

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EL SECADO DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) MEDIANTE UN  
DESHIDRATADOR SOLAR CON CRISTAL TRANSPARENTE BAJO LAS  
CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA COMARCA LAGUNERA.**

Por

**LAURA PATRICIA CORTES ARGANDAR**

**TESIS**

Presentada como requisito para obtener el título profesional de:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EL SECADO DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) MEDIANTE  
UN DESHIDRATADOR SOLAR CON CRISTAL TRANSPARENTE BAJO  
LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA COMARCA LAGUNERA.

POR  
LAURA PATRICIA CORTÉS ARGANDAR  
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE:

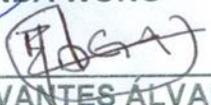
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

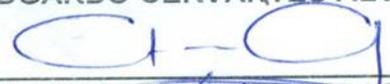
PRESIDENTE:

  
DR. RICARDO MIRANDA WONG

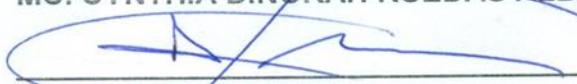
VOCAL:

  
M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ

VOCAL:

  
MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. ALFREDO OGAZ

  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EL SECADO DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) MEDIANTE  
UN DESHIDRATADOR SOLAR CON CRISTAL TRANSPARENTE BAJO  
LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA COMARCA LAGUNERA.

POR  
LAURA PATRICIA CORTÉS ARGANDAR  
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

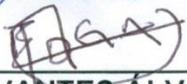
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. RICARDO MIRANDA WONG

ASESOR:

  
M.C. EDGARDO CERVANTES ÁLVAREZ

ASESOR:

  
M.C. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

ASESOR:

  
DR. ALFREDO OGAZ



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE 2015

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de seguir obteniendo más metas en vida y de poder haber completado mis estudios en la **UAAAN UL** y de compartir estos logros con mis seres queridos.

A mi querida **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por brindarme esta oportunidad de estudiar y abrirme sus puertas.

Al departamento de Biología y el departamento de Ciencias Socio-Económicas.

Al **Dr. Ricardo Miranda Wong** por darme la oportunidad de realizar este trabajo de tesis, por su paciencia y esmero.

A la **Ing. Rosa María Cortés Argandar** por ayudarme a redactar mi tesis.

A la **M.C. Cynthia Dinorah Ruedas Alba** por sus excelentes y valiosas aportaciones.

Al **M.C Edgardo Cervantes Álvarez** por el apoyo para la culminación de este trabajo de tesis.

A mis amigos de generación **Magally Janette Rodríguez Valencia, Norma Nallely López España, Seleny Alejandra Ángel Nolasco, Anna Luna Rodríguez.**

A mis amigos con los que convivo, **Verónica Gutiérrez Montenegro, Gerardo Cortés Gutiérrez y Juan Manuel Díaz Argandar.**

## **DEDICATORIAS**

**A mis padres.**

**J. TRÁNSITO CORTÉS QUINTERO  
Y  
BERTA ARGANDAR YÁÑEZ**

Por brindarme su apoyo incondicional y amor por su esfuerzo de cada día. Los amo con todo mi corazón y gracias por todo su apoyo durante mi vida.

**A mis hermanos.**

**JOSÉ FRANCISCO CORTÉS ARGANDA  
SIXTO MANUEL CORTÉS ARGANDAR  
ROSA MARÍA CORTÉS ARGANDA  
MARÍA CANDELARIA CORTÉS ARGANDAR**

Por su cariño y apoyo durante esta etapa de mi vida por sus palabras y consejos.

**A todos mis familiares.**

Por la gran motivación que me dieron en mis estudios y por no dejarme vencer durante todo este recorrido en especial a la familia **CORTÉS QUINTERO** y la familia **ARGANDAR YÁÑEZ**.

**Gracias a todos por estar junto conmigo y vivir cada uno de mis triunfos y por su apoyo incondicional.**

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES.....	6
2.2 DESHIDRATACIÓN.....	6
2.3 TOMATE ( <i>lycopersicum esculentum</i> Mill).....	10
2.3.1 TAXONOMÍA.....	11
2.3.2 MORFOLOGÍA.....	12
2.5 PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO.....	13
2.6 IMPORTANCIA DEL TOMATE DESHIDRATADO.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 DESCRIPCIÓN DE SITIO EXPERIMENTAL.....	15
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DESHIDRATADOR SOLAR.....	16
3.3 DISEÑO DEL DESHIDRATADOR SOLAR.....	17
IV. MÉTODOS.....	18
4.1 VARIABLES ESTUDIADAS.....	18
4.2 DETERMINACIÓN DEL PESO DEL FRUTO.....	18
.....	19
4.3 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD.....	19
4.4 DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS BRIX (°BX).....	19
4.5 DETERMINACIÓN DE POTENCIAL DE HIDROGENO (pH).....	20
4.6 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	22
4.7 LECTURAS DE LAS TEMPERATURAS DENTRO Y FUERA DEL DESHIDRATADOR SOLAR.....	23
V. RESULTADOS.....	24

VI.	CONCLUSIONES .....	41
VII.	LITERATURA CITADA.....	42
VIII.	ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía .....	11
Tabla 2. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 15 de octubre de 2014. ....	24
Tabla 3. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 29 de octubre de 2014. ....	27
Tabla 4. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 21 de febrero de 2015. ....	30
Tabla 5. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 24 de marzo de 2015. ....	33
Tabla 6. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de abril de 2015. ....	36
Tabla 7. Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de mayo de 2015.....	38
Tabla 8. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 15 de octubre de 2014.....	48
Tabla 9. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 29 de octubre de 2014.....	49
Tabla 10. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 21 de febrero de 2015. ....	50
Tabla 11. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 24 de marzo de 2015.....	51
Tabla 12. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 27 de abril de 2015.....	52
Tabla 13. Resultados de las variables realizadas al tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) el día 27 de mayo de 2015.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill).....	10
Figura 2. Peso de los tozos del tomate .....	19
Figura 3. Determinación de grados °Bx .....	20
Figura 4. Determinación de pH .....	21
Figura 5. Trozos del tomate .....	22
Figura 6. Colocación dentro de las bolsas de plástico con numeración.....	22
Figura 7. Toma de lectura dentro del deshidratador. ....	23
Figura 8. Toma de lectura afuera del deshidratador. ....	23

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó durante el mes de octubre del año 2014 al mes de mayo del 2015 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, situado a la altura del periférico Raúl López Sánchez y la carretera a Santa Fe en los laboratorios de Suelos, Biología y en el espacio de Maquinaria Agrícola con el objetivo de: evaluar el proceso de secado de la pulpa de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) empleando un deshidratador solar bajo condiciones climáticas de la Comarca Lagunera. Con el objetivo de estudiar y evaluar el proceso de deshidratación y la calidad del fruto del tomate en diferentes estratos en un equipo diseñado para capturar la energía solar. Las variables evaluadas fueron: Peso inicial, peso constante, grados Brix (sólidos solubles) y pH. Se midió la temperatura interior de cada altura de las 3 charolas a cada hora desde las 9:00 am hasta las 14:00 pm y la temperatura exterior. Los datos colectados se graficaron para determinar la dinámica de secado y la pérdida de humedad.

**Palabras clave:** Desecado, deshidratado, energía limpia, jitomate, sol.

## I. INTRODUCCIÓN

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y por ello ha sido objeto de adoración en muchas culturas desde tiempos inmemorables. El Sol es la estrella que nos da luz y calor. El Sol es una esfera incandescente. En su interior se fusionan átomos de hidrógeno para producir helio. En este proceso se libera la energía que viaja hacia el exterior. Viaja hasta la superficie, la energía se transporta de distintos modos a través de las diversas capas del Sol, en un recorrido que puede durar unos millones de años(Marques-Rodríguez, 2009).

El núcleo del Sol es el lugar donde se genera la energía que este cuerpo irradia a partir de las reacciones de fusión; abarcan una región esférica de casi 1/4 del radio solar. Se estima que la temperatura alcanza ahí hasta 16 millones de grados Kelvin(Galindo-Trejo, 1994).

La energía solar es la energía radiante del sol recibida en la Tierra, es una fuente de energía que tiene varias ventajas importantes sobre otras y que, para su aprovechamiento entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. 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(Rodríguez-Murcia, 2008).

Las energías renovables, en consecuencia, toman fuerza en el sector energético, como alternativa en una etapa energética diferente y haciendo ver que un cambio es posible. El origen de toda energía en la Tierra proviene de la energía que llega del Sol y, por ello, la energía solar está consiguiendo grandes éxitos entre las energías renovables, aunque aún queda mucho en lo que innovar y mejorar(Beñat-Salvidegoita, 2008).

La limitación de recursos obliga a proponer proyectos que sean viables con bajo presupuesto, buscando economía en materiales y fabricación propia. La cultura de lo ambiental se irá arraigando en la sociedad una vez se muestren soluciones útiles, generosas con el medio ambiente y factibles de implementar(Salazar-Marín *et al.*, 2011b).

El secado solar de productos agrícolas es una de las aplicaciones potenciales más importantes de la energía solar, ya que para ello se requiere calor a bajos niveles de temperatura, donde la eficiencia de los colectores es mayor, y además, no es indispensable la acumulación de energía. El secado solar natural en patios secadores es la forma más antigua y difundida del empleo de la energía solar para el secado de productos agropecuarios(Fonseca-Fonseca *et al.*, 2002).

Muchos productos agrícolas requieren un secado poscosecha para su adecuada conservación hasta que llegan a los centros de consumo. Aun de los productos que se comercializan en forma fresca, el secado ofrece una alternativa al agricultor cuando existen problemas de transporte o se producen bajas de precio por sobreproducción. los secadores procuran eliminar el agua contenida en los alimentos, con el fin de evitar la proliferación de microorganismos o de desarrollo de relaciones químicas que deterioran a los mismos(Corvalan *et al.*, 1992).

El secado o deshidratado es una de las tecnologías más frecuentes en la agroindustria y consiste en la eliminación de gran parte del agua del producto procesado, la evaporación del agua se hace a través de una corriente de aire caliente, la cual transmite el calor latente de evaporación al producto. Lo que se busca es disminuir al máximo la actividad bioquímica interna y la acción de microorganismos que permitan mantener por mucho más tiempo el producto en condiciones de almacenaje(Águila y Romero, 2000).

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie. Es cultivado en muchas zonas, con amplia variabilidad de condiciones de clima y suelo, aunque se cultiva principalmente en climas secos, tanto para producción en estado fresco como para uso agroindustrial. La producción global de tomates para consumo en fresco y proceso se estimaba en 108 millones de toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 36 ton / ha. Asia produce más de la mitad del tomate que se produce en el mundo. El tomate es también la principal hortaliza cultivada en invernadero y representa al 70% de la superficie hortícola nacional en invernadero. de las aproximadamente 6,400 hectáreas cultivadas comercialmente de tomate de consumo fresco, 1,100 hectáreas (17%) se cultivan bajo invernadero(Escalona *et al.*, 2009).

## **HIPÓTESIS**

Se puede utilizar la energía del sol para deshidratar la pulpa del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), sin perder sus propiedades organolépticas.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el proceso de deshidratación y la calidad del fruto del tomate en las diferentes charolas que tiene el equipo diseñado para capturar la energía solar.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las temperaturas que se alcancen dentro y fuera del deshidratador solar a diferentes horas del día.
- Determinar el tiempo de deshidratación de la pulpa del tomate utilizando la energía solar.
- Obtener información con respecto a los cambios bromatológicos que sufre la pulpa del tomate.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El Sol es el objeto central de nuestro sistema solar. Se ha formado hace 6.5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente total del (99.8 %) de la masa del sistema solar y es más de 333,000 veces más masivo que la Tierra. Su radio, 700,000 km, es 109 veces más grande que el radio de la Tierra. Así que se necesitarían 1'300,000 planetas Tierra para llenarlo. La temperatura en el Sol es tan alta, que el material se encuentra en estado plasma, esto es, separado en iones y electrones. A este estado se le conoce comúnmente como el cuarto estado de la materia, debido a la carga eléctrica de las partículas(Blanco-Cano, 2009).

La creciente demanda de energía en nuestro mundo hace que el hombre mire al Sol con nuevos ojos: como una fuente aparentemente inagotable de energía que puede cubrir todas nuestras necesidades. El Sol se nos revela ahora como una fuente de energía que puede ser explotada por la humanidad de manera mucho más eficaz y exhaustiva en la actualidad. El Sol es la fuente primaria de toda la energía en la Tierra. La luz solar hace vivir a todos los organismos en nuestro planeta. Esta misma radiación solar, asimilada en la fotosíntesis, se transforma en plantas, y las plantas son el alimento básico de muchos animales(Bachiller, 2009)

Gran parte de la energía que el Sol proporciona se convierte en calor al llegar a la superficie terrestre y debido a ello se facilita su empleo en ciertos campos específicos. A pesar de las posibilidades que brinda esta forma de energía, en lo que tiene que ver con su aprovechamiento, a nivel nacional no está lo suficientemente utilizada, y los estudios, por lo menos en cuanto al sector

agrícola se refieren, no están desarrollados o no han sido difundidos suficientemente (Restrepo-Victoria y Burbona-Jaramillo, 2005).

## **2.1 ENERGÍAS RENOVABLES.**

Hacia la segunda mitad del siglo XX, se dió el resurgimiento por una parte, y el nacimiento por otra, de un conjunto de fuentes energéticas armónicas ambientalmente, renovables y/o inagotables y sustentables. Entre estas fuentes se incluyen la radiación solar directa, la energía solar indirecta (hidráulica, viento, olas, biomasa, térmica de los océanos), la geotérmica, las mareas y la nuclear. En la actualidad existe una búsqueda incesante de formas de aprovechamiento de éstas energías que sean factibles técnicamente y atractivas económicamente (Posso, 2002).

Las energías renovables surgen como potenciales herramientas para abastecer al sector y brindar ciertos beneficios: mejora la calidad de vida, agregar valor a los productos generados, fomentar la sustentabilidad de los sistemas productivos y convivir en armonía con el medio ambiente (Huerga y Venturelli, 2009).

Actualmente se habla mucho de energías alternativas y todo lo que tiene que ver con lo ambiental, pero definitivamente es poco lo que se ha implementado en nuestro entorno en cuanto tecnologías ambientales (Salazar-Marín *et al.*, 2011a).

## **2.2 DESHIDRATACIÓN**

Se entiende por deshidratación solar, el secado de productos directamente a la intemperie (secado natural), o bien en aparatos especiales llamados secadores

solares. Pueden tener forma de naves o están compuestos por materiales transparentes como polietileno, vidrio y superficies ennegrecidas para absorber la radiación solar

El deshidratado solar mediante el uso de secadores es una vía efectiva para evitar emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes derivados de la combustión del petróleo y ahorrar energía convencional y eléctrica. Por tanto dentro de la energética su estudio y aplicación en nuestro país tiene importancia vital(Bergues-Ricardo *et al.*, 2011).

Uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos es la deshidratación (principalmente en las zonas rurales). En un ambiente seco no pueden actuar ni los microorganismos ni las enzimas que arruinan estos productos, por esta razón el deshidratado es uno de los métodos más efectivos para preservar las frutas. Estos métodos de secado se originaron en los campos de cultivo cuando se dejaban deshidratar de forma natural las cosechas de cereales, forraje, y frutos. Comúnmente, estos productos eran extendidos al aire libre, sobre todo en superficies naturales, donde se exponían a la acción directa de los rayos solares, de tal manera que el producto recibiera calor y aireación para evaporar el agua. La desventaja de esta técnica era la disminución en la calidad del alimento, debido al poco control de higiene, así como los efectos del clima y de la contaminación. Este hecho llevó al diseño y desarrollo de secadores y deshidratadores solares, los cuales, haciendo uso de la luz solar y de las corrientes de aire, permitieron llevar a cabo el proceso de una manera mucho más eficiente. En nuestros días, existen sistemas de deshidratación mecánicos en los cuales el secado se realiza por medio de combustible, es decir, el secado se lleva a cabo por efecto de los gases generados al quemar el combustible (o al calentar el aire que, a su vez, llevará a cabo el proceso de deshidratación)(Castañeda-Miranda *et al.*, 2012).

El secado de alimentos es una técnica que se usa para preservarlos. Esta práctica se viene utilizando desde la antigüedad y tiene como fin extraer el agua del alimento para conservarlo, de forma que se evite el crecimiento de bacterias

y su proliferación en él. La deshidratación de alimentos se puede realizar mediante el uso de la energía solar. Secar alimentos mediante energía solar es una técnica que ya utilizaban nuestros ancestros desde hace miles de años. Actualmente y en nuestro día a día encontramos muchos productos que han sido deshidratados para su conservación y utilización, ya sean alimentos como las especias o madera para un uso industrial(Saiz-Jiménez y Cornejo-Royo, 2014).

El agotamiento de recursos fósiles y las implicaciones ambientales asociadas a su uso han originado interés en recursos renovables. Dentro de éstos, la energía solar presenta gran potencial en los procesos de obtención de energía y calor, específicamente, en el desarrollo de procesos de deshidratación de frutos(García *et al.*, 2012).

Deshidratar un alimento significa reducir su contenido de agua, dándole cierta estabilidad al producto, de esta manera se impide el desarrollo de microorganismos y la acción de las enzimas propias del producto al reducir al contenido de agua libre(Salas-De la torre *et al.*, 2003).

El secado es uno de los procesos comerciales más usados en la conservación de productos agropecuarios, sin que ellos pierdan mucho sus propiedades organolépticas y nutricionales, y por ser un proceso económico(Costa y Ferreira, 2007).

Los productos deshidratados son muy solicitados ya que son totalmente naturales, son ricas fuentes de fibra, no engordan, tienen también un valor nutritivo comparable con el producto fresco y pueden ser consumidos a cualquier hora(Brenan, 1980).

El proceso de secado de un alimento consiste en la remoción de parte de su agua libre hasta llegar a un nivel tal que él pueda ser consumido y/o

almacenado en un lugar a temperatura ambiente algunos métodos empleados para realizar el secado propuestos por (Costa y Ferreira, 2007). Son:

1. Secado natural: en el cual, dependiendo del tipo de producto, él es disperso, por ejemplo, en terrenos cementados, de ladrillos o en la planta de secado.
2. Secado artificial, es realizado en secadores mecánicos, en los que se hace circular aire caliente: impulsado por ventiladores, sobre el producto a ser secado. El aire puede ser calentado con gas de la combustión de leña, de la quema de combustibles fósiles o aún por electricidad.

Dentro de los diferentes sistemas de secado de productos alimentarios, el secado solar tradicional es, todavía hoy, el procedimiento más utilizado en todo el mundo, sobre todo cuando se trata del secado de granos, frutos y semillas utilizando sistemas del tipo terreno de suelo apisonado y tablero. En un sistema de secado simple usando energía solar, el secador solar de radiación directa (utilizado en este trabajo) es un sistema de bajo costo, eficiente y bastante utilizado en el secado de alimentos(Machado *et al.*, 2010).

En México subsisten la agricultura de pequeña propiedad y gran escala. Una estrategia para mantener en óptimas condiciones algunos productos de la cosecha, como son frutas y hortalizas consiste en garantizar con un correcto proceso de secado. Algunos productores utilizan técnicas de secado sencillas: como la exposición directa a la luz solar sobre planchas de metal o láminas de plástico negro. El aprovechamiento de la energía solar para el secado solar de frutas y hortalizas mediante el uso de secadores solares, tiene antecedentes concretos en nuestro país(Rico-Jordán *et al.*, 2010).

### 2.3 TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill).

El jitomate (figura 1) *S. lycopersicum* L. (*lycopersicum esculentum* Miller) es nativo del trópico americano, entre Ecuador y Perú(Peralta y Spooner, 2000)y posteriormente distribuido a Colombia, Bolivia y México; en este último país se considera que fue domesticado(Rick y Holle, 1990; Pérez *et al.*, 1997).



**Figura 1.** Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).

Es considerada como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, por el sinnúmero de subproductos que se obtiene de él, y las divisas que aporta. En México, el cultivo del tomate tiene importancia no sólo como generador de divisas, sino también por la elevada derrama económica que genera; además, proporciona mano de obra a una gran cantidad de trabajadores estacionales del campo. Crea y fomenta el empleo de otras ramas de la actividad económica, como el transporte, y empresas que se dedican a la venta de insumos. En la actualidad el tomate se cultiva en una superficie que varía entre 60,000 y 90,000 ha anuales, con rendimientos que varían entre las

ocho toneladas de tomate de piso para consumo nacional hasta 60 toneladas en tomate para exportación(Santiago *et al.*, 1998).

El jitomate o tomate es sin duda la principal hortaliza gracias a la cual México ha desarrollado la industria hortofrutícola, tanto para abastecer al mercado interno como para exportar hacia los Estados Unidos (Macias-Macias, 2003).

### 2.3.1 TAXONOMÍA

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea que se encuadra en la familia de las solanáceas, a la cual también pertenecen la patata, el tabaco y la petunia. La taxonomía aceptada para esta especie es la siguiente:

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Traqueobinta</i>
Superdivisión:	<i>Spermatophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Asteridae</i>
Orden:	<i>Solanales</i>
Suborden:	<i>Solanineae</i>
Familia:	<i>Solanaceae</i>
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Lycopersicum</i>

**Tabla 1.** Taxonomía

Recientemente y basándose en datos morfológicos y moleculares, se ha readoptado el nombre científico de *Solanum lycopersicum* para el tomate

cultivado mientras que las otras especies de *Lycopersicon* han sido incorporadas al género *Solanum* (Fooland, 2007).

En la primera clasificación taxonómica, al tomate cultivado se le denominó *Solanum lycopersicum* (Linnaeus, 1753). En 1754, Miller hace una distinción asignando al tomate cultivado el género *Lycopersicon* la especie *esculentum* (Miller, 1754).

### 2.3.2 MORFOLOGÍA

**Planta:** Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

**Sistema radicular:** raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

**Tallo principal:** eje con un grosor que oscila entre 24 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpodial) e inflorescencias.

**Hoja:** compuesta, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

**Flor:** es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuesto de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres. Las inflorescencias se desarrollan cada 23 hojas en las axilas.

**Fruto:** que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Anaïs *et al.*, 1981).

## 2.5 PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO

En el mundo el tomate ocupa una superficie cultivada de más de 3 millones de hectáreas, con una producción promedio de 126.2 millones de toneladas(FAO-ONU, 2006). En los últimos años, ha aumentado la demanda del tomate en el mundo y debido a su importante valor económico ha aumentado con ello su cultivo, producción y comercio. Actualmente, el tomate se cultiva en más de 160 países siendo los principales productores China, Estados Unidos, Turquía, India, Italia, Egipto, España, Brasil, Irán y México(FAO-ONU, 2006; Ramirez-Villapudau y Sainz-Rodriguez, 2006).

En México el tomate ocupa el 15% del valor total de las exportaciones agropecuarias, convirtiéndose en el principal productor de exportación. Este hecho, permite competir en los mercados de Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia, creando una importante aportación de divisas para nuestro país, además de generar empleos. En el país esta hortaliza se cultiva en 27 de los 32 estados y en 2007, la producción del tomate fue de 2.4 millones de toneladas, destacaron el estado de Sinaloa como el principal productor con el 34%, seguido de Michoacán, Baja California, Jalisco, Baja California Sur, San Luis Potosí, Zacatecas, Veracruz, Tamaulipas y Morelos(Anuario-SIAP-SAGARPA, 2007).

El tomate rojo mexicano es una de las hortalizas que generan más divisas para el país, ya que cerca de 30% de la producción nacional se exporta, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.), por lo que su cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional(Hernández-Martínez *et al.*, 2004).

México ofrece ventajas en el cultivo de frutas y hortalizas debido, sobre todo, a sus condiciones geográficas y climatológicas que resultan un factor determinante para el cultivo de diversas variedades a lo largo y ancho de casi

todo el territorio nacional con lo que se obtienen mayores rendimientos(Cervantes-Zavala y Duran-Parra, 2005).

## **2.6 IMPORTANCIA DEL TOMATE DESHIDRATADO**

Debido al alto contenido de agua que presenta el tomate (mayor al 90%) lo hace un fruto bastante perecedero de corto tiempo, por lo que surge la necesidad de buscar alternativas con el apoyo de las tecnologías para tratar de conservar el producto. Uno de los métodos de conservación de alimentos que se le puede aplicar a este rubro es la conservación por supresión de agua, que no es más que la deshidratación del fruto(Águila y Romero, 2000).

El tomate es fuente de licopeno, el cual es un pigmento vegetal que actúa como antioxidante, ayudando a la prevención del cáncer de próstata. En el caso del tomate deshidratado este pigmento tiene mayor biodisponibilidad que el tomate fresco por lo cual se asimila en mayor cantidad por el organismo(Urfalino y Mercado-Rosales, 2011).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE SITIO EXPERIMENTAL**

El presente trabajo de investigación se desarrollo desde el mes de octubre del año 2014 al mes de mayo del 2015 en las instalaciones de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna que se encuentre en la confluencia del periférico Raúl López Sánchez y la carretera Santa fe en la ciudad de torreón Coahuila.

La ciudad de Torreón Coahuila se encuentra en lo que se conoce como comarca lagunera, la cual es una región que se encuentra en el sur-oeste del estado de Coahuila y el noreste del estado de Durango que tiene entre sus actividades económicas a la industria, al comercio y al sector agropecuario.

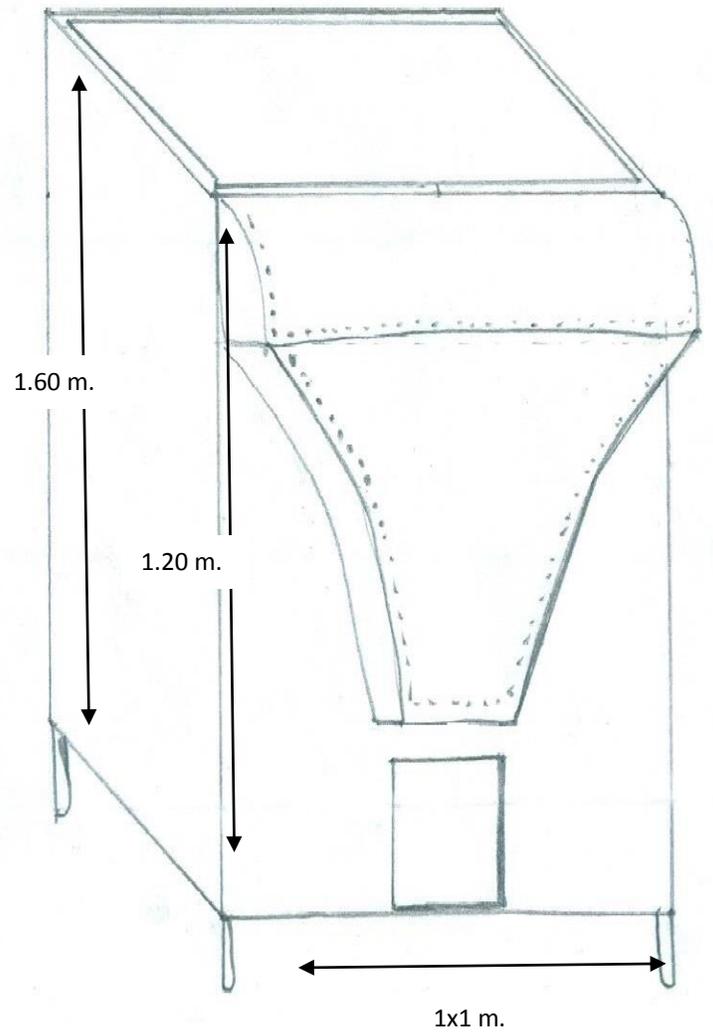
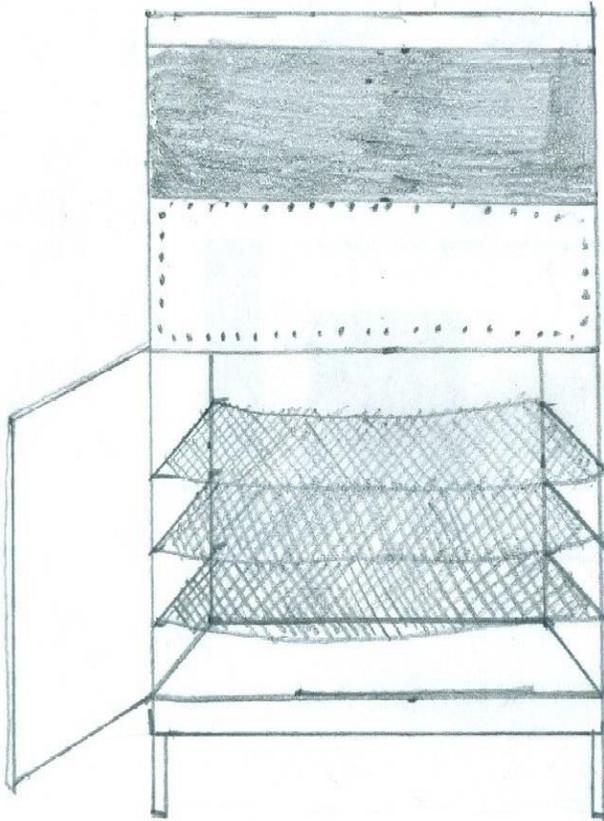
Esta región se encuentra ubicada dentro de las meridianos  $102^{\circ}22'09''$  y  $104^{\circ}45'12''$  de longitud oeste entre los paralelos  $24^{\circ}22'21''$  y  $26^{\circ}52'54''$  latitud norte; su altura media sobre el nivel del mar es de 1,140 metros.

La temperatura media anual de  $22.4^{\circ}\text{c}$ , alcanzando una temperatura máxima extrema de  $43.0^{\circ}\text{c}$  en el verano y una temperatura extrema de  $-8.0^{\circ}\text{C}$  en el invierno. Su precipitación anual es de 220 milímetros, presentándose principalmente la lluvia durante el verano y el otoño.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DESHIDRATADOR SOLAR**

Para poder desarrollar este experimento se construyo un deshidratador solar de lamina calibre 22 que equivale a 0.74 mm, con las siguientes dimensiones 1 metro de largo por 1 metro de ancho, teniendo una altura de 1.20 metro, en la parte baja y en la parte alta 1.60 metro, resultando una pendiente de 25° con respecto a la horizontal en esta parte superior. Se pintó de color negro de tonalidad mate, con la finalidad de absorber la radiación solar. En el interior del deshidratador se cuenta con tres charolas de tela de mosquitero en donde se colocaron los trozos de la fruta del tomate a una altura de 25, 50 y 75 cm respecto al piso. Además en su parte superior se coloco un cristal transparente de un 1x1m<sup>2</sup> con un espesor de 4mm. Para designar el lugar se utilizó una brújula, orientando el colector siempre hacia el sur geográfico.

### 3.3 DISEÑO DEL DESHIDRATADOR SOLAR



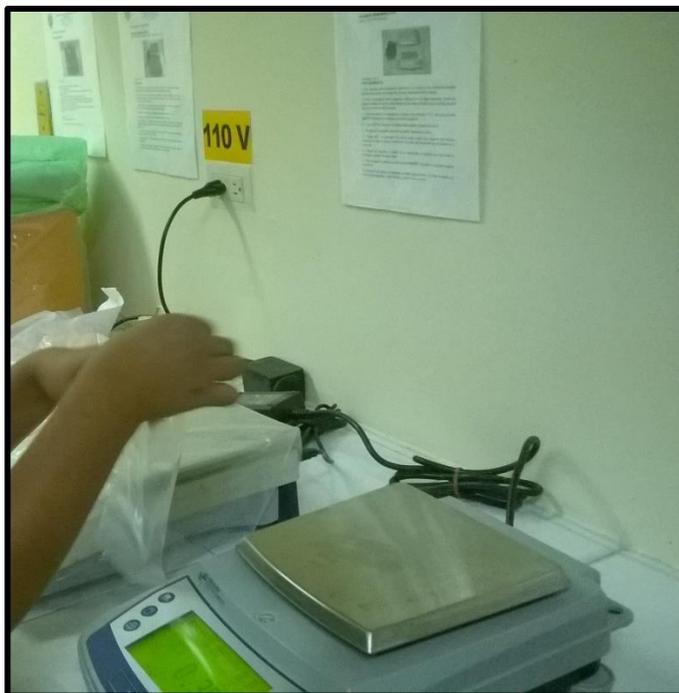
## IV. MÉTODOS

### 4.1 VARIABLES ESTUDIADAS

Se realizaron análisis de las siguientes variables porcentaje de humedad perdida, grados Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) y potencial de hidrogeno (pH). Estos análisis se realizaron en los laboratorios de suelo, biología, horticultura y fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se tomaron las muestras de la pulpa del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), la primera muestra se consideró como testigo, las otras muestras se colocaron tres en cada una de las charolas, equidistantes de los frutos unos con otros. Una vez pasado en tiempo de estimado de deshidratación se depositaron en bolsas de plástico previamente enumeradas para llevarse a los laboratorios.

### 4.2 DETERMINACIÓN DEL PESO DEL FRUTO

El peso se determinó para cada uno de los trozos del tomate antes y después de entrar al deshidratador solar utilizando una balanza analítica de marca AVENTURE PRO. (OHAUS)(MOD.AV8101 Cap. 0.1g)<sup>®</sup>. Los resultados de los trozos del fruto se expresaron en gramos (g). **Figura 2.**



**Figura 2.** Peso de los tozos del tomate

#### **4.3 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD**

El contenido de humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad de: frutas y vegetales deshidratados, leches deshidratadas; huevo en polvo, papas deshidratadas y especias.

Para poder determinar el procedimiento de humedad perdida se cálculo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad perdida} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} (100)$$

#### **4.4 DETERMINACIÓN DE LOS GRADOS BRUX (°BX)**

Los grados Brix (símbolo °Bx) sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido; es una medida de la concentración de azúcar en una disolución.

Para poder medir los grados °Bx se utilizó una refractómetro de la marca ATAGO® se colocó en la ventanilla unas gotas de las muestra y se tomaron las medidas correspondientes por el visor. **Figura 3.**



**Figura 3.** Determinación de grados °Bx

#### **4.5 DETERMINACIÓN DE POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y estabilidad de los mismos. Los ácidos predominantes en los frutos son: el cítrico en la mayoría de de los frutos tropicales, el mélico en la manzana y el tartárico en uvas y tamarindos.

La determinación del pH es de gran importancia en la industria de alimentos en la utilización y control de los microorganismos o enzimas en la estabilización de jugo de frutas vegetales o la producción de mermeladas y jaleas.

Para poder medir el pH se utilizó pH-metro de la marca ORION 420A® antes de utilizarlo se calibró. Posteriormente se utilizaron las muestras ya previamente deshidratadas, se colocó el electrodo del pH-metro en cada muestra del fruto del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y se tomó lectura de cada una determinada su pH. **Figura 4.**



**Figura 4.** Determinación de pH

#### 4.6 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se lavó y secó el fruto para rebanarlo en 10 trozos para después pesarlos y ponerlos en bolsas de plástico para posteriormente llevarlos a donde serían colocados dentro del deshidratador. **Figuras 5 y 6.**



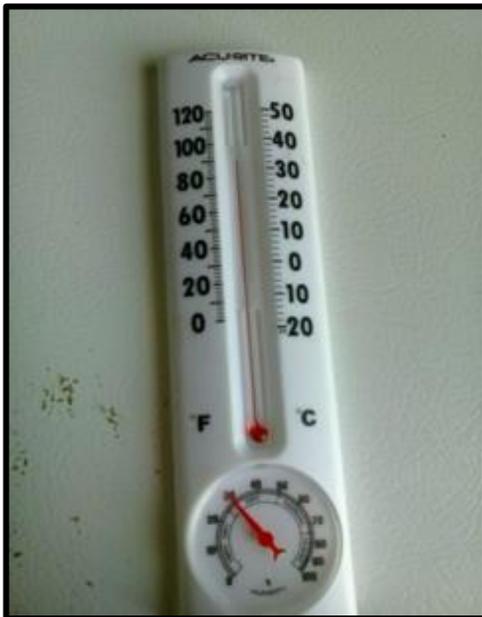
**Figura 5.** Trozos del tomate



**Figura 6.** Colocación dentro de las bolsas de plástico con numeración

#### 4.7 LECTURAS DE LAS TEMPERATURAS DENTRO Y FUERA DEL DESHIDRATADOR SOLAR

El deshidratador se colocó a partir de las 9 am dirigido hacia el sur geográfico y se retiró a las 2 pm, en el transcurso se utilizaron cuatro termómetros de la marca ACURITE®, una para medir la temperatura ambiente al exterior del deshidratador y los otros tres se colocaron dentro en cada una de las charolas en la parte media de las misma. Midiéndose a cada hora la temperatura. **Figuras 7 y 8.**



**Figura 8.** Toma de lectura afuera del deshidratador.



**Figura 7.** Toma de lectura dentro del deshidratador.

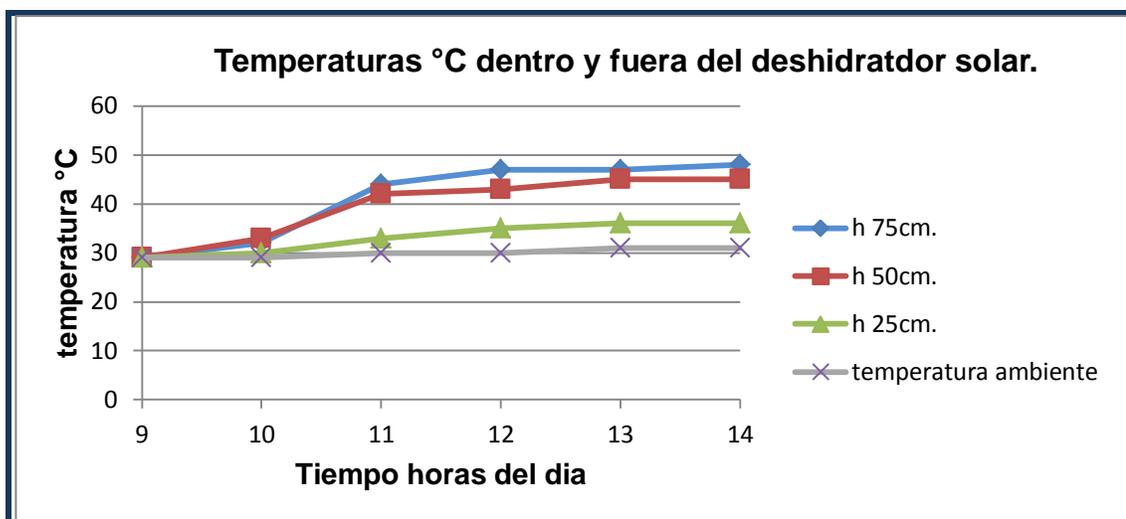
## V. RESULTADOS

El día 15 de octubre de 2014 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzando las siguientes temperaturas dentro y fuera del mismo (**Tabla 2**).

Hora del día.	Temperatura °C Exterior.	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm.	50cm.	25cm.
9	29	29	29	29
10	29	32	33	30
11	30	44	42	33
12	30	47	43	35
13	31	47	45	36
14	31	48	45	36

**Tabla 2.** Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 15 de octubre de 2014.

A las 9:00am se tomó la primera lectura que fue de 29°C, en el exterior e interior, conforme fue pasando el tiempo a las 14:00 hrs. se alcanzó una temperatura exterior de 31°C, en tanto que dentro del deshidratador a esa misma hora en la altura de los 75cm se tenía un temperatura máxima de 48°C, con una diferencia de 17°C, entre las temperaturas. **Grafica 1.**

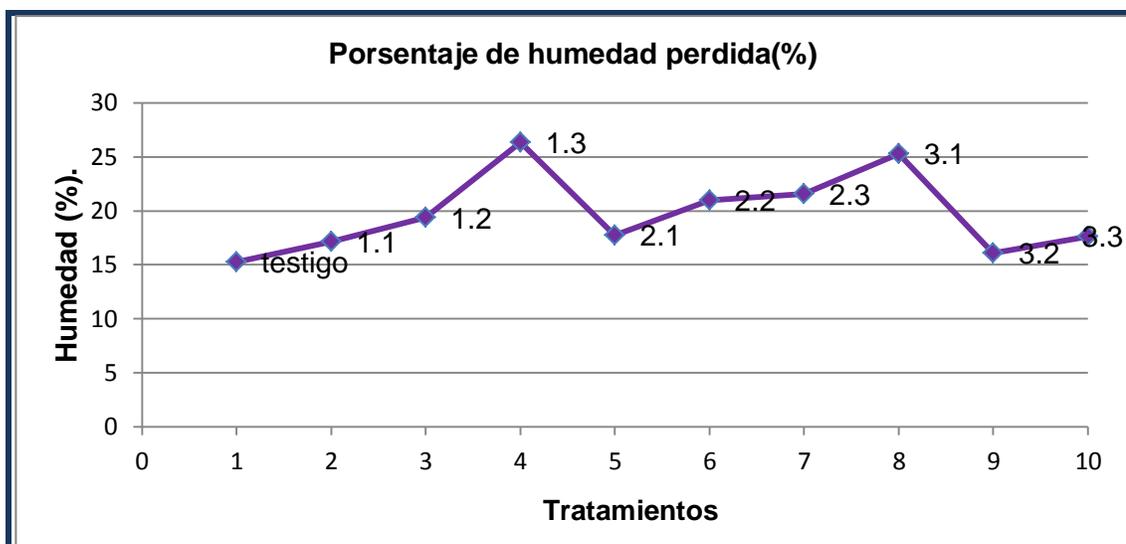


**Grafica 1.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 15 de octubre de 2014.

Los tratamientos se pesaron antes de entrar al deshidratador, una vez terminado el tiempo de deshidratación de las 14 hrs. se volvieron a pesar dichas muestras de acuerdo a la siguiente fórmula se determinó el porcentaje de humedad perdida.

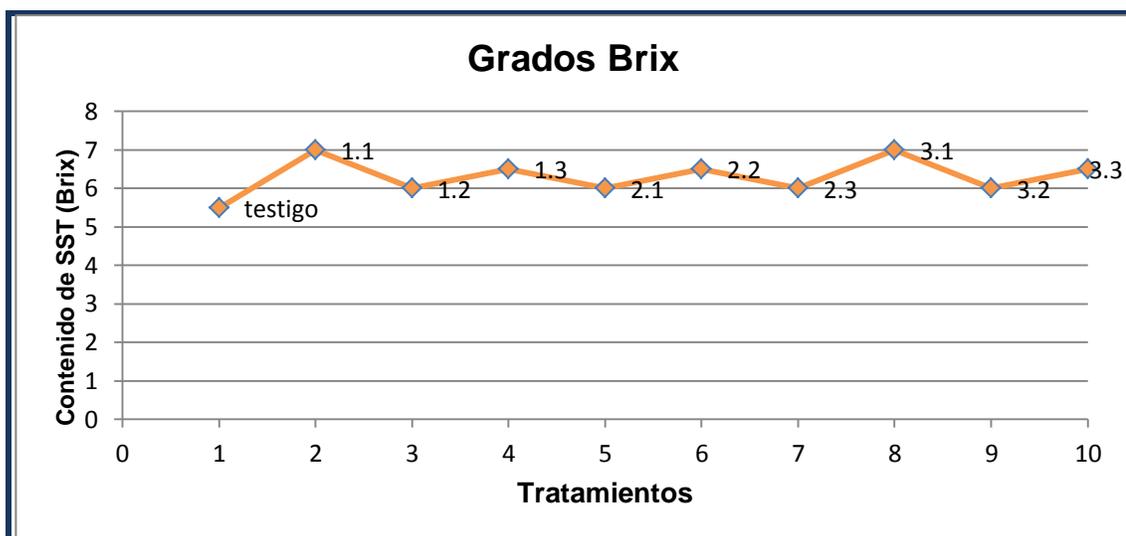
$$\% \text{ humedad perdida} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} (100)$$

De acuerdo a esta fórmula se obtuvieron los siguientes datos. Se observa que el tratamiento que tuvo más humedad perdida fue 1.3, es decir en la altura de los 75cm, esto se debe a que en esa altura se alcanzó la mayor temperatura y por lo cual se obtuvo un porcentaje mayor de deshidratación. **Grafica 2.**



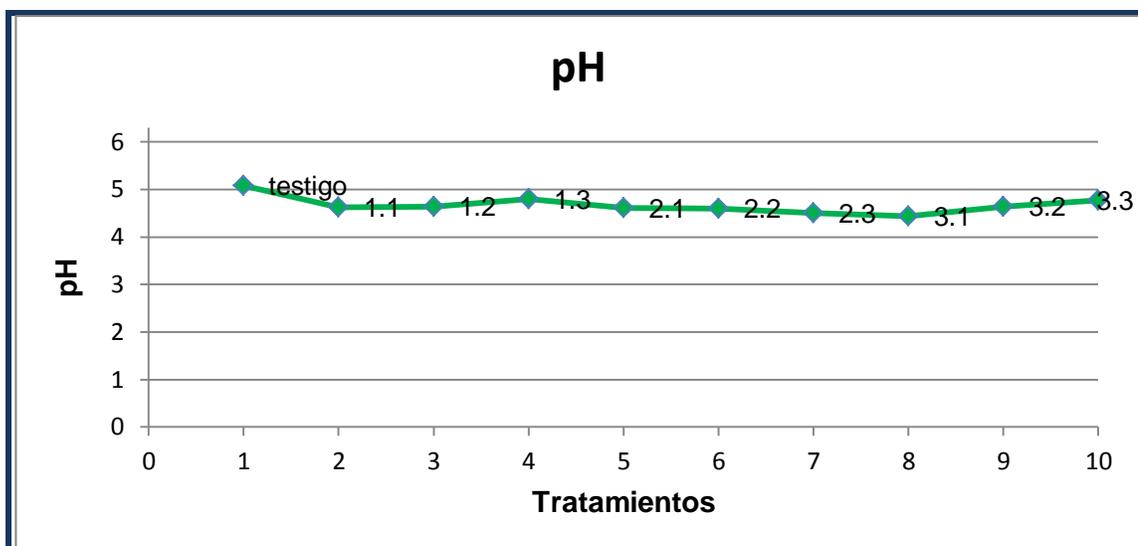
**Gráfica 2.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 15 de octubre de 2014.

Cuando se analizó el parámetro de grados Brix, el testigo tuvo un valor de 5.5. El tratamiento que obtuvo más concentración de grados Brix fue 1.1 esto se debió a que se deshidrató más. **Gráfica 3.**



**Gráfica 3.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 15 de octubre de 2014.

Finalmente se observó la variable de pH se observa que el tratamiento que no fue deshidratado alcanzó un valor 5.08 en tanto que todos los demás tratamientos sus valores fueron debajo de 5 hasta un mínimo 4.3. **Gráfica 4.**



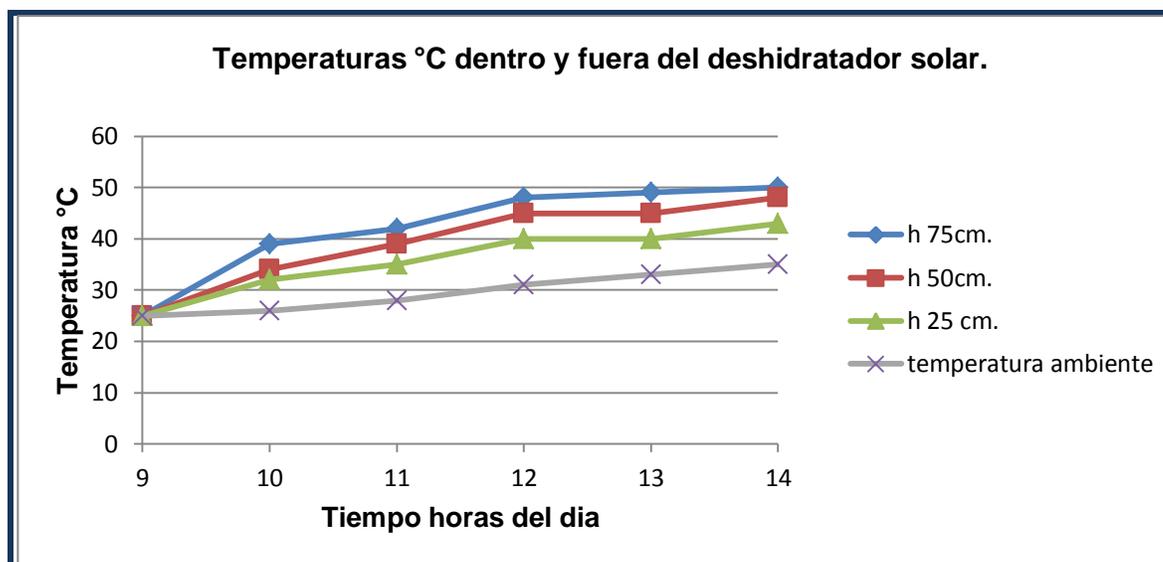
**Gráfica 4.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 15 de octubre de 2014.

El día 29 de octubre del año 2014 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzando las siguientes temperaturas dentro y fuera del mismo (**Tabla 3**).

Hora del día	Temperatura °C exterior	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm.	50cm.	25cm.
9	25	25	25	25
10	26	39	34	32
11	28	42	39	35
12	31	48	45	40
13	33	49	45	40
14	35	50	48	43

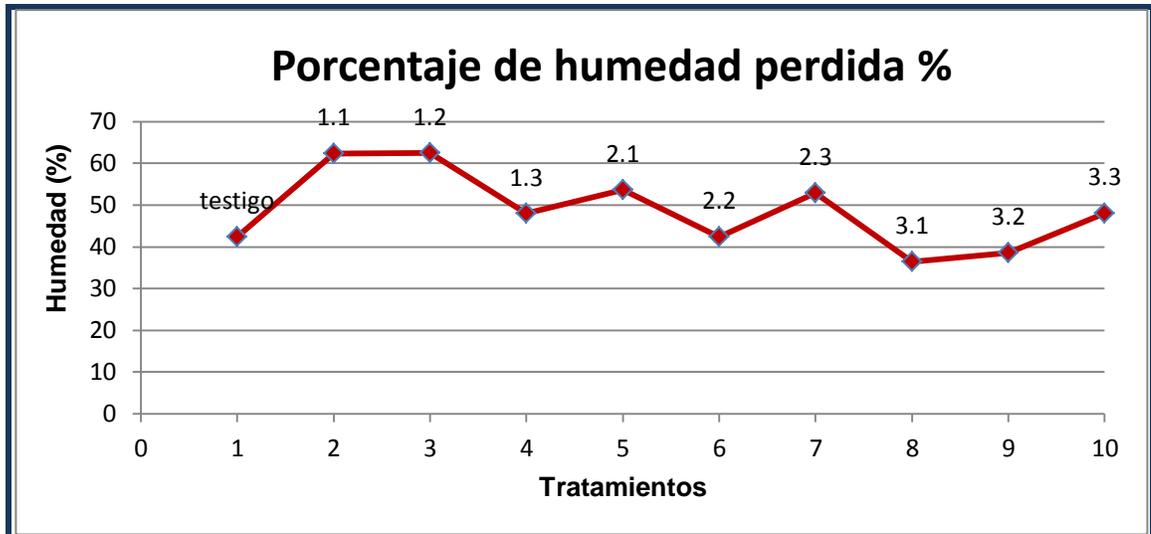
Tabla 3. Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 29 de octubre de 2014.

Se observó la temperatura obtenida a las 9:00 am fue de 25°C, en el exterior e interior del deshidratador, a medida que va pasando las horas del día se puede observar que en el interior del deshidratador la temperatura va aumentado en las diferentes alturas, en el nivel de 75cm como se está previsto alcanzó la mayor temperatura que fue 50°C. Habiendo una temperatura ambiente en el exterior de 35°C, con una diferencia de 15°C. **Grafica 5.**



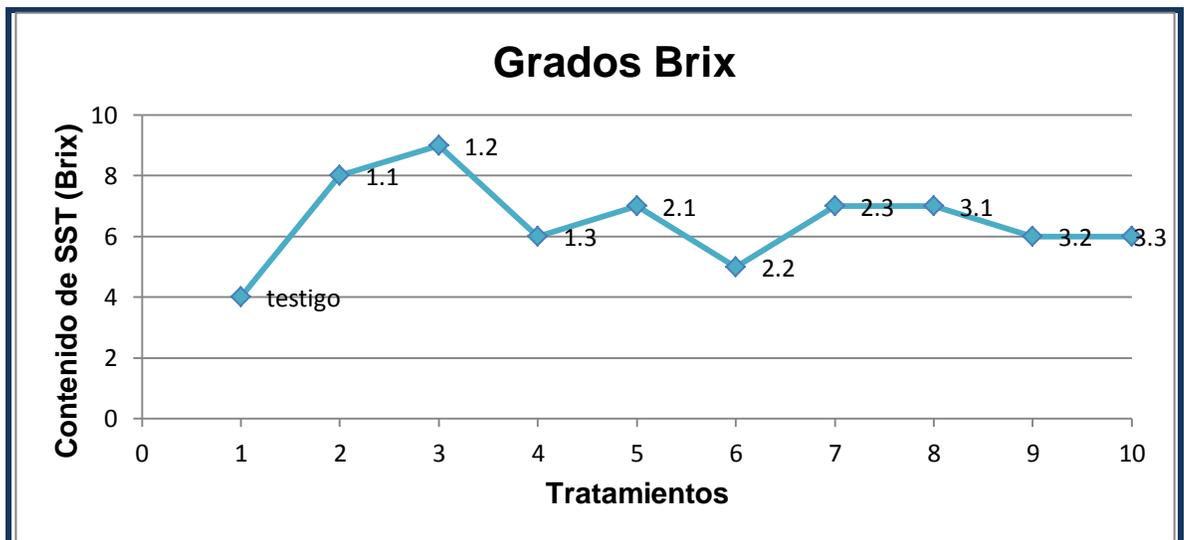
**Grafica 5.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal Transparente el día 29 de octubre de 2014.

Tomando en cuenta que el fruto se rebanó para 10 tratamientos que se fueron pesando antes de entrar al deshidratador y después. Como vemos el tratamiento 1.1 y 1.2 fueron los más deshidratados y por lo tanto son los que perdieron más humedad ya que están en la parte superior de la charola de 75cm.de altura donde está la parte del colector solar. **Grafica 6.**



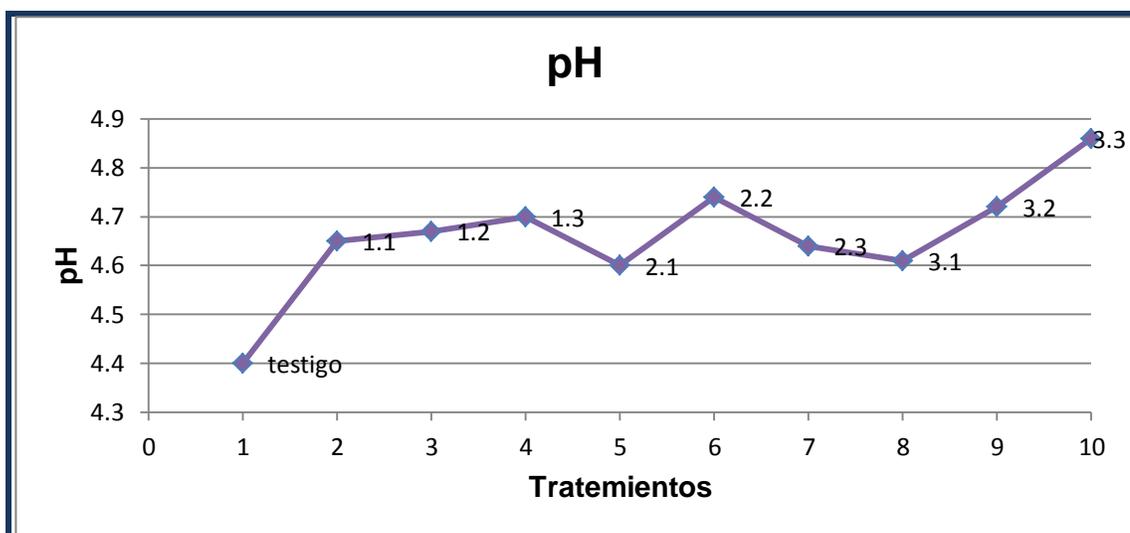
**Grafica 6.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 29 de octubre de 2014.

Los grados Brix se refieren a la concentración de sólidos solubles totales el cual se relaciona al estado de madurez. Como se va deshidratando aumenta también el estado de madurez y concentración. **Grafica 7.**



**Gráfica 7.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 29 de octubre de 2014

El pH de los 10 tratamientos nos indica que es tratamiento 3.3 fue el más ácido tomado en cuenta que el testigo fue de 4.4 al no deshidratarse. **Grafica 8.**



**Grafica 8.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 29 de octubre de 2014

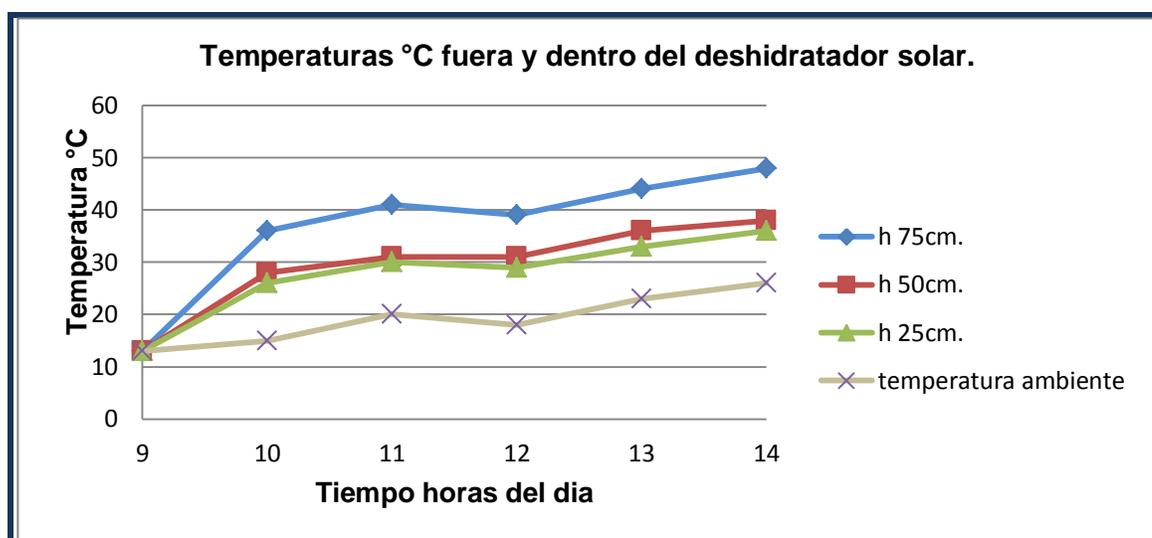
El día 21 de febrero del 2015 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzando las siguientes temperaturas dentro y fuera del mismo (Tabla 4).

Hora del día	Temperatura °C exterior	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm.	50cm.	25cm.
9	13	13	13	13
10	15	36	28	26
11	20	41	31	30
12	18	39	31	29
13	23	44	36	33
14	26	48	38	36

**Tabla 4.** Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 21 de febrero de 2015.

Las temperaturas correspondidas a dicho mes tomando una temperatura exterior e interior del deshidratador a las 9:00am con 13°C, como se muestra en la gráfica 10 la temperatura a las 14.00pm fue una de las más altas con 48°C, en la altura de 75cm de la base del deshidratador. **Grafica 9.**

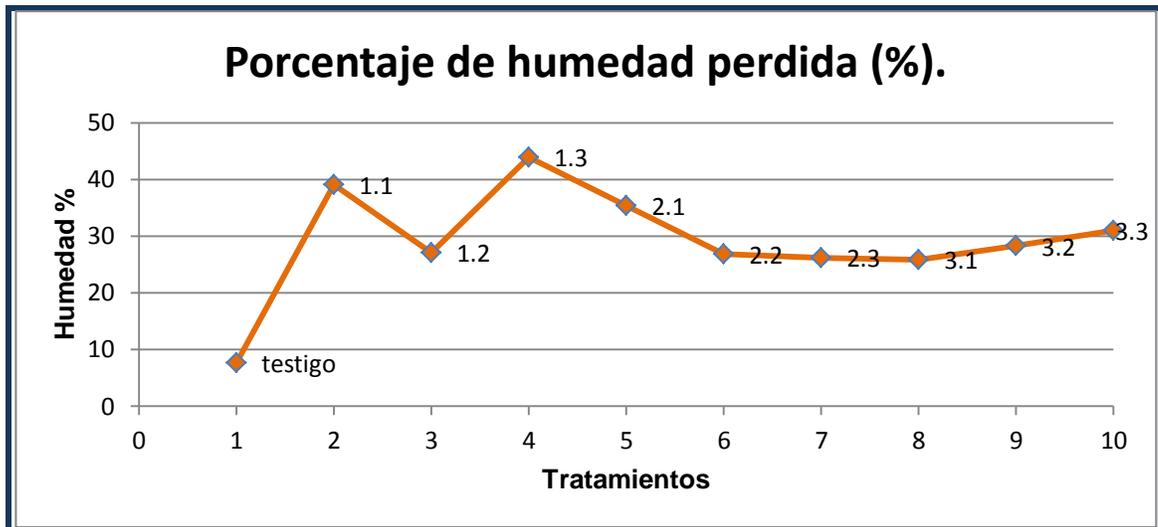
Dentro del deshidratador varían las temperaturas en la hora del día y en la altura que se encuentra la bandeja de acuerdo a la base del deshidratador esto en la altura máxima de 75cm. es donde más reside la radiación solar esto se debe que la bandeja se encuentra cerca del colector solar y que también los gases que se encuentran dentro se expanden y se acumulan en la parte de arriba debido al calor acumulado de acuerdo a la ley de los gases. También descendió la temperatura de acuerdo a la altura del deshidratador esto que quiere decir que el fruto que se encuentra en la altura de 75cm. se deshidrató más, la temperatura máxima que se observó fue de 58°C, en la altura de 75cm a las 14:00pm esto quiere decir que los resultados son los esperados. **Grafica 9.**



**Grafica 9.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 21 de febrero de 2015.

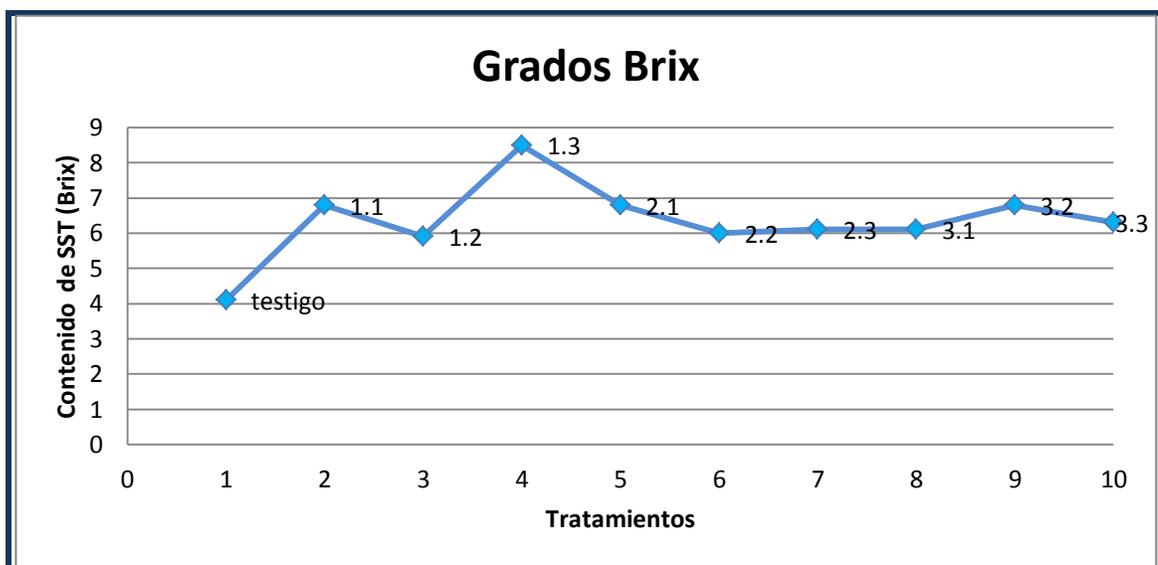
Tomando encuesta los 10 tratamientos vemos que el testigo obtuvo un pérdida final de humedad de 7.2% ya que este tratamiento no ingreso al deshidratador, por lo tanto el tratamiento 1.3 fue el que obtuvo la pérdida de humedad de

43.9% ya que se encontraba en la bandeja de 75cm de altura con respecto a la base del deshidratador y las mas cercar del colector solar. **Grafica 10.**



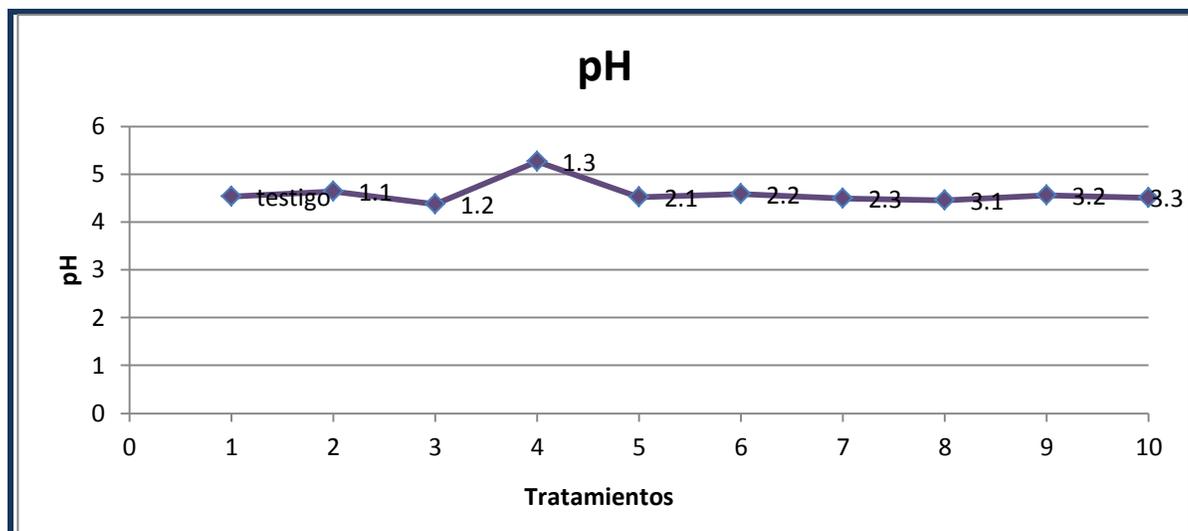
**Grafica 10.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 21 de Febrero de 2015.

En la concentración de grados Brix observó que el mismo tratamiento 1.3 fue el que obtuvo una concentración de 5.9 esto se debió que también perdió una gran cantidad humedad. **Grafica 11.**



**Gráfica 11.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 21 de febrero de 2015.

Se observa el comportamiento del pH con respecto al testigo se obtuvo un valor de 4.33, también se observó que el tratamiento 1.3 se obtuvo un pH de 5.27 y los demás se comportaron entre un valor de 4 y 4.70. **Grafica 12.**



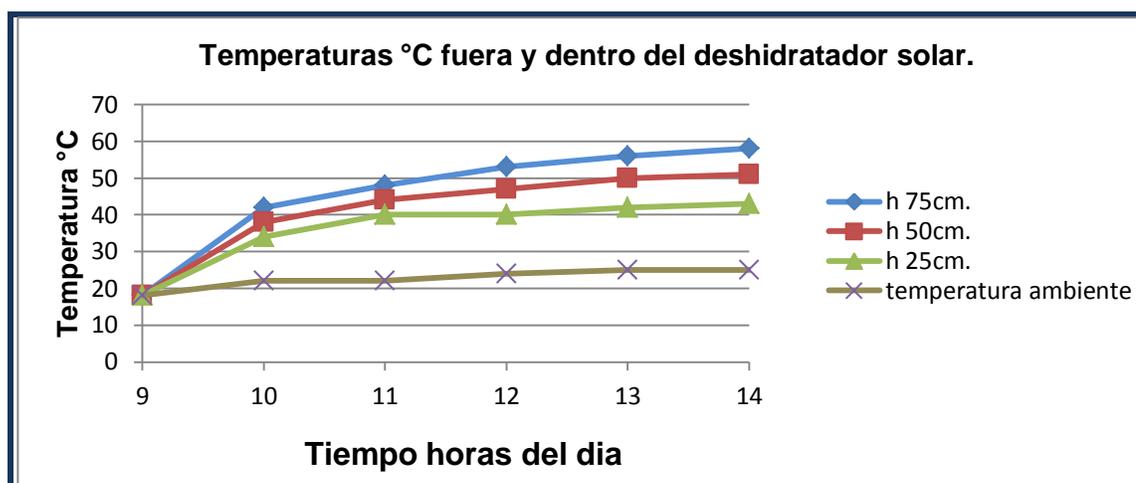
**Gráfica 13.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 21 de febrero de 2015.

El día 24 de marzo del año 2015 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzando las siguientes temperaturas dentro y fuera del mismo (**Tabla 5**).

Hora del día	Temperatura °C exterior	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm.	50cm.	25cm.
9	18	18	18	18
10	22	42	38	34
11	22	48	44	40
12	24	53	47	40
13	25	56	50	42
14	25	58	51	43

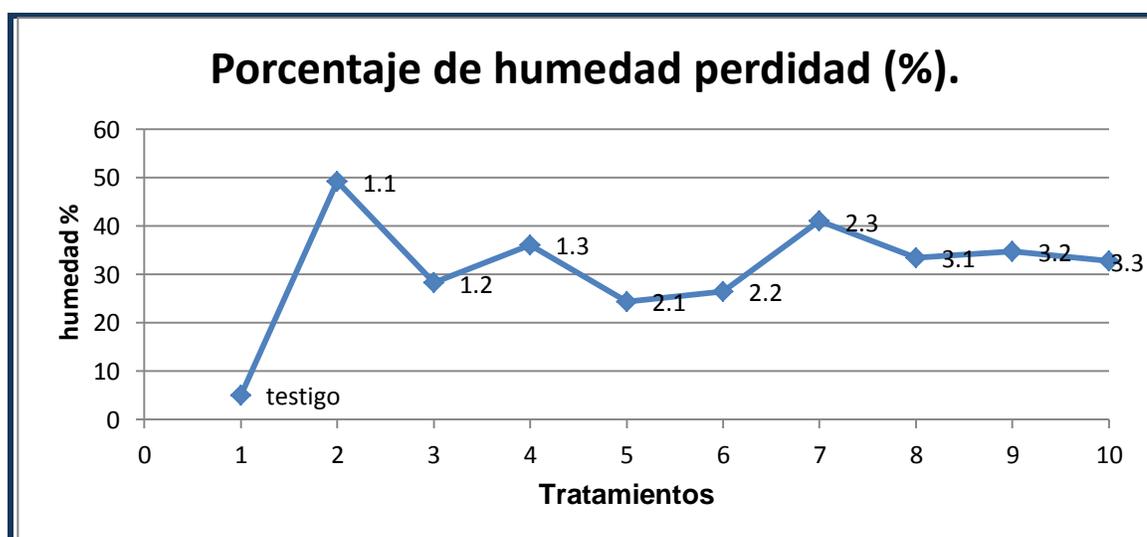
**Tabla 5.** Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar utilizando cristal transparente el día 24 de marzo de 2015.

Las temperaturas correspondidas a dicho mes tomando una temperatura exterior e interior del deshidratador a las 9:00am con 18°C, La temperatura a las 14.00pm fue una de las más altas con 58°C, en la altura de 75cm de la base del deshidratador. **Grafica 14.**



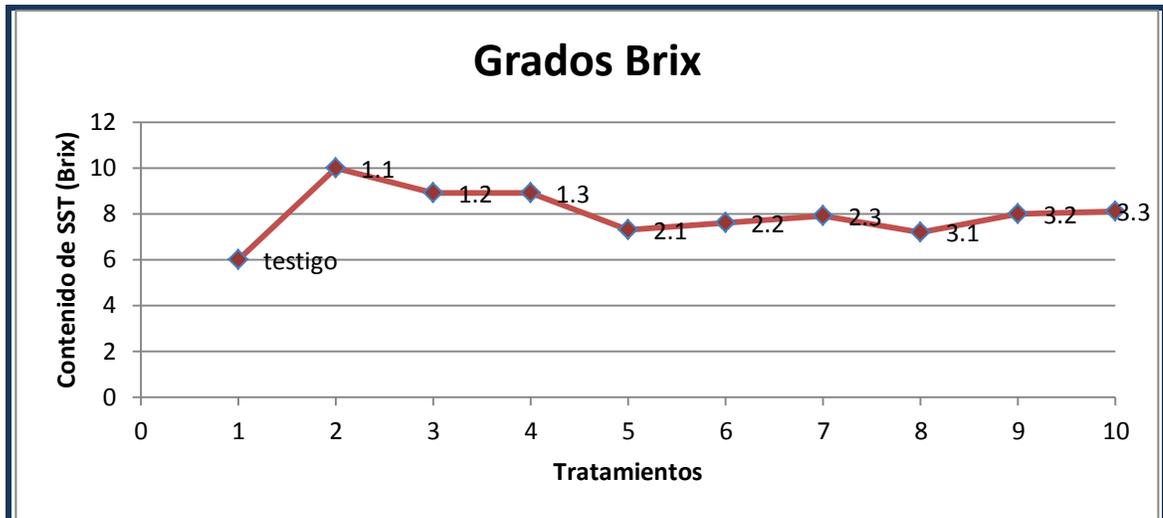
**Grafica.14** .Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 24 de marzo de 2015.

Según lo obtenido el tratamiento que tuvo más perdida de humedad fue el 1.1 esto se dió ya que se encontró en la bandeja de 75cm. donde se alcanzó también una temperatura alta. **Grafica 15.**



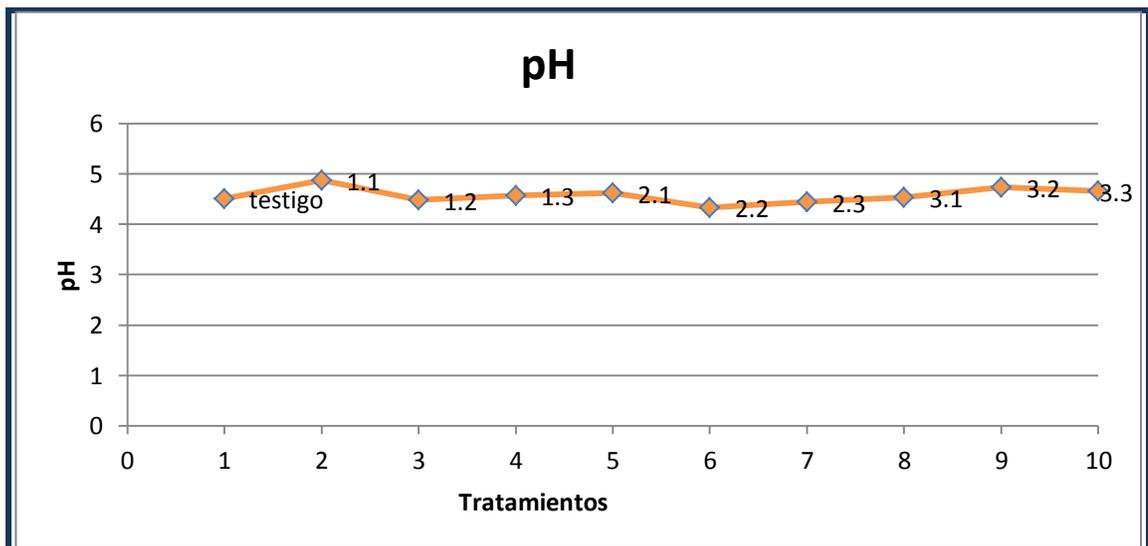
**Grafica 15.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 24 de Marzo de 2015.

Los grados Brix se observó que el reactivo 1.1 fue en que obtuvo más concentración esto se debió que perdió más agua al deshidratarse y se concentró más los azúcares. **Gráfica 16.**



**Gráfica 16.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 24 de marzo de 2015.

Como se muestra en la gráfica el pH no varió mucho entre los 10 tratamientos significativamente. **Gráfica 17.**



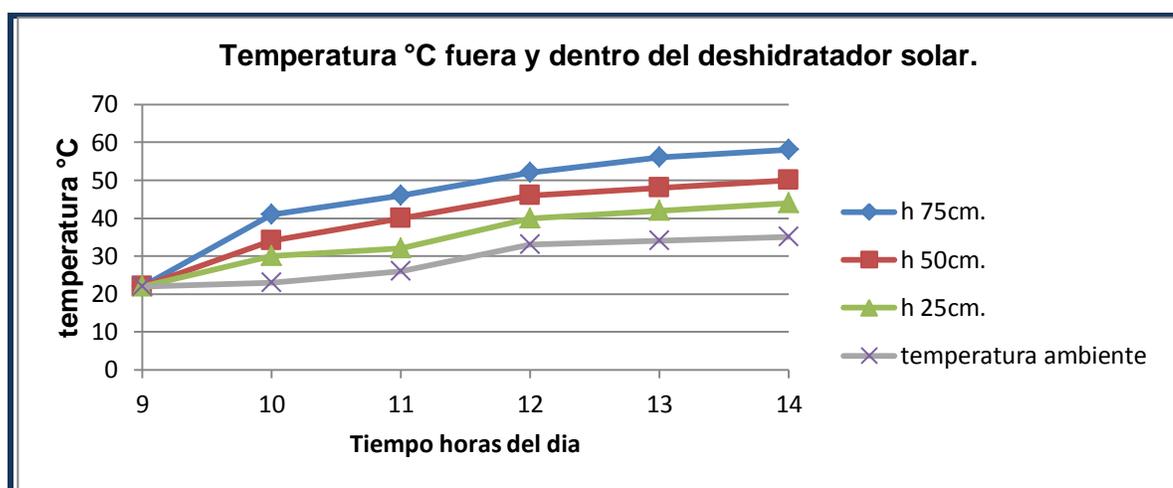
**Gráfica 17.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 24 de marzo de 2015.

El día 27 de abril del año 2015 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzandolas siguientes temperaturas dentro y fuera (**Tabla 6**).

Hora del día	Temperatura °C exterior	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm.	50cm.	25cm.
9	22	22	22	22
10	23	41	34	30
11	26	46	40	32
12	33	52	46	40
13	34	56	48	42
14	35	58	50	44

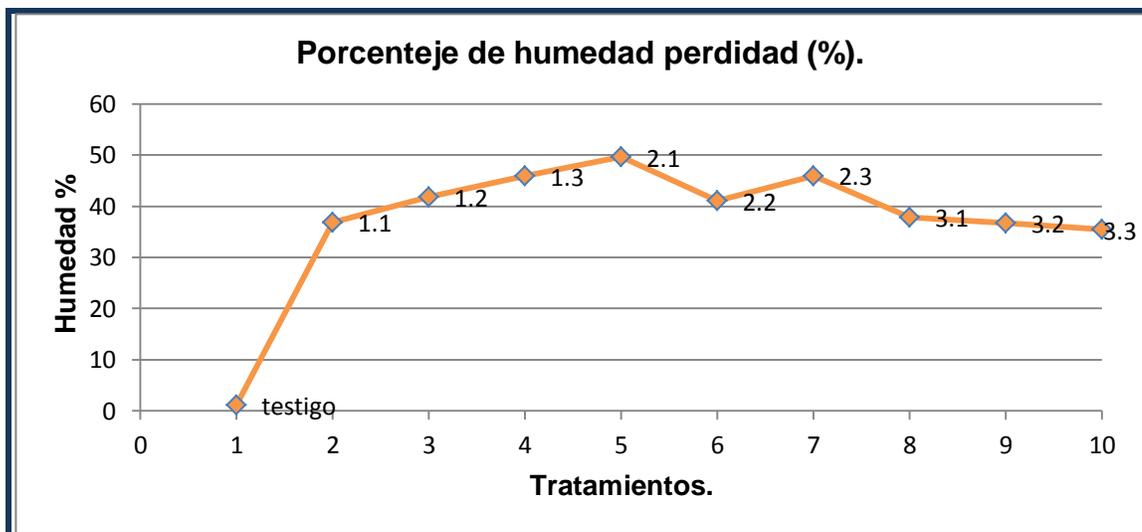
**Tabla 6.** Temperatura dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de abril de 2015.

Las temperaturas correspondidas a dicho mes tomando una temperatura exterior e interior del deshidratador a las 9:00am con 22°C, la temperatura a las 14.00pm fue una de las más altas con 52°C, en la altura de 75cm de la base del deshidratador. **Grafica 18.**



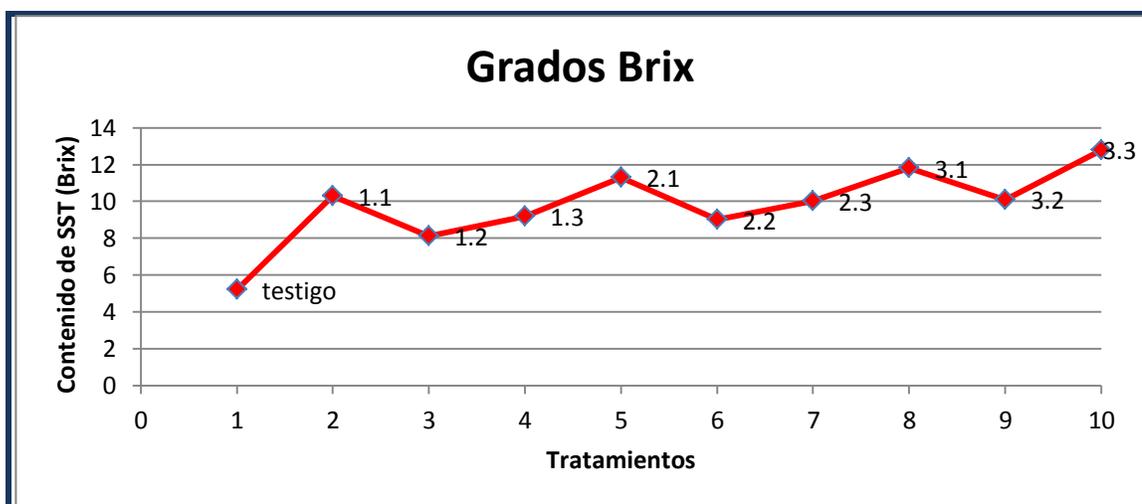
**Grafica 18.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de abril de 2015.

La pérdida de humedad en los reactivos 1.2 ,1.3 y 2.1 fueron los que obtuvieron una pérdida de humedad mayor ya que se encontraban en la charola de la altura de 75cm. **Grafica 19.**



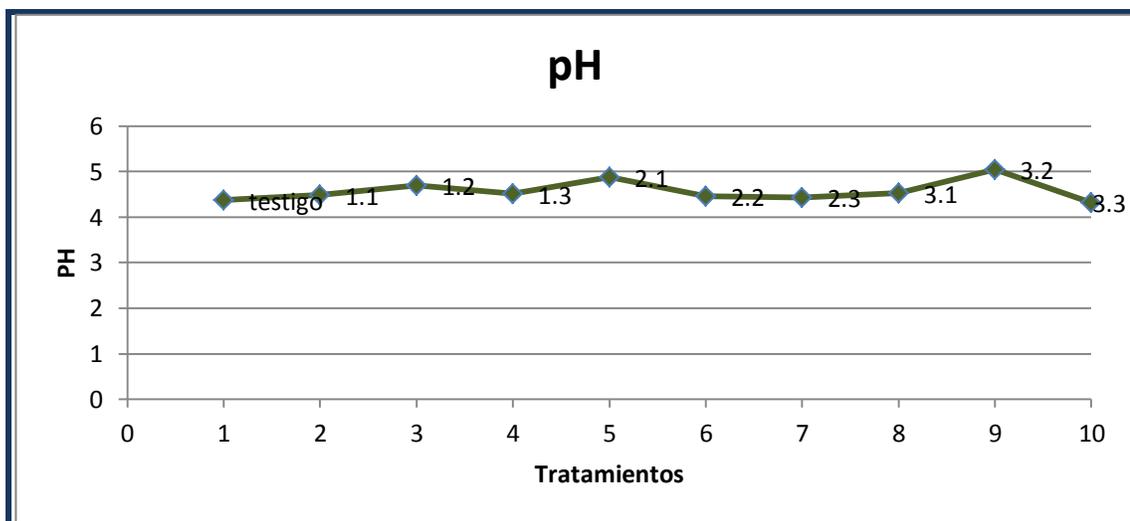
**Grafica 19.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 27 de Abril de 2015.

Se observa que en los grados Brix también se toma en cuenta que cantidad de peso perdió el fruto en este caso la grafica donde hay más concentración de soluto en el reactivo 3.3 esto se debe a que perdió mayor peso que las demás muestras. **Grafica 20.**



**Gráfica 20.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 27 de abril de 2015.

Se observa que en la grafica que el pH es constante y no varía tanto con las demás pruebas más deshidratadas. **Grafica 21.**



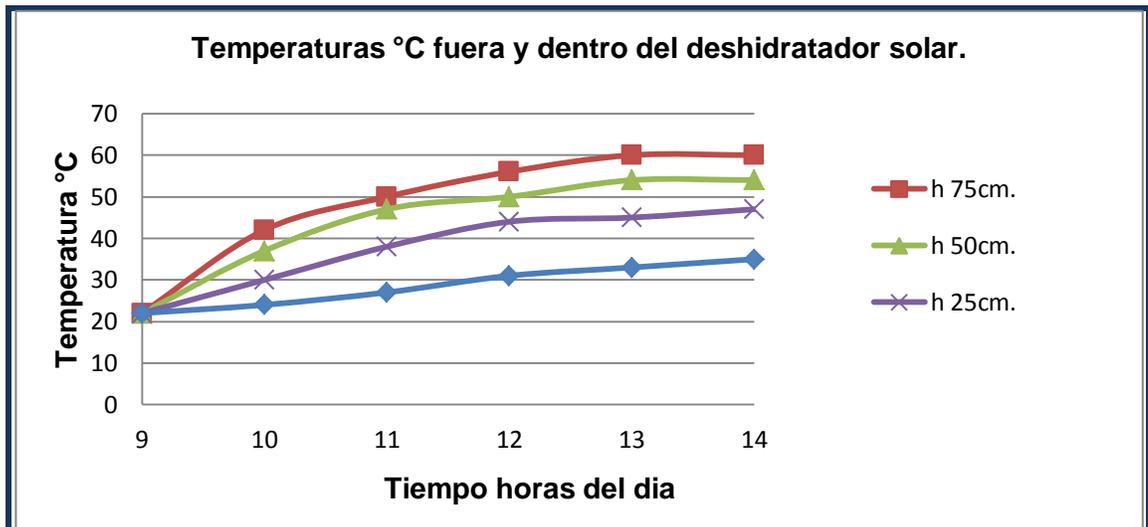
**Grafica 21.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 27 de abril de 2015.

El día 27 de mayo del año 2015 se utilizó el deshidratador con cristal transparente fijo durante todas las horas en que se estuvo deshidratando el tomate alcanzando las siguientes temperaturas dentro y fuera del mismo. Las temperaturas correspondidas a dicho mes tomando una temperatura exterior e interior del deshidratador a las 9:00 am con una lectura de 22°C (**Tabla 7**).

Hora del día	Temperatura °C exterior	Temperaturas °C internas de la base del deshidratador con una altura de:		
		75cm	50cm	25cm
9	22	22	22	22
10	24	42	37	30
11	27	50	47	38
12	31	56	50	44
13	33	60	54	45
14	35	60	54	47

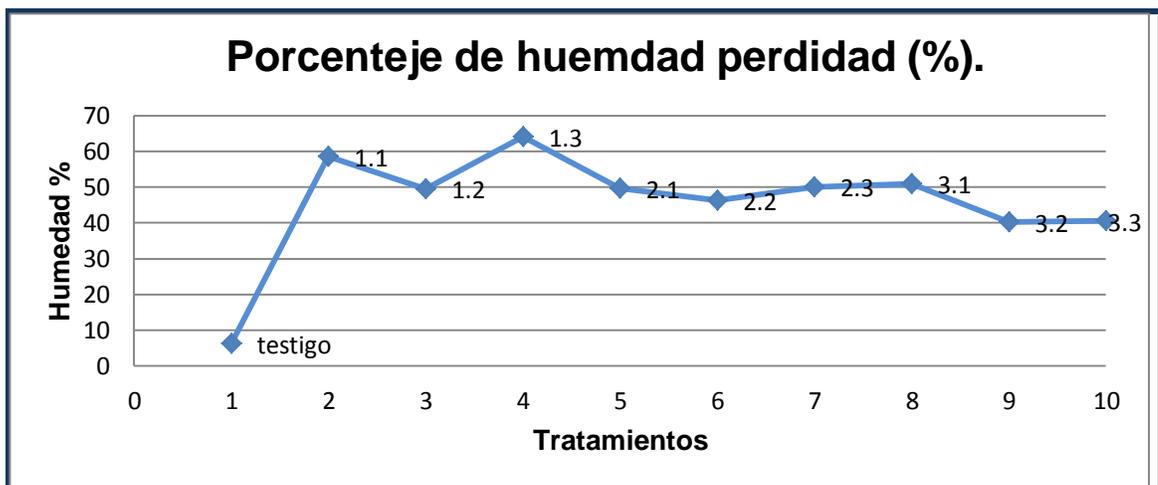
**Tabla 7.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de mayo de 2015.

Como se observa la grafica las temperaturas máximas fueron a la altura de 75cm. de la base del deshidratador. Teniendo una temperatura máxima de 60°C, a las 14:00 pm del día. **Grafica 22.**



**Grafica 22.** Temperaturas dentro y fuera del deshidratador solar con cristal transparente el día 27 de mayo de 2015.

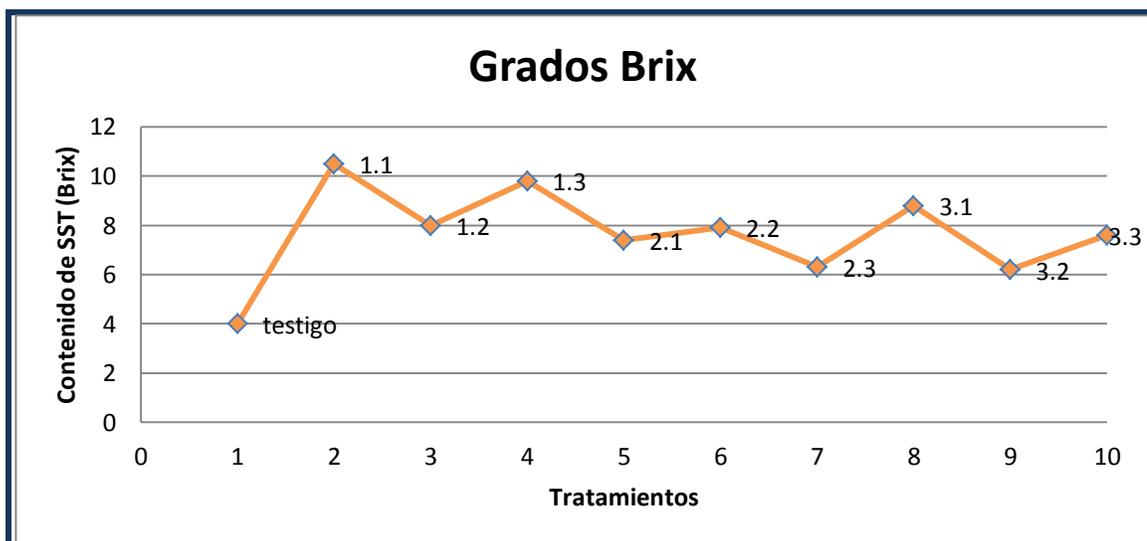
Como se observa en la grafica los tratamientos donde se perdió mas humedad fue 1.3 esto es porque se colocó en la charola de la altura de 75cm. donde se encuentra más radiación y calor ya que esta cerca del colector solar. **Grafica 23.**



**Grafica 23.** Porcentaje de humedad pérdida en la pulpa de tomate el día 27 de Mayo de 2015.

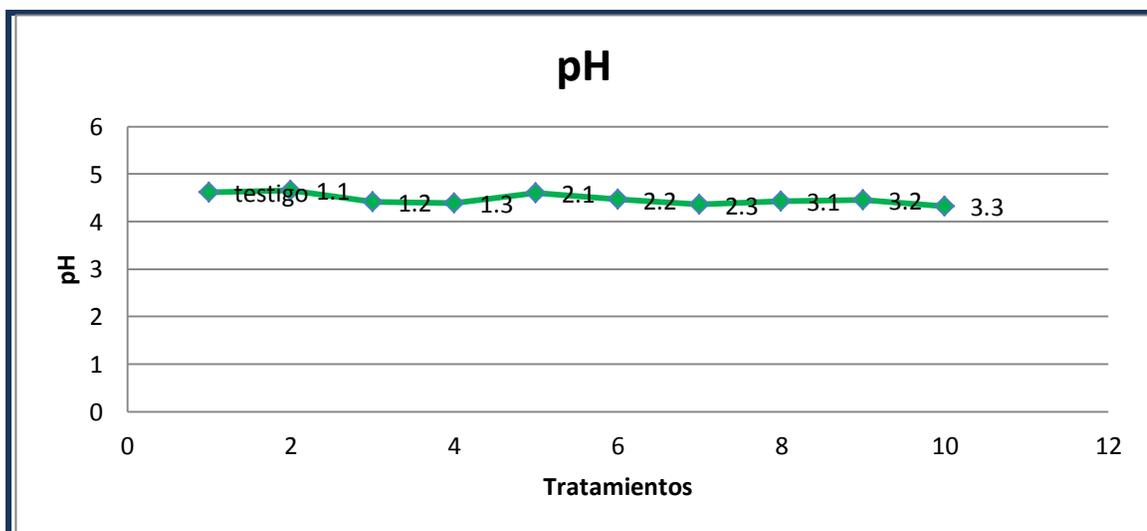
Como se observa el tratamiento que tuvo más pérdida de humedad también tiene una mayor concentración de grados Brix esto se debe que al deshidratar un alimento los azúcares se concentran más al perder el agua que contienen.

**Gráfica 23.**



**Gráfica 23.** Grados Brix en la pulpa de tomate el día 27 de mayo de 2015.

Se observa que en todos los tratamientos el pH no varía mucho ya que la acidez de un fruto no se ve afectada por la deshidratación. **Gráfica 24.**



**Gráfica 24.** Valores de pH en la pulpa del tomate el día 27 de mayo de 2015.

## VI. CONCLUSIONES

Este trabajo se presenta como alternativa de optimización de frutas cosechadas, por medio de un deshidratador solar.

Con respecto al pH se encontró que entre más deshidratado este el tomate se vuelve más básico.

En grados °Bx igualmente los mas deshidratados contiene la concentración más alta.

De los datos experimentales tomados durante el proceso se encontró que es mejor deshidratar en las temporadas de primavera-verano ya que la radiación del sol es mayor, también que es mejor rebanar el fruto a cierta dimensión ya que si se hace muy delgaditas las rebanadas tendremos dificultades al retirarlos de la charola.

Dentro del deshidratador solar se encontró que la altura de 75cm es la más adecuada, ya que es donde el producto se deshidrata más.

Con respecto a las horas del día a las 14:00pm se notó que es la temperatura más alta durante el proceso de deshidratación.

La deshidratador solar es una buena alternativa para desecar alimentos de cualquier tipo: Hierbas, carnes, hortalizas frutas etc., ya que al ingresarlos no tienen contacto con moscas o otros animales que pudieran contaminar los productos.

Aparte de ser dispositivo que maneja energía solar que no contamina el ambiente.

## VII. LITERATURA CITADA

1. Águila, M. y C. Romero 2000. "Deshidratación osmótica de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)." J. Food Sci. (48) p.202-205, España.
2. Anaïs, G., M. Clairon, F. Daudet, A. Kermarrec y P. Daly 1981. "La tomate aux Antilles INRA." Monographie pour le développement local p.30, Antillas, Guyana.
3. Anuario-SIAP-SAGARPA 2007. México, DF.
4. Auriá, A. C. 2012. "La atmósfera y las estrellas. Las relaciones entre Meteorología y Astronomía." (1) p.379-400, Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid.
5. Bachiller, R. 2009. "El Sol: nuestra estrella, nuestra energía." Observatorio astronómico nacional. Instituto geográfico nacional-ministerio de fomento.p.371, Madrid, España.
6. Beñat-Salbidegoita, I. 2008. "Solar energy " Tecnología energética (83). p.561, España.
7. Bergues-Ricardo, C. C., P. Griñan-Villafañe, J. L. Abdala, S. F. Fonseca-Fonseca y A. Torres-Ten 2011. "Energía solar y agricultura en Cuba. Concepción y pruebas de un secador solar de plantas medicinales con cubierta de polietileno." Revista de desarrollo local sostenible (10) p.2, Cuba.
8. Blanco-Cano, X. 2009. "El Sol, nuestra estrella " Revista digital universitaria (10) p.2, UNAM.
9. Brenan, J. G. 1980. "Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos." Editorial Acribia S. A (2) p.200, Zaragoza-España.
10. Building, A. R. 2001. "El sol, la radiación ultravioleta y usted." p.10, Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. .
11. Carbonell, J. V., A. Madarro, F. Piñaga y J. Peña 1984. "Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. IV. Cinética de adsorción y desorción de agua en zanahorias." Revista de Agroquímica y Tecnología de alimentos p.94-99, UNAM.

12. Cardeña Solano, L. G. y A. Martínez Garrido 2013. "Rendimiento y costos del cultivo de jitomate con sustrato inerte complementado con lombricomposta como alternativa para reducir los fertilizantes químicos." p.4-7, Veracruz.
13. Casas, J. M., F. Gea, A. Javaloyes, A. Martín, J. A. Pérez, I. Triguero y F. Vives 2007. "Educación Medioambiental " Club universitario p.161-171, San Vicente (Alicante).
14. Castañeda-Miranda, A., A. González-Parada, R. Guzmán-Cabrera y O. G. Ibarra-Manzano 2012. "Desarrolló de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso." p.14, Universidad de Guanajuato. México
15. Cervantes-Zavala, M. A. y M. A. Duran-Parra 2005. "El impacto del tratado de libre comercio en el sector hortofrutícola en México (1988-2002)." El cotidiano p.106-116, México. D.F.
16. Colina, I. y M. Luisa 2010. "Deshidratación de alimentos " Editorial Trillas Pimera edición: p.9-12, México. D.F.
17. Corvalan, R., M. Horn, R. Roman y L. Saravia 1992. "Ingeniería del secado solar." subprograma VI: nuevas fuentes y conservación de energía (1) p.1, Madrid.
18. Costa, R. S. y R. S. Ferreira 2007. "Sistema de secado solar para frutos tropicales." Información tecnológica (18) p.50, Chile.
19. Escalona, V., P. Alvarado, H. Monardes, C. Urbina y A. Martín 2009. "Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)" Nodo hortícola VI región: p.5-6, Chile.
20. FAO-ONU 2006. Canadá.
21. Fonseca-Fonseca, S., C. C. Bergues-Ricardo, J. L. Abdala-Rodríguez, P. Griñán-Villafañe y G. Hernández-Gálvez 2002. "Estudio de la cinética del secado de granos en el prototipo de secador solar. Análisis de los resultados." Tecnología química (7) p.59, Universidad de Oriente, Cuba.

22. Fooland, M. R. 2007. "Genome mapping and breeding of tomato" International journal of plant genomics. (2007) p.1-52, The Pennsylvania State University, USA.
23. Galindo-Trejo, J. 1994. "Nuestra estrella cotidiana: El Sol." Elementos (21) p.36-43, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
24. García, L. E., M. F. Mejía, D. J. Mejía y C. A. Valencia 2012. "Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales." Avances investigación en ingeniería: p.9, Bogotá, Bogotá, Colombia.
25. García, L. M. y J. M. Rabadán-Vergara 2000. "La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en enseñanza " Enseñanza de las Ciencias (18) p.473-483, Madrid España.
26. Gasca, C. A. E. y C. A. A. Bulnes 2010. "Las energías renovables." Revista digital universitaria p.11, UNAM. México, D.F.
27. Hernández-Martínez, J., R. García-Mata, R. Valdivia-Alcalá y Omaña-Silvestre J.M. 2004. "Evaluación de la competitividad y rentabilidad del cultivo del tomate rojo (*Lycopersicon esculentum L.*) En Sinaloa." Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal: p.431, Colegio de postgraduados México. D.F.
28. Huerga, I. y L. Venturelli 2009. "Energías renovables. Su implementación en la agricultura familiar de la república de Argentina." INTA p.1, República Argentina.
29. Linnaeus, C. 1753. "Species Planetarium" Holmiae. Stockholm, Sweden (1) p.345-360, Madrid. España
30. Macias-Macias, A. 2003. "Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales región y sociedad." Red de revistas de América latina, el Caribe, España y Portugal: p.103, Sonora, México.
31. Machado, A. V., E. L. Oliveira, E. S. Santos y J. A. Oliveira 2010. "Estudio del secado de anacardo (*Anacardium occidentale L.*) mediante secador solar de radiación directa." Información tecnológica: p.32, Brasil.

32. María, C. Q. A. 2006. "Energías Alternativas " Propuestas de investigación y desarrollo tecnológico para México: p.15-13.
33. Marques-Rodríguez, I. 2009. "Cuando calienta el Sol." Revista didáctica de las matemáticas (72) p.47-56, Universidad de La Laguna. México
34. Martín, B. M. 2011. "Efecto del sol sobre la atmosfera terrestre." Física de la atmosfera 5° Física: p.2-25 Venezuela.
35. Martínez-Barajas, E. 2003. "Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). " Agrociencia: p.363-370 UNAM. México, D.F.
36. Miller, P. 1754. "The Gardeners Dictionary" John and Francis Rivington. (4) Londres, Inglaterra.
37. Peralta, I. E. y D. M. Spooner 2000. "Clasificación de wild tomatoes: a review." Kurtziana (28) N°1.
38. Pérez, G. M., S. Márquez y L. Peña 1997. "Mejoramiento genético de hortalizas " Universidad Autónoma Chapingo. México: p.149-181.
39. Posso, F. 2002. "Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas." Geoenseñanza (7) p.55 Venezuela.
40. Ramirez-Villapudau, J. y R. A. Sainz-Rodriguez 2006. "Manejo integral de las enfermedades del tomate " Once Rios Editores (1) p.134, Universidad A. de Sinaloa y Agrobiológica. México.
41. Ramírez-Vallejo, P., R. Bauchan, R. M. P. González y D. B. Reyes "VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA EN POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE *Lycopersicum esculentum* Mill. EN MÉXICO. FISILOGÍA VEGETAL." p.16-80, Texcoco, México.
42. Restrepo-Victoria, A. H. y J. C. Burbona-Jaramillo 2005. "Disponibilidad térmica solay y su aplicación en el secado de granos " Scientia et Technica (27) p.127, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira.

43. Rick, C. M. y M. Holle 1990. "Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*. Genetic variation and its evolutionary significance." *Economy Botany* p.44. U.S.A.
44. Rico-Jordán, E., A. Pérez-Nieto, G. M. d. I. L. Ruiz-Aguilar y L. Robledo-Cervantes 2010. "Innovación en el diseño y construcción de un secador solar para frutas y hortalizas." XII Congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos: p.1, Guanajuato, Gto. México.
45. Rodríguez-Murcia, H. 2008. "Development of solar energy in Colombia and its prospects." *Revista de ingeniería*. p.84, Universidad de los Andes, Colombia.
46. Saiz-Jiménez, J. A. y L. Cornejo-Royo 2014. "Secado de alimentos mediante energía solar." *3C Tecnología* (3) p.235-236, Universidad Politécnica de Valencia. España.
47. Salas-De la torre, N., D. Bazan, A. Osorio, O. Cornejo y E. Carrero 2003. "Deshidratación de hongos comestibles (*Pleurotus Ostreatus*)." *Rev. Per. Quim. Ing. Quim.* (6) p.55, Perú.
48. Salazar-Marín, E., J. F. Arroyave-L y W. Pérez-Castro 2011a. "Renewable energy, experience from mechanical technology research students group." *Scientia et Technica* (3) p.240, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
49. Salazar-Marín, E., Arroyave-L.J.F. y W. Pérez-Castro 2011b. "Renewable energy, experience from mechanical technology research students group." *Scientia et Technica* (3) p.260, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
50. Sánchez-Del Castillo, F. y J. Ponce-Ocampo 1998. "Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. ." *Revista Chapingo Serie Horticultura*: p.89-93. México
51. Santiago, J., M. Mendoza y F. Borrego 1998. "Evaluación de tomate (*lycopersicum esculentum* Mill) en invernadero: criterios fenológicos y

- fisiológicos." *Agronomía mesoamericana* (9) p.59-65, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
52. Urfalino, D. P. y I. Mercado-Rosales 2011. "Tomate deshidratado o desecado " Hoja de divulgación (INTA): p.1-2, República, Argentina.
53. Vázquez-Rodríguez, J. C., F. Sánchez-Del Castillo y E. D. C. Moreno-Pérez 2007. "Producción de jitomate en doseles escaleriformes bajo invernadero." *Revista Chapingo Serie Horticultura*: p.55-62, México.
54. Zapata Montoya, J. E. y G. Castro Quintero 1999. "Deshidratación osmótica de frutas y vegetales." *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*: p.451-466. Colombia

## VIII. ANEXOS

### 8.1 Resultados con respecto a las variables estudiadas.

REACTIVOS	PESO INICIA EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	7.2	6.1	15.27	5.5	5.08
1.1	13.4	11.1	17.16	7	4.63
1.2	19.1	15.4	19.37	6	4.64
1.3	13.7	10.1	26.27	6.5	4.8
2.1	20.3	16.1	20.68	6	4.61
2.2	12.4	9.8	20.96	6.5	4.6
2.3	8.8	6.9	21.59	6	4.5
3.1	8.3	6.2	25.30	7	4.43
3.2	8.7	7.3	16.09	6	4.64
3.3	11.9	9.8	17.64	6.5	4.77

**Tabla 8.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 15 de octubre de 2014.

REACTIVOS	PESO INICIA EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	21	12.1	42.38	4	4.4
1.1	21	7.9	62.38	8	4.65
1.2	28.5	10.7	62.45	9	4.67
1.3	22.1	11.5	47.96	6	4.7
2.1	15.1	7	53.64	7	4.6
2.2	13.2	7.6	42.42	5	4.74
2.3	10.6	5	52.83	7	4.64
3.1	18.1	11.5	36.46	7	4.61
3.2	22.8	14	38.59	6	4.72
3.3	5.2	2.7	48.07	6	4.86

**Tabla 9.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 29 de octubre de 2014.

REACTIVOS	PESO INICIAL EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	7.8	7.2	7.69	4.1	4.53
1.1	11.5	7	39.13	6.8	4.64
1.2	17.7	12.9	27.11	5.9	4.38
1.3	10.7	6	43.92	8.5	5.27
2.1	11.3	7.3	35.39	6.8	4.52
2.2	13.8	10.1	26.81	6	4.58
2.3	10.3	7.6	26.21	6.1	4.49
3.1	8.5	6	25.88	6.1	4.45
3.2	5.3	3.8	28.3	6.8	4.56
3.3	7.1	4.9	30.98	6.3	4.51

**Tabla 10.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 21 de febrero de 2015.

REACTIVOS	PESO INICIA EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	25.4	24.1	5.11	6	4.51
1.1	11.6	5.9	49.13	10	4.87
1.2	13.8	9.9	28.26	8.9	4.48
1.3	18	11.5	36.11	8.9	4.57
2.1	34	25.7	24.41	7.3	4.62
2.2	23	16.9	26.52	7.6	4.33
2.3	17.8	10.5	41.01	7.9	4.44
3.1	28.4	18.9	33.45	7.2	4.53
3.2	23.9	15.6	34.72	8	4.73
3.3	28.1	18.9	32.74	8.1	4.66

**Tabla 11.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 24 de marzo de 2015.

REACTIVOS	PESO INICIA EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	17	16.8	1.17	5.2	4.38
1.1	19	12	36.84	10.3	4.49
1.2	9.8	5.7	41.83	8.1	4.7
1.3	13.5	7.3	45.92	9.2	4.51
2.1	13.1	6.6	49.61	11.3	4.88
2.2	19.5	11.5	41.02	9	4.46
2.3	19.8	10.7	45.95	10	4.43
3.1	23.5	14.6	37.87	11.8	4.53
3.2	15.5	9.8	36.77	10.1	5.05
3.3	11	7.1	35.45	12.8	4.32

**Tabla 12.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 27 de abril de 2015.

REACTIVOS	PESO INICIA EN GRAMOS	PESO FINAL EN GRAMOS	% HUMEDAD PERDIDA	GRADOS BRIX	pH
testigo	26.83	25.13	6.33	4	4.62
1.1	11.83	4.9	58.57	10.5	4.66
1.2	20.87	10.52	49.59	8	4.42
1.3	13.69	4.92	64.06	9.8	4.39
2.1	21.08	10.61	49.66	7.4	4.6
2.2	23.35	12.52	46.38	7.9	4.47
2.3	26.72	13.33	50.11	6.3	4.36
3.1	20.23	9.91	51.01	8.8	4.43
3.2	26.34	15.73	40.28	6.2	4.46
3.3	21.44	12.74	40.57	7.6	4.33

**Tabla 13.** Resultados de las variables realizadas al tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) el día 27 de mayo de 2015.