ubu.es/estudios/libreelec/agricolas.htm)
- 9.- Gil, G. M. 1990. Manual de Secado y Aireación para Capacitación de Técnicos en Conservación de Granos. ANDSA, México.
- 10.- Holdsworth, S. D. 1998. Conservación de Frutas y Hortalizas. Ed. Acriba, España.
- 11.- Jean, A. 1990. La Ciencia de los Alimentos de la A a la Z. Ed. Acriba, España.
- 12.- López, C.C.E. 1990. Física de la Energía Solar. UACH, México.
- 13.- Manrique, J.A. 1984. Energía Solar. Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas. Ed. Harla, México.
- 14.- Medina, D. R. 1987. Deshidratación de Rebanadas de Mango. Tesis Lic., UACH, México.
- 15.- Moran J.M., Macmillan M. D. 1993. Meteorology (The Atmosphere and the Science of Weather). Publishing Company New York. Third Edition.

- 16.- Muñoz, G.F. 1995. La Energía Solar en el Secado de Maíz. UNAM. México.
- 17.- Olguín, S. C.1988. Deshidratación de Rebanadas de Mango. Tesis Lic., UACH, México.
- 18.- Ortega, M.A.A. 1995. Efecto de la fuerza Centrifuga en la Osmodeshidratación de papa y manzana. UNIVER, México.
- 19.- Proyecto Salvadoreño-Alemán. Internet [www.uca.edu.sv/nuevo/eventos/ds.pdf](http://www.uca.edu.sv/nuevo/eventos/ds.pdf)
- 20.- Reynolds, M.D.S. 1999. Frutas Secas, Universidad de Georgia, Consulta de Internet. [www.agcn.ufl.edu/foodsaf/he522.html](http://www.agcn.ufl.edu/foodsaf/he522.html)
21. - Romo, G.J.R. 1989. Instrumental Meteorológico. UACH. México.
- 22.- Serrano Pedro. 2001. [www.fundacionpobreza.cl/redes/Medio\\_Ambiente/tema4/4.htm](http://www.fundacionpobreza.cl/redes/Medio_Ambiente/tema4/4.htm)
23. - Southgate, D. 1992. Conservación de Frutas y Hortalizas..Ed. Acriba, 3ª. Edic España..
24. - Villanueva, A. R. 1988. Conservación de Rebanadas de Mango. Tesis Lic. UACH, México.