



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Almacenamiento de calabaza Zucchini  
(*Cucurbita pepo L.*) a las condiciones  
de manejo de un mercado ambulante.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

Stephanie Montserrat González Ávila

ASESORES:

I.A. Alfredo Álvarez Cárdenas  
Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2018.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

**Almacenamiento de calabaza Zucchini (*Cucurbita pepo L.*) a las condiciones de manejo de un mercado ambulante.**

Que presenta la pasante: **Stephanie Monserrat González Ávila**  
Con número de cuenta: **310095400** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Junio de 2018.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	I.A. Alfredo Álvarez Cárdenas	
<b>VOCAL</b>	Dra. Carolina Moreno Ramos	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Manuel Alarcón López	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M. en C. Julieta González Sánchez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en C. Araceli Ulloa Saavedra	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/cga\*

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al proyecto PAPIIT IT201617, “Efecto de recubrimientos nanoparticulados y tratamiento con luz UV-C sobre la actividad antioxidante, enzimática e integridad de frutas y hortalizas cortadas” de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM), por el financiamiento para la realización de este trabajo
- Al proyecto PIAPI1801 “Evaluación y diseño de sistemas nanoparticulados para la conservación refrigerada y/o congelada de productos de origen vegetal. Proyecto interno de FES-Cuautitlán-UNAM, por el apoyo en la adquisición de reactivos para el desarrollo de este trabajo.
- Stephanie Montserrat González Ávila, agradece el apoyo técnico para la realización de pruebas colorimétricas y texturales de la Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas, en el Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes de Alimentos de la UIM.

## **LUGAR DE REALIZACIÓN**

Este trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes de Alimentos L-16, Campo IV FES-Cuautitlán-UNAM.

A mi mamá **Elena** gracias por siempre estar presente en los momentos más difíciles de mi vida, por darme ánimo para seguir adelante y no darme por vencida, por escucharme y aconsejarme en repetidas ocasiones. A mi papá **José Luis** por aconsejarme y por retarme a ser cada día una mejor persona. En general les agradezco a los dos por tantos sacrificios hechos por nuestra familia, por guiarme con su ejemplo, dedicación, educación y amor incondicional. Sin ustedes no sería la persona que soy ahora, los amo.

A mis abuelitos **Felipe y Elena** les agradezco su compañía desde el momento en que nací, gracias por todos los buenos consejos, las enseñanzas, las pláticas interminables, el cariño, la paciencia y el amor que siempre nos brindaron a mis hermanos y a mí. Los quiero mucho y siempre los llevo en mi corazón.

A mis hermanos **Yazmín y Jorge** gracias por sus bromas, su alegría, sus buenos consejos en los momentos precisos, por su comprensión y por todo su apoyo, ustedes son mi motivación, los quiero mucho.

A **toda mi familia** por hacerme sentir parte de algo importante, por todo su apoyo y sus buenos deseos, muchas gracias.

A mi novio y mejor amigo **Miguel** por motivarme a ser una mejor persona, más humana, más agradecida y más generosa, por todo lo que he aprendido a tu lado, por el apoyo, confianza, paciencia y amor que siempre me brindas. Gracias por impulsarme a dar siempre lo mejor de mí y no dejarme vencer en los momentos difíciles, además de ayudarme a definir la persona que quiero ser. Porque si estás tú siento que puedo lograr muchas cosas, gracias por todo, te amo.

A mi mejor amiga **Dinora**, te agradezco por todos los momentos compartidos... las risas, las pláticas, las desveladas y todas las locuras, gracias por haber hecho más fácil y alegre este camino, por todos los consejos, el apoyo incondicional y por tu amistad, te quiero mucho.

A mis asesores **I. A. Alfredo Álvarez Cárdenas y Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza**, gracias por todo su apoyo durante la realización de este proyecto, por todos sus consejos y los conocimientos compartidos. Ambos son personas que admiro mucho por el compromiso que tienen hacia su trabajo y por su gran preparación profesional.

A mis sinodales **Dra. Carolina Moreno Ramos, I. A. Manuel Alarcón López, M. en C. Julieta González Sánchez y M. en C. Araceli Ulloa Saavedra** gracias por el tiempo dedicado a la revisión de mi proyecto de tesis, por todos sus buenos consejos y por el conocimiento transmitido.

A los profesores **Laura Margarita Cortázar Figueroa, Saturnino Maya Ramírez, José Jaime Flores Minutti y Edgar Francisco Arechavaleta Vázquez** por toda su paciencia y su empeño en transmitir sus conocimientos, no solo acerca de la carrera sino también de la vida.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad de haber estudiado en dos magníficas instituciones como son la Escuela Nacional Preparatoria No. 9 “Pedro de Alba” y la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de donde obtuve los conocimientos, valores y afán necesario para cumplir mis objetivos; porque cada reto, fracaso y acierto durante mi época de estudiante me han hecho ser la persona que soy ahora. Formar parte de la máxima casa de estudios de México es lo mejor que me pudo haber pasado.

**Porque este no es solo un logro mío... ¡Gracias a todos!**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 Cadena de frío	1
a) Pre enfriamiento	3
b) Almacenamiento en frío	4
c) Transporte refrigerado	5
d) Venta en equipo refrigerado	8
e) Cambios en los alimentos	8
1.1.1 Distribución de alimentos al menudeo en México	9
1.1.2 Desperdicio de alimentos	10
1.2 Calabaza Zucchini	16
1.2.1 Origen	16
1.2.2 Definición	17
1.2.3 Descripción	18
1.2.4 Composición química e información nutrimental	19
1.2.5 Importancia en México	20
1.2.6 Condiciones de germinación	20
1.2.7 Índice de cosecha	21
1.2.8 Clasificación y designación del producto	21
1.2.9 Almacenamiento en frío de la calabaza Zucchini	22
a) Condiciones óptimas de almacenamiento	22
b) Cambio en sus propiedades debido al almacenamiento	22
c) Índices de calidad de la calabaza Zucchini	23
1.3 Factores que influyen en la pérdida de productos	24
1.3.1 Temperatura de almacenamiento	24
1.3.2 Humedad relativa (HR)	24

1.3.3	Transpiración	25
1.3.4	Respiración	25
1.3.5	Sensibilidad al etileno	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL		27
2.1	Justificación y problema	27
2.1.1	Objetivos generales y particulares	28
2.1.2	Variables	29
2.2	Actividades preliminares	30
2.2.1	Índice de decaimiento	30
2.2.2	Pruebas realizadas para contrastar el índice de decaimiento.	31
2.2.3	Estudio del punto de venta	32
2.2.4	Selección de la materia prima y establecimiento del número de calabazas a utilizar	34
2.3	Experimentación	34
2.3.1	Establecimiento de las condiciones a reproducir en el laboratorio	35
2.3.2	Construcción de las cámaras	35
	a) Control de humedad	36
	b) Control de temperatura	37
2.3.3	Pruebas en el laboratorio	40
2.4	Descripción de las pruebas realizadas	41
2.4.1	Pérdida de peso (deshidratación)	41
2.4.2	Color del epicarpio	42
2.4.3	Color pulpa	42
2.4.4	Textura	44
2.4.5	pH	44
2.4.6	Contenido relativo de agua (CRA)	45
2.4.7	Marchitamiento	46
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS		48
3.1	Estudio del mercado ambulante	48
3.1.1	Nivel de frescura	48
3.1.2	Acomodo del producto	51
3.1.3	Manipulación del producto	52
3.1.4	Temperatura ambiental y humedad relativa.	53



3.2	Índice de decaimiento	54
3.3	Pruebas objetivas en función al Índice de decaimiento	56
3.3.1	Pérdida de peso	56
3.3.2	Textura	58
a)	Fracturas	59
b)	Deformación	61
c)	Dureza	63
d)	Trabajo	65
3.3.3	Color	66
a)	Luminosidad	68
b)	Cromaticidad	69
c)	Ángulo de tonalidad	70
3.4	Análisis comparativo entre lotes	74
3.4.1	Pérdida de peso	74
3.4.2	Contenido relativo de agua (CRA)	76
3.4.3	pH	78
3.4.4	Textura	79
a)	Fracturas	80
b)	Deformación	81
c)	Dureza	83
d)	Trabajo	84
3.4.5	Color	85
a)	Luminosidad	85
b)	Cromaticidad	87
c)	Ángulo de Tonalidad	88
3.4.6	Marchitamiento	89
	CONCLUSIONES	94
	BIBLIOGRAFÍA	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Cadena de frío y sus usos	1
2	Porcentaje de pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo	12
3	Pérdidas y desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena alimentaria	15
4	Calabaza Zucchini	16
5	Termómetro infrarrojo láser marca Extech	33
6	Termómetro/higrómetro EL-USB Data Logger	33
7	Estructura de las cámaras	36
8	Refrigerador donde se mantuvo la cámara de 8 °C	38
9	Termómetro marca Hanna	38
10	Cámara a 8 °C	39
11	Cámara a 16 °C	39
12	Cámara a 25 °C	40
13	Medición de pérdida de peso	41
14	Medición de color con el colorímetro Agrocólor	42
15	Cortes a la calabaza para evaluar el color de la pulpa	43
16	Medición de color en la pulpa	43
17	Medición de textura con el <i>Texture Analyzer CT3 Brookfield</i>	44
18	Preparación de la muestra para la prueba de pH	45
19	Prueba de contenido relativo de agua	46
20	Índice de decaimiento	55
21	Comparación de la prueba de deshidratación del índice de decaimiento y la prueba de pérdida de peso	57
22	El agua se mueve desde mayor a menor potencial	58

23	Comparación del número de fracturas obtenidas en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura realizada para darle soporte al índice de decaimiento	60
24	Comparación de los mm de deformación obtenidos en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura realizada para darle soporte al índice de decaimiento	63
25	Comparación de la dureza obtenida en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura realizada para darle soporte al índice de decaimiento	64
26	Comparación del trabajo necesario para realizar la penetración en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura realizada para darle soporte al índice de decaimiento	66
27	Descripción de los atributos del color	67
28	Luminosidad obtenida en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.	68
29	Cromaticidad obtenida en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.	70
30	Tonos correspondientes a los distintos ángulos Hue	70
31	Ángulo Hue obtenido en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.	71
32	Cambios en la calabaza durante el índice de decaimiento	72
33	Cambios de la placenta durante el Índice de decaimiento	73
34	Pérdidas de peso en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	75
35	Contenido relativo de agua de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	77
36	pH de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	79
37	Fracturas en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	80
38	Deformación en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	82
39	Dureza en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	83

40	Trabajo necesario para la penetración en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	85
41	Luminosidad en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	86
42	Cromaticidad en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	88
43	Ángulo Hue en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones	89
44	Cinética de deterioro por marchitamiento en todos los lotes	90
45	Comparación de las calabazas en el último día de experimentación	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Daños por frío causados a frutos y hortalizas	8
2	Causas típicas del desperdicio de alimentos	11
3	Alimentos desperdiciados en México	14
4	Tamaño para calabacita italiana	19
5	Composición química de la calabacita	19
6	Ejemplo de frutos productores y sensibles al etileno	26
7	Identificación de variables	29
8	Escala para el índice de decaimiento	30
9	Número de calabazas a utilizar para la realización de las pruebas en el laboratorio	34
10	Condiciones para la reproducción en el laboratorio	35
11	Soluciones sobresaturadas de sales y sus valores de humedad a diferentes temperaturas	37
12	Índice de decaimiento de la calabaza en el mercado ambulante	48
13	Fotografías comparativas de los puestos del mercado ambulante	50
14	Acomodo del producto en el mercado ambulante	51
15	Manipulación del producto en el mercado ambulante	52
16	Registro de temperaturas y humedades relativas	53
17	Descripción de los atributos de color	67
18	Comparación de los valores del índice de decaimiento para cada lote	93

## NOMENCLATURA

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidades</b>
$\%PP$	Porcentaje de pérdida de peso	%
$P_i$	Peso inicial	g
$P_f$	Peso final	g
$L^*$	Luminosidad	-
$a^*$	Coordenada de CIELAB	-
$b^*$	Coordenada de CIELAB	-
$\%CRA$	Porcentaje de contenido relativo de agua	%
$P_{fr}$	Peso fresco	g
$P_t$	Peso turgente	g
$P_s$	Peso seco	g
$SG$	Gravedad específica	g/ml
$HR$	Humedad relativa	%
$G_w$	Volumen de glicerol	ml
$W_T$	Peso de la solución	g

## RESUMEN

La calabaza Zucchini es una hortaliza de gran demanda a nivel nacional e internacional y es altamente perecedera debido a que se cosecha inmadura con un escaso desarrollo de cutícula, lo cual facilita el daño por cortes y abrasiones, además de una transpiración elevada. El principal punto de venta de este producto en México son los mercados ambulantes, ya que se considera que tiene mayor frescura que en las tiendas de autoservicio. El objetivo de este trabajo fue determinar el deterioro de la calabaza Zucchini en el mercado ambulante; para ello se realizó un estudio en 3 puestos de un mercado, determinando que los factores más influyentes son la temperatura y la humedad relativa; posteriormente se reprodujeron las condiciones ambientales más representativas del lugar en el laboratorio, y con la finalidad de tener un punto de referencia de los cambios que presentaron los productos fue necesario monitorear un lote control (8 °C y 85% HR); teniendo así 3 lotes de calabazas (16 °C y 75% HR, 25 °C y 50% HR, 8 °C y 85% HR) los cuales se mantuvieron almacenados por un periodo de 15 días y se les realizaron pruebas de pérdida de peso, color, pH, contenido relativo de agua (CRA), textura y marchitamiento; cada 3 días. De dichos lotes el que mejor calidad mantuvo fue el lote control ya que al final del almacenamiento mostró poca deshidratación, alta firmeza y el color se asemejó al inicial, seguido del lote de 16 °C y 75% HR; con lo que se comprueba que la cadena de frío tiene una gran importancia en la disminución de la pérdida de alimentos. Aunque no es posible implementarla en dichos puntos de venta se propone hacer cinéticas de deterioro con respecto a la pérdida de agua a diferentes temperaturas y humedades relativas para determinar la vida útil de las calabazas ya que con un 6% de pérdida se ve comprometida la calidad del producto.

## INTRODUCCIÓN

La cadena de frío es una parte fundamental de la cadena de suministro de alimentos perecederos, cabe destacar que no están exentas de fallas y un error puede ser fatal para la preservación de los productos y causar grandes pérdidas de alimentos y con ello pérdidas económicas (Medina, 2009).

En países en desarrollo, las pérdidas de alimentos ocurren especialmente en las etapas de producción y distribución de alimentos, normalmente se deben a varias limitaciones técnicas y de gestión relacionadas con las técnicas de cultivo, el almacenamiento, el transporte, el procesamiento, las instalaciones frigoríficas, las infraestructuras, y los sistemas de envasado y comercialización. En el caso de los países de ingresos medios y altos están principalmente relacionadas con el comportamiento del consumidor y las políticas y normativas existentes para tratar otras prioridades del sector, la aplicación de los estándares de calidad e inocuidad alimentaria puede hacer que alimentos que todavía son inocuos para el consumo humano se excluyan de la cadena de suministro (FAO, 2015).

Cálculos realizados por el Banco Mundial reporta que las Pérdidas y Desperdicios de alimentos en México tienen un valor equivalente a \$491 mil millones de pesos al año (Rivera, 2018). Siendo éste un país en vías de desarrollo cabe destacar que una de las etapas de la cadena de suministro donde ocurre un gran desperdicio de alimentos es la venta minorista, más específicamente en el mercado ambulante; en este tipo de lugares se tienen disponibles casi la misma diversidad de productos que un supermercado, pero de menor calidad y uno de los productos que se pueden conseguir en este sitio son las calabazas; en México el cultivo de esta hortaliza es muy importante, debido no solo a su aporte nutrimental sino también en el ámbito



medicinal; se cree que algunas especies pudieron haber sido domesticadas desde hace más de 8000 años. (Lira R. & Montes, 1994; Biodiversidad Mexicana, 2012). Además de que la calabaza es un vegetal nativo de América, de las cinco especies, la *Cucurbita pepo* L. es la más diversa y en los últimos 7 años se ha distinguido por una demanda creciente en el extranjero.

La calidad de las calabacitas se basa en la uniformidad, en lo tierno de la piel y del tejido interno, en la firmeza global, el brillo de la piel y en la buena apariencia del tallo residual (Miguel, 2013). Por otro lado no debe tener raspaduras que afecten más del 2% de la superficie del fruto, heridas cicatrizadas de más de 1 cm de longitud y quemaduras por el sol (NMX-FF-020-1982).

El fruto de calabacita es considerado como no climatérico, el cual se cosecha en un estado temprano de crecimiento, proceso que induce una elevada actividad metabólica, lo que favorece al deterioro de estructuras celulares, pérdida de agua y concentración de solutos. Tiene un pobre desarrollo de la cutícula, lo cual permite que se dañe fácilmente durante el manejo poscosecha, provocándole cortes, picaduras y abrasiones en la cáscara que en conjunto inducen a una mayor transpiración y pérdida de calidad (Urías *et al.*, 2012).

Uno de los factores más importantes que influyen en la vida poscosecha de los productos hortícolas es la temperatura. La práctica más aconsejable para prolongar la vida útil lo máximo posible es comenzar con la reducción de la temperatura de fruto o planta inmediatamente posterior a su cosecha. Las variables de mayor importancia que se ven directamente afectadas por la temperatura son la respiración, la transpiración y la producción de etileno. Las tres están vinculadas a procesos que implican el deterioro y la pérdida de atributos de calidad del producto vegetal y se ven reducidas con la disminución de la temperatura de almacenamiento. La transpiración implica una pérdida neta de peso fresco en forma de vapor de agua desde los tejidos vegetales que además afecta otros aspectos

que hacen a la calidad visual, como la turgencia y la ausencia de signos de marchitamiento entre otros (Chiesa, 2010).

Para la calabaza Zucchini, las condiciones óptimas de almacenamiento son de 5 a 10 °C y HR = 90-95 % con un promedio de vida entre 1 a 2 semanas; temperaturas de exposición inferiores a 5 °C por 2 a 3 días se induce el daño por frío en el producto y la pérdida total de su calidad (Urías *et al.*, 2012). Puede presentar síntomas de manchas circulares de color café oscuras en la piel, que dan como resultado la pérdida de la integridad celular, daño en la membrana y pared celular del tejido, cuando los frutos son almacenados por 1 o 2 días por debajo de los 5 °C (Martínez-Téllez *et al.*, 2002; Miguel, 2013).

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 Cadena de frío

Se define como cadena de frío a la serie de elementos y actividades necesarios para garantizar la inocuidad de los alimentos desde la obtención hasta su consumo (Figura 1). Es el proceso logístico que asegura la correcta conservación, almacenamiento y transporte de alimentos perecederos desde su producción hasta el consumidor.

Esta mercancía es susceptible al cambio de temperaturas, lo que puede mermar su valor, y para evitarlo se deben mantener en condiciones ambientales constantes. Esto se realiza mediante empaques térmicos y métodos de refrigeración y planeación logística para proteger la integridad de los productos, desde que se elaboran hasta que se utilizan en procesos productivos o son consumidos.



Figura 1. Cadena de frío y sus usos (Sagredo, 2017).

Desde un punto de vista macroeconómico, sin las cadenas de frío el crecimiento económico se estancaría por razones malthusianas; es decir, por la gran cantidad de población que no puede sostenerse con los recursos naturales a los que tiene acceso. Sin las cadenas de frío, las ciudades modernas no podrían sostener a las grandes poblaciones que residen en ellas y aprovechar las ventajas que brindan las economías de gran escala gracias a la aglomeración de recursos materiales y humanos.

Las cadenas de frío son susceptibles a tener fallas lo que repercute directamente en la preservación de los productos y como consecuencia causan grandes pérdidas económicas. El riesgo de estas fallas se incrementa con la distancia, ya que cuanto mayor es la separación física entre la producción y el punto de venta, es más probable que la carga se dañe en una de las operaciones logísticas y de transporte que comprende esta cadena. Por ello, la logística es muy importante, pues de ella depende el éxito o el fracaso.

De acuerdo con un estudio de la Asociación Internacional de Almacenes Refrigerados, junto con la Organización Mundial de Logística de Alimentos, en México falta mucho para tener capacidad para el traslado de todos los productos perecederos, ya que una parte del mercado no la utiliza, otra la tiene poco desarrollada y la que cuenta con una capacidad muy avanzada no abastece a toda la población. Los beneficios que ofrecen las cadenas de frío.

La falta de cadenas de frío para gran parte de los alimentos vendidos en el mercado interno deriva en significativas pérdidas económicas por productos mal conservados. Una gran cantidad de alimento se pierde por la escasez de transporte adecuado y prácticas deficientes de almacenamiento (Medina, 2009).

De modo usual, una cadena de frío comercial se divide en cinco etapas: pre-enfriamiento (enfriamiento de los productos para que puedan transportarse); almacén en frío antes del transporte para comercializarse; transporte refrigerado;

cámara refrigerada en los puntos de venta, y exhibición y venta en un equipo refrigerado. A continuación se describirán cada una de las partes que conforma la cadena de frío.

### **a) Pre enfriamiento**

Uno de los procesos que garantizan la inocuidad y la calidad de los alimentos es el pre-enfriamiento, término acuñado por investigadores del Departamento de Agricultura de Estados Unidos en el año de 1904 y que describe el enfriamiento de los productos previo al transporte, almacenamiento o procesamiento; éste es necesario ya que las cámaras frigoríficas o vehículos refrigerados están diseñados para mantener baja la temperatura del producto, pero no poseen la capacidad para extraer rápidamente la temperatura de campo, la cual es importante retirar de manera rápida, a fin de reducir la velocidad de maduración y, por tanto, el desarrollo y proliferación de microorganismos. Se recomienda eliminar el calor de un producto en grado tal que se alcance la temperatura recomendada para su transporte en poco tiempo (Yáñez, 2015).

La disminución de la temperatura de un producto expuesto a un medio refrigerante no es lineal, sino que es rápida al principio pero a medida que se aproxima a la del medio refrigerante, es cada vez más lenta y el costo energético se incrementa considerablemente. Es por esta razón que en las operaciones comerciales se reduce la temperatura hasta cuando el producto ha perdido 7/8vos de la diferencia de las temperaturas de campo y la deseada. Normalmente se deja que el 1/8vo restante lo pierda durante el almacenamiento o transporte (FAO, 2003).

Entre los beneficios que otorga a los distribuidores y agricultores es la notable reducción en la pérdida de humedad y cantidad de refrigeración requerida durante el transporte, con lo que también disminuye el costo. La aplicación de este proceso es posible través de diversos métodos:

- ❖ Por contacto con agua fría

- ❖ Por contacto con aire frío
- ❖ Por contacto con hielo
- ❖ Por evaporación del agua superficial del alimento
- ❖ Por vacío

## **b) Almacenamiento en frío**

La temperatura es el principal factor condicionante del mantenimiento de la calidad de los alimentos perecederos, con las bajas temperaturas se disminuye la actividad de las enzimas y microorganismos, se reduce el ritmo respiratorio, conservando las reservas que son consumidas en este proceso, se retarda la maduración y se minimiza el déficit de las presiones de vapor entre el producto y el medio ambiente, disminuyendo la deshidratación. La suma de todos estos factores favorece la conservación de la frescura del producto así como la preservación de su calidad y valor nutritivo. Por lo que los alimentos necesitan de un almacenamiento controlado para evitar su acelerada descomposición y como consecuencia grandes pérdidas económicas.

El almacenamiento en frío, es un proceso en el que se usan temperaturas mayores a la de congelación, que van desde 15 °C hasta 2 °C, lo cual permite conservar alimentos perecederos por días o semanas; en este proceso la temperatura debe ser estable, además de que es específica para cada producto (Sistemas de Refrigeración, 2011).

Durante el almacenamiento de los alimentos en refrigeración es necesario tomar en cuenta lo siguiente

- ❖ No almacenar los alimentos directamente sobre el piso del cuarto frío, sino sobre estibas o estantes en material sanitario.
- ❖ Revisar las temperaturas de la unidad de refrigeración y llevar registro diario en el formato de control de temperatura del cuarto frío.

- ❖ No sobrellenar los refrigeradores, porque dificultan la limpieza y obstaculizan la circulación de aire frío.
- ❖ Inspeccionar, rotular y fechar los alimentos que se almacenen. Emplear el método PEPS de rotación de mercancía: Primeras Entradas Primeras Salidas.
- ❖ Evitar abrir las puertas del refrigerador más de lo necesario y cerrarlas cuanto antes. La puerta del cuarto frío abierta supone la elevación de la temperatura interna, lo que estimula el crecimiento bacteriano, la contaminación y la alteración del alimento.
- ❖ Tomar en cuenta las incompatibilidades de temperaturas, humedad relativa, sensibilidad al frío y al etileno, la absorción o emisión de olores contaminantes y otras, ya que determinan si es posible utilizar el mismo espacio refrigerado para almacenar distintas especies y de ser así la duración recomendada de estos periodos de almacenamiento (Universidad Industrial de Santander, 2008).

### **c) Transporte refrigerado**

La columna vertebral de la cadena de frío es el transporte refrigerado, el cual hace posible que grandes cantidades de productos perecederos se transporten y distribuyan de un lado a otro, incluso a mercados lejanos, mientras que conservan su composición y calidad. Sin estas soluciones de transporte refrigerado, la venta de los productos estaría restringida a su lugar de cultivo o producción, o bien, su costo de transportación sería muy elevado (Cue, 2015).

El transporte es uno de los eslabones más delicados en esta cadena. Esto se debe a que la influencia de la temperatura ambiente es mayor y varía continuamente en función de la hora, la estación y la meteorología. También son muy variables los tiempos de tránsito. Su problemática aumenta cuando hablamos de transporte de carga fraccionada, en el que se producen múltiples operaciones de carga y

descarga. Estas operaciones suponen uno de los puntos más críticos en la preservación de la cadena de frío (Pérez, 2017).

Es importante tomar en cuenta los siguientes elementos para identificar las mejores soluciones de transporte que permitan reducir el consumo de energía, combustible y costos de operación, al tiempo que brinda estabilidad en la temperatura requerida por el negocio:

- ❖ **Tamaño:** Existen pequeñas camionetas de reparto a domicilio, camiones de distribución urbana, o bien, tráileres, trenes y aviones para el transporte de cajas a temperatura única o multitemperatura, en caso de largas distancias.
  
- ❖ **Sistemas de temperatura**
  - a) **Temperatura única:** Ideales si su objetivo es transportar productos congelados o refrigerados que no requieren diversas temperaturas. Algunas marcas además de ofrecer equipos con un rendimiento excelente, también son amigables con el medio ambiente.
  
  - b) **Multitemperatura:** Una de las principales tendencias en el mercado del transporte refrigerado, es la distribución multitemperatura, la cual permite trasladar en un mismo vehículo, distintos productos de manera simultánea. Así, es posible movilizar, al mismo tiempo, productos congelados, refrigerados y hasta a temperatura ambiente.
  
- ❖ **Sistemas criogénicos:** El sector detallista tiene que cumplir con regulaciones ambientales específicas. Los sistemas criogénicos son ideales en esta situación, pues permiten el traslado de productos con el mayor control de emisiones de ruido y contaminación, aun si la unidad está funcionando a su máxima capacidad.



- ❖ Apoyo y mantenimiento: El proveedor de transporte refrigerado ideal debería contar con un servicio de soporte y mantenimiento que permita una resolución de cualquier tipo. Además, el proveedor debe estar disponible las 24 horas del día, 365 días del año y a lo largo y ancho del país, pues se trata de un proceso crítico que no se debe detener, pues de lo contrario afectaría toda la cadena de frío.

Estos son sólo algunos elementos a considerar; sin embargo, siempre se debe tomar en cuenta que el mejor proveedor con las mejores soluciones para transporte refrigerado es aquel que se adapte a las propias necesidades operacionales, permitiendo obtener ahorros en combustible, y se ajuste al cumplimiento de la normatividad.

Los equipos utilizados para el transporte terrestre de alimentos perecederos se pueden clasificar de la siguiente forma

- a) Cajas Isotérmicas: Es el ensamblaje de paneles aislantes con inclusión de puertas, piso y techo que permiten limitar los intercambios de calor entre el interior y el exterior. No tienen equipo de producción de frío.
- b) Vehículos con equipo de frío: Son los que disponen de un equipo autónomo de producción de frío; se clasifican en modelos de velocidad variable (dependen del funcionamiento del motor del vehículo) y velocidad constante (son independientes y funcionan con combustible).
- c) Equipos con placas Eutécticas: Este sistema permite pre-enfriar la caja y congelar los tubos eutécticos en las horas de la noche con la utilización de corriente eléctrica. La duración de la temperatura oscila entre 8 y 12 horas aproximadamente.
- d) Equipos refrigerantes con fuente externa de frío (hielo o agente criogénico): estos equipos utilizan hielo carbónico (hielo seco) o gas licuado como nitrógeno. El potencial de temperatura disminuye a medida que la cantidad de refrigerante disminuye (Navarro, 2013).

#### d) Venta en equipo refrigerado

La refrigeración no siempre es utilizada para maximizar el tiempo de conservación, sino por el contrario, su uso es mucho más frecuente en períodos cortos como eslabones integrantes de la cadena de frío.

Se define como «corto» a un período de tiempo que va desde algunas horas hasta 7 días aproximadamente. El almacenamiento conjunto de diferentes especies, si bien no deseable, es un evento frecuente y muchas veces inevitable, particularmente al nivel de mercadeo. Sin embargo, si la exposición a condiciones subóptimas no es prolongada y no hay acumulación de etileno, usualmente no hay problemas de incompatibilidades. Una estrategia que frecuentemente se usa es poner las cámaras a un régimen promedio, el que normalmente es 5 °C y 90-95% de humedad relativa (FAO, 2003)

#### e) Cambios en los alimentos

Algunos tipos de productos frescos sufren daños (Tabla 1), cuando se exponen a bajas temperaturas, aunque sean superiores a las de congelación. Se trata en su mayor parte de productos de origen tropical o subtropical, aunque el frío puede afectar también a algunos productos de zonas templadas.

**Tabla 1.** Daños por frío causados a frutas y hortalizas (FAO, 1993).

<b>Daños causados por el frío</b>	<b>Síntomas</b>
Alteración del color	Interna, externa o de ambos tipos, normalmente con tendencia al marrón o al negro
Hoyos en la piel	Aparición de zonas hundidas, especialmente en condiciones de sequedad
Maduración anormal	Maduración desigual o interrumpida, sabores anómalos
Descomposición acelerada	Actividad de microorganismos

El grado de sensibilidad varia de un producto a otro, pero en cada caso existe una temperatura, la temperatura mínima tolerable (TMT), por debajo de la cual se producen daños. Dentro de cada tipo de producto, la temperatura mínima tolerable puede diferir de una variedad a otra. La fruta suele ser menos sensible cuando está madura.

Los efectos del frío pueden no manifestarse hasta que el producto se saca de la cámara refrigerada y se expone a la temperatura ambiente en el mercado. Cuando un producto sensible ha de almacenarse por algún tiempo, conviene mantenerlo a una temperatura apenas superior a su temperatura mínima tolerable. Eso significa que su vida comercial será más corta que la de los productos no sensibles, porque durante el almacenamiento a temperaturas superiores a la temperatura habitual de refrigeración se mantiene un ritmo de respiración relativamente rápido (FAO, 1993).

Por el contrario si los alimentos son sometidos a temperaturas por encima de su temperatura óptima, se acelera la pérdida de los atributos de calidad tales como el color y la textura, debido a un incremento de la respiración, la transpiración y la producción de etileno, ya que con esto se desencadenan una serie de reacciones bioquímicas tales como la degradación de pectina y celulosa con lo cual se ven debilitadas las paredes celulares (ablandamiento), así como algunos cambios en la coloración que se atribuyen a la degradación de la clorofila y a la oxidación enzimática y no enzimática; todo esto se conoce como el deterioro del producto (Chiesa, 2010). Además también se ve comprometida la calidad del alimento debido al ataque por diferentes tipos de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos, a esto se le conoce como descomposición.

### **1.1.1 Distribución de alimentos al menudeo en México**

Los productos alimenticios llegan a los consumidores por cinco canales principales: 1) los mercados públicos, que por lo general se encuentran en los centros de las ciudades y son administrados por los gobiernos de los propios municipios; los

vendedores en estos mercados disponen de espacios reducidos y no cuentan con otra infraestructura que el exhibidor para sus productos; 2) los mercados sobre ruedas (tianguis) o semifijos, así llamados porque cambian cada día el lugar de venta; estos mercados se instalan en comunidades y barrios, por lo general un día en la semana (el día de plaza), en estos lugares el consumidor puede negociar el precio de los productos; 3) las tiendas convencionales de abarrotes, donde se ofrece un reducido número de productos de primera necesidad; estas tiendas, según su ubicación y el poder adquisitivo de los compradores (vecinos), varían su oferta; son establecimientos con un gran potencial de sobrevivencia porque corresponden a las necesidades de la población y ofrecen al consumidor la posibilidad de comprar fiado sin mayores trámites; 4) las tiendas especializadas (fruterías), que son de poca importancia en México por su reducida oferta y porque la población prefiere comprar los productos perecederos en los mercados, y 5) las tiendas de autoservicio, que incluyen a supermercados y tiendas modernas de conveniencia (Schwentesiús & Gómez, 2006).

El canal que utiliza de modo cotidiano la cadena de frío para sus productos es la tienda de autoservicio que provee de productos perecederos de mayor calidad y más seguros para los consumidores. Los canales restantes para el almacenaje, transporte y venta de mercancías no recurren a las cadenas de frío, lo que conlleva a un gran desperdicio de alimentos y con ello una pérdida económica considerable.

### **1.1.2 Desperdicio de alimentos**

Las pérdidas de alimentos se definen como «la disminución de la cantidad o calidad de los alimentos». En concreto, son los productos agrícolas o pesqueros destinados al consumo humano que finalmente no se consumen o que han sufrido una disminución en la calidad que se refleja en su valor nutricional, económico o inocuidad alimentaria. Una parte importante de las pérdidas de alimentos es el «desperdicio», es decir, son alimentos inicialmente destinados al consumo y que son desechados o utilizados de forma alternativa (no alimentaria) ya sea por elección o porque se haya dejado que se estropeen o caduquen por negligencia

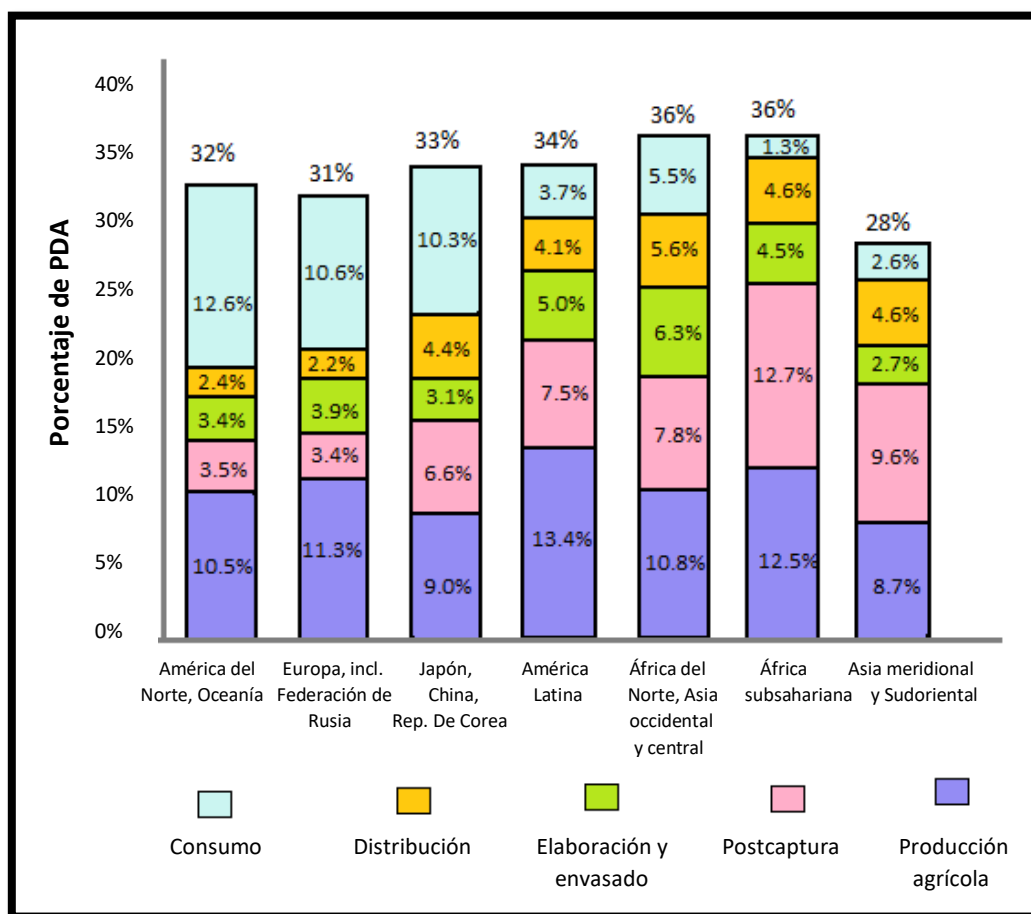
(FAO, 2015). Estos productos se estropean (magulladuras, ralladuras, oscurecimiento) por causa de un deficiente manejo por parte de los empleados a lo largo de la cadena de suministro, con lo cual se desencadena el deterioro/descomposición de los alimentos ya que se acelera el proceso de transpiración o el ataque de microorganismos. La Tabla 2 muestra las principales causas de dicho desperdicio.

**Tabla 2.** Causas típicas del desperdicio de alimentos (Wayman, 2014).

<b>Inmediatamente después de la recolección</b>	<b>Procesamiento producción, distribución</b>	<b>Cadena de suministro del distribuidor</b>	<b>Establecimientos de venta</b>	<b>Hogares</b>
Almacenamiento inadecuado (temperatura, humedad, gusanos)  Calibres inadecuados	Productos que se desechan por no cumplir con las normas de calidad o estéticas  Exceso de producción Defectos de funcionamiento  Envases dañados o inadecuados	Previsiones de venta/ demanda inadecuadas  Exceso de inventario de producto fresco  Almacenamiento inadecuado Manipulación inadecuada	Previsiones de venta/ demanda inadecuadas  Almacenamiento/ presentación inadecuados  Manipulación inadecuada  Niveles de calidad/ aspecto de productos sin fecha de consumo preferente  Productos próximos a su fecha de consumo preferente  Criterios visuales para las existencias (estanterías llenas)	Exceso de existencias  Los productos no se consumen en el orden de llegada  Almacenamiento inadecuado  Interpretación incorrecta de las fechas de consumo preferente  Niveles de calidad/ aspecto elevados  Errores de cálculo en las cantidades de elaboración  Errores de elaboración/ manipulación

El desperdicio de alimentos constituye un problema de primer orden. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) calcula que un tercio de la producción mundial de alimentos se pierde o desperdicia, lo que supone 1.300 millones de toneladas al año, siendo alrededor de un 30% de cereales; un 40–50% de tubérculos, frutas y hortalizas; un 20% de semillas oleaginosas, carne y productos lácteos; y un 35% de pescado.

Los alimentos se desperdician en todas las etapas de la cadena de valor, desde el procesamiento inmediatamente posterior a la recolección hasta las tiendas y los consumidores, pasando por la cadena de suministro. Las cantidades de desperdicio y el eslabón de la cadena donde se genera dependen de las condiciones específicas y situación local de cada país o cultura (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentaje de pérdidas y desperdicio de alimento (PDA) en el mundo (FAO, 2012).

En los países desarrollados el desperdicio predomina en la etapa de producción y de consumo, esto es debido a los altos estándares de calidad; a diferencia de los países en vías de desarrollo donde predomina el desperdicio en la etapa de producción, poscosecha y distribución de los alimentos, esto debido a la falta de infraestructura para el correcto manejo de la mercancía (HLPE, 2014).

Siendo México un país en vías de desarrollo es importante enfatizar que no cuenta con la infraestructura necesaria para que la totalidad de los alimentos que consume su población sean almacenados y distribuidos mediante la cadena de frío. Como ya se mencionó anteriormente, el lugar más común donde los consumidores adquieren las frutas y hortalizas son los mercados ambulantes, en los cuales la calidad de productos es baja debido a que las condiciones de transporte y almacenamiento no son las adecuadas; estos alimentos sufren un rápido deterioro debido a la falta de control de la temperatura ambiente y la humedad relativa a la que son sometidos, las cuales dependen directamente de las condiciones meteorológicas; por esta razón se tienen grandes pérdidas económicas.

Además es importante ser conscientes de que el costo de todos los alimentos desperdiciados no es el mismo, ya que una tonelada de producto que se pierde inmediatamente después de haber sido recolectado tiene mucho menos valor añadido que la misma tonelada de producto desperdiciada por los consumidores.

Cuanto más lejos en la cadena de valor se desperdicie el producto, más costoso será, tanto en términos monetarios como medioambientales (Wayman, 2014). En el caso de México en diciembre de 2017 el Banco Mundial presentó un informe acerca de “Pérdidas y desperdicios de alimentos” y reportó que cada año terminan en la basura 20.4 millones de toneladas de alimentos, y el valor de mercado de esos alimentos desperdiciados se estima en 491,000 millones de pesos; también se estima que esa cantidad de basura genera unas 36 millones de toneladas de dióxido de carbono, además de que la cantidad de agua estimada para producir esos alimentos es de 40 billones de litros, teniendo como resultado un importante impacto

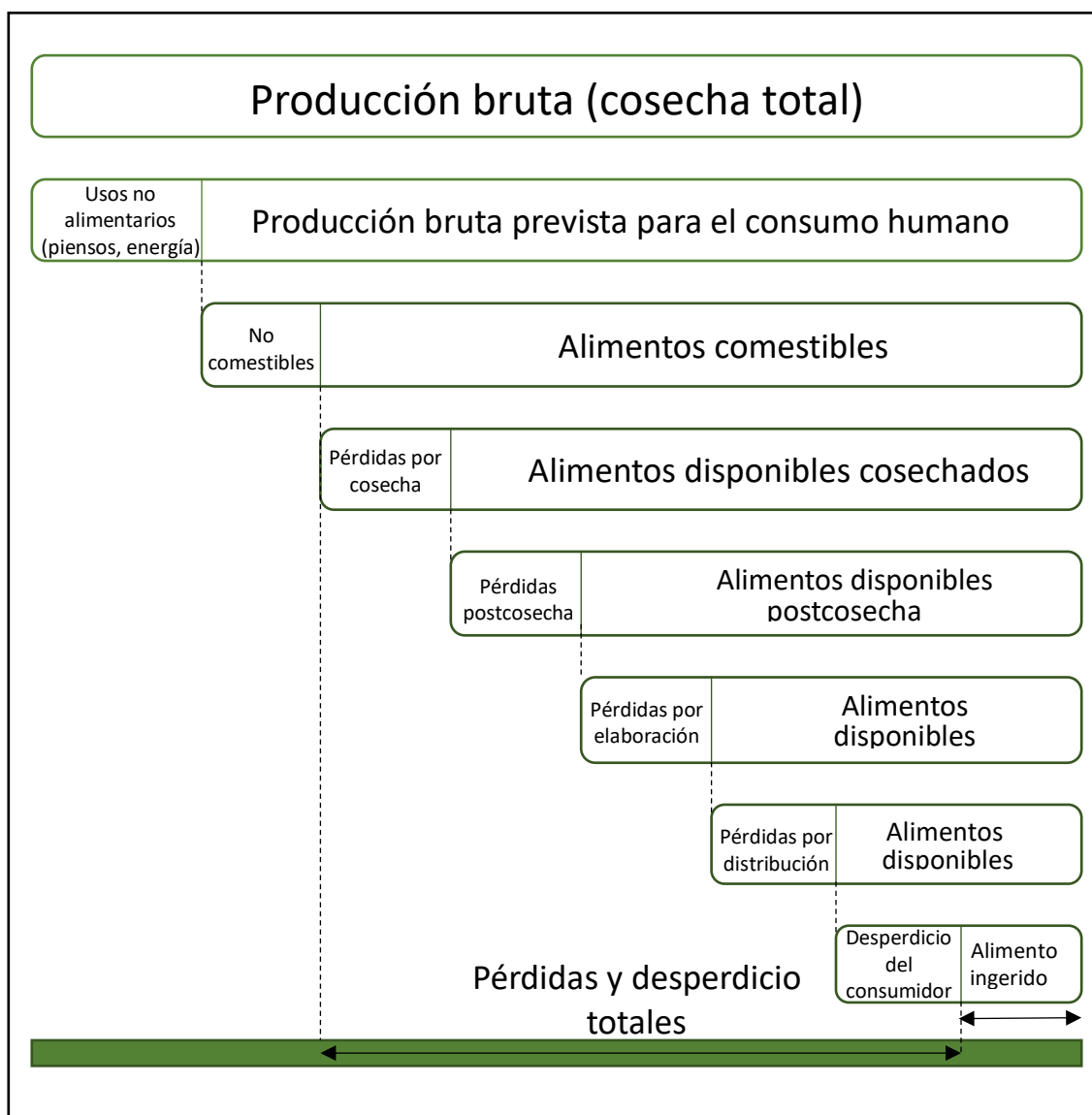
ambiental. El estudio solo contempla 79 alimentos representativos de la dieta del mexicano, a continuación en la tabla 3 se muestran algunos de esos alimentos.

**Tabla 3.** Alimentos desperdiciados en México (Banco Mundial, 2017).

	<b>Desperdicio (toneladas)</b>	<b>Desperdicio %</b>
Camarón fresco	15257	48.79
Embutidos	78868	43.91
Salchichas y salchichón	81999	43.19
Leche	4590189	43.12
Pan blanco	2633392	43.1
Carne de puerco	41391	40.19
Papaya	171458	39.83
Mango	468570	39.83
Aguacate	312812	39.8
Jitomate	925968	39.3
Manzana y perón	218170	38.93
Jamón de puerco	57200	38.9
Pescado	99115	38.71
Plátano	281336	38.3
Huevo	1320862	37.98
Papa	788057	37.89
Guayaba	63687	37.83
Nopal	76768	37.3
Arroz	249372	37.2
Queso	154637	36.78
Calabacita y calabaza	153677	36.5
Carne de res	552382	35.41
Mandarina, nectarina	61573	34.33
Pepino	62016	33.2
Zanahoria	117566	33.1



La producción agrícola bruta se divide en producción para usos alimentarios y producción para otros usos, y la primera de ellas a su vez se divide en partes comestibles y partes no comestibles de los productos. Las PDA totales son la suma, en cada etapa de la cadena alimentaria (cosecha, poscosecha, elaboración, distribución, consumo), de las pérdidas y el desperdicio de partes comestibles de los alimentos originalmente destinados al consumo humano (HLPE, 2014). A continuación, en la Figura 3 se muestra una representación esquemática la cantidad de alimentos que se pierden y desperdician.



**Figura 3.** Pérdidas y desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena alimentaria (HLPE, 2014).

## 1.2 Calabaza Zucchini

La calabaza que se seleccionó para realizar la experimentación es la *Cucurbita pepo* L. variedad grey Zucchini, ya que se trata de un fruto muy sensible a los daños mecánicos y fluctuaciones de temperatura debido a su pobre desarrollo de cutícula, porque se cosecha inmadura.



**Figura 4.** Calabaza Zucchini

### 1.2.1 Origen

La gran mayoría de las calabazas que se consumen en el mundo tienen su origen en especies que fueron domesticadas en México, todas ellas pertenecientes al género *Cucurbita*; el cual pertenece a la familia *Cucurbitaceae* junto con otros 117 géneros más y 825 especies, dicha familia está distribuida en todo el mundo en regiones tropicales y semitropicales (Lira R. *et al.*, 1998).

Dentro de la familia de las cucurbitáceas están: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita máxima*, *Cucumis sativus*, etc. (Rodríguez y Porras, 2002). El género *Cucurbita*, se compone de 15 especies de plantas; estas son rastreras, trepadoras y subarborescentes en algunas formas cultivadas.

La evidencia más antigua de calabazas domesticadas corresponde a *Cucurbita pepo*, precisamente una de las variedades más utilizadas en la actualidad, y se

encontró en la cueva de Guilá Naquitz, en Oaxaca. Se trata de semillas para las que se obtuvieron fechas de entre 8 300 y 10 000 años antes del presente (es decir de entre 6000 y 8000 a.C.). En las cuevas Romero y Valenzuela, en Tamaulipas, se localizaron también semillas de *Cucurbita pepo* correspondientes a 2000 a.C. En Tehuacán, Puebla, región de donde proviene buena parte de la información sobre la domesticación de plantas en Mesoamérica, se localizaron restos correspondientes a 5200 a.C. El hecho de que el resto de las especies de calabaza fueran domesticadas en épocas posteriores indica que la *Cucurbita pepo* era la más apta para las condiciones ambientales de Mesoamérica.

Desde entonces la calabaza es parte fundamental de la dieta nacional –es una planta de la que se aprovecha no sólo el fruto sino sus flores y sus tallos–, y desde que a raíz de la conquista española se dispersó por el mundo es un producto consumido ampliamente (Vela, 2010).

### **1.2.2 Definición**

La calabaza Zucchini conocida también como zapallo alargado, calabacín o calabacita italiana es un producto de la planta perteneciente a la familia de las Cucurbitaceas, del género *Cucurbita* y especie *pepo* (CONAFRUT, 1981 y NMX-FF-020-1982).

En las calabacitas Zucchini el fruto es una pepónide carnosa que presenta una cavidad central de forma alargada y cilíndrica. Su superficie es lisa, aunque también existen frutos verrugosos. El color es variable, puede ser verde oscuro, gris y/o amarillo (Miguel, 2013). Es una planta hortícola anual de porte rastrero con un tallo grueso y cilíndrico, grandes hojas y unas flores amarillas muy grandes y vistosas con forma de campana. Una misma planta puede tener flores masculinas y femeninas.

### 1.2.3 Descripción

Un Zucchini de calidad es aquel que presenta uniformidad, tejido interno y piel intactos (libres de manchado, cortaduras, magulladuras, abrasiones y picaduras), firmeza global, brillo de la piel y buena apariencia del tallo residual (bien cortado e intacto). Tiene una cáscara de un color que va del verde brillante al gris claro ligeramente moteado y, por lo general, son tres veces más largas que anchas, es decir, tienen una forma cilíndrica (Agro Comercial, 2013). La forma (característica de cada tipo o variedad) uniforme es un importante factor de calidad así como la ausencia de frutos retorcidos o con otros defectos por crecimiento desproporcionado. En contratos comerciales se puede exigir longitudes y/o pesos determinados (Infoagro, 2003).

Las especificaciones sensoriales y físicas de la calabaza Zucchini son las siguientes:

1. Estar bien desarrolladas, enteras, sanas, frescas, limpias y de consistencia firme.
2. Tener forma, sabor y olor característico de la variedad.
3. Estar exentas de humedad exterior anormal
4. Estar prácticamente libres de descomposición o pudrición.
5. Estar prácticamente libres de defectos de origen mecánico, entomológico, microbiológico, meteorológico y genético - fisiológico.
6. Color: El color externo de la calabacita tierna varía del verde oscuro al verde claro cremoso (en algunas variedades moteadas o estriadas) (CONAFRUT, 1981).
7. El tamaño de la calabacitas viene especificado en la Tabla 3.

**Tabla 4.** Tamaño para Calabacita italiana (NMX-FF-020-1982).

Tamaño	Diámetro polar (longitud cm)
A	Menor de 8.5
B	8.5 – 10.0
C	10.1 – 11.5
D	11.6 – 13.0
E	mayor de 13.0

#### 1.2.4 Composición química e información nutrimental

La calabacita presenta cualidades nutricionales notables. En 100 gramos de Zucchini se tiene

**Tabla 5.** Composición química de la calabacita (Moreiras *et al.*, 2006).

Agua	96.5 g
Carbohidratos	2.2 g
Fibra	0.5 g
Proteína	0.6 g
Lípidos	0.2 g
Calcio	24 mg
Hierro	0.4 mg
Magnesio	8 mg
Zinc	0.2 mg
Sodio	1 mg
Potasio	140 mg
Fósforo	17 mg
Tiamina	0.04 mg
Rivoflavina	0.04 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina C	22 mg

### **1.2.5 Importancia en México**

De los cultivos hortícolas con una demanda creciente en el extranjero, se ha distinguido en los últimos 5 años la calabaza Zucchini. Una ventaja comercial para México es que la calabaza es un vegetal nativo de América y, de las cinco especies, la *Cucurbita pepo* L. es la más diversa. Los principales estados productores son: Sinaloa, Sonora, Puebla, Morelos, entre otros. En el periodo 2006-2008 las exportaciones Sonorenses de esta hortaliza a los Estados Unidos, significaron un monto cercano a los 201 millones de dólares, ocupando además el cuarto lugar en la lista de productos vegetales por su volumen de exportación (Mercado-Ruiz & Martínez-Téllez, 2010). También, Sonora ocupó el primer lugar en la producción nacional de calabacita con 277,188 Ton y un rendimiento de 18.846 Ton/Ha (SIAP, 2017). El principal importador de calabaza de verano en México es Estados Unidos, sin embargo, factores como la demanda, los aranceles y los grados de calidad en ocasiones limitan una exportación constante del producto, creando la necesidad de incursionar en nuevos mercados. Aunque esto presenta el reto de prolongar la vida de anaquel de la calabaza por los tiempos de exportación (Mercado-Ruiz & Martínez-Téllez, 2010).

### **1.2.6 Condiciones de germinación**

El Zucchini no es muy exigente en cuanto a los requerimientos edafoclimáticos. La temperatura de germinación varía entre 20 a 25°C. Una vez en el campo, durante la fase vegetativa, la planta requiere de 25 a 30°C, mientras que en la floración la temperatura debe ser de 20 a 25°C. La humedad para el desarrollo de éste cultivo oscila entre 65 y 80%. El Zucchini posee gran cantidad de agua (alrededor del 95%) lo que significa que debe existir una disponibilidad suficiente de agua; sin embargo, humedades muy altas ocasionan problemas fitosanitarios (Miguel, 2013).

### **1.2.7 Índice de cosecha**

Las calabacitas se consumen en diversos estados de madurez fisiológica pero se les define como frutos inmaduros dentro de la amplia familia de las cucurbitáceas. Dependiendo del cultivar y de la temperatura, el periodo de floración a cosecha puede ser de 45 a 60 días para Zucchini. Los frutos se pueden cosechar en el tamaño deseado aun en estados muy inmaduros, antes de que las semillas empiecen a crecer y a endurecerse. La cascara blanda y delgada y el brillo externo son también indicadores de una condición prematura. El fruto completo es comestible ya sea crudo o cocinado, sin la eliminación de las semillas ni del tejido de la cavidad que las aloja. Los frutos jóvenes y pequeños son más tiernos y tienen por lo general un sabor dulce (Miguel, 2013).

En la etapa de precosecha se determina la calidad del producto en el momento de la recolección, dando lugar al comportamiento en la vida útil poscosecha. Los factores precosecha que influyen sobre la calidad son muy diversos y están interrelacionados entre sí.

### **1.2.8 Clasificación y designación del producto**

La calabacita se clasifica de acuerdo a sus especificaciones en tres grados de calidad en orden descendente (CONAFRUT, 1981).

- ❖ México Extra
- ❖ México No. 1
- ❖ México No. 2

El producto clasificado se designa por su nombre, tamaño y grado de calidad. El producto que no ha sido clasificado de acuerdo con alguno de los grados anteriormente enunciados designará como "No Clasificado". El término "No Clasificado" no es un grado dentro del texto de esta Norma, sino una designación que denota que ningún grado de calidad se ha dado al lote (CONAFRUT, 1981).

### **1.2.9 Almacenamiento en frío de la calabaza Zucchini**

La velocidad de deterioro de los productos hortofrutícolas después de cosechados, está asociada con el manejo que recibe y con las condiciones de almacenamiento, transporte y mercadeo. En el almacenamiento, la temperatura y la humedad relativa (HR) se consideran los factores físicos de mayor importancia que afectan la vida poscosecha de los productos hortícolas (Muy *et al.*, 2004); la reducción de la temperatura de almacenamiento provoca un decremento en el metabolismo, con lo cual es posible alargar la vida útil de los productos.

#### **a) Condiciones óptimas de almacenamiento**

El almacenamiento de Zucchini se realiza a temperaturas entre 8 y 10 °C y con humedades que bordean el 90%. El producto se puede conservar hasta 10 días sin que pierda sus cualidades (Miguel, 2013). Sin embargo Urías *et al.* (2012) menciona que las condiciones óptimas de almacenamiento son 5 a 10 °C y 90 a 95% de HR y que temperaturas de almacenamiento inferiores o superiores a las recomendadas, afectan la calidad y vida poscosecha de los frutos de Zucchini.

#### **b) Cambio en sus propiedades debido al almacenamiento**

Siendo el caso de las temperaturas superiores a 10 °C, y añadiendo al daño mecánico sufrido por un incorrecto manejo del producto, la calabaza es susceptible a daños causados por microorganismos, además de la pérdida de turgencia, causada por la reducción de agua debido a la transpiración y respiración del fruto; en consecuencia ocurre marchitamiento y una disminución de consistencia del fruto (plasmólisis celular), de igual manera la degradación de clorofila (Muy *et al.*, 2004).

En el caso de la exposición del fruto a temperaturas inferiores a 5 °C por 2 a 3 días induce daño por frío y la pérdida total de calidad; dado que el calabacín es de origen tropical, pertenece a los frutos que presentan lesiones por frío cuando se almacena



a bajas temperaturas. La lesión por frío (IC) es un proceso fisiológico que tiene lugar cuando las frutas de origen tropical o subtropical están expuestas a temperaturas bajas, sin llegar a la congelación. Las lesiones por frío descritas hasta ahora en la calabaza Zucchini son la pérdida de agua, el ablandamiento y la aparición de hoyos en la cáscara de la fruta; estos hoyos pueden ser el resultado del deterioro de la integridad celular causada por daños a las membranas celulares o a las paredes celulares. Además del daño oxidativo ya que las bajas temperaturas aumentan los niveles de las especies reactivas de oxígeno que pueden inducir la descomposición de los dobles enlaces en los ácidos grasos de los lípidos de la membrana (Carvajal *et al.*, 2011).

El deterioro de la calidad comercial de las cucurbitáceas se manifiesta por la disminución de firmeza y por la aparición de signos de marchitamiento, ambos eventos asociados con cambios en el estado hídrico del tejido cuyo umbral de pérdida de agua es de 6% (Urías *et al.*, 2012); lo cual puede ser provocado ya sea por temperaturas de almacenamiento superiores o inferiores a las recomendadas.

### **c) Índices de calidad de la calabaza Zucchini**

Para conocer la calidad y vida poscosecha de una fruta u hortaliza es necesario saber cuál es el máximo rango permitido de deterioro de las variables que definen su calidad, las cuales están definidas por la NMX-FF-020-1982.

La calidad de las calabacitas como ya se mencionó anteriormente se basa en la uniformidad de forma, en la firmeza global, en el brillo de la piel y en la buena apariencia del tallo residual. Otros factores de calidad son ausencia de defectos de crecimiento y manejo (manchado, cortaduras, magulladuras, abrasiones y picaduras), pudrición y amarillamientos en las variedades verde oscuro (Miguel, 2013).

### **1.3 Factores que influyen en la pérdida de productos**

En 1978 en Londres, Inglaterra, el Instituto de Productos Tropicales definió pérdidas como la acumulación de daños causados por factores bióticos, abióticos o antrópicos en cada una de las etapas del sistema poscosecha. Dentro de los factores abióticos con más influencia en la pérdida de productos perecederos están la humedad relativa y la temperatura ambiental, así como de los factores bióticos son la transpiración, la respiración y la sensibilidad al etileno.

#### **1.3.1 Temperatura de almacenamiento**

La temperatura es el factor ambiental que más influye en el deterioro del producto cosechado. En general, el ritmo de deterioro del producto es 2 a 3 veces mayor por cada incremento de 10 °C por encima de la temperatura óptima de conservación de los productos.

La refrigeración reduce el metabolismo y mantiene el sabor y el valor nutritivo, y puede disminuir la incidencia de las podredumbres de los frutos. Sin embargo, las plantas tropicales y subtropicales sufren lesiones debido al frío con la consiguiente pérdida de calidad. Los síntomas que siguen al daño por frío son deterioro de la calidad visual y sensorial, picado (pitting) de la superficie y un progreso rápido del manchado o pardeamiento. En el caso de las calabazas el almacenamiento por más de 2 semanas incrementa las pudriciones, el amarillamiento y el aspecto marchito, especialmente después de que el producto se transfiere a las condiciones típicas (Miguel, 2013).

#### **1.3.2 Humedad relativa (HR)**

La relación porcentual entre la presión del vapor de agua real y la presión de vapor de agua en el punto de saturación del aire recibe el nombre de humedad relativa (HR) y es la variable que comúnmente se utiliza para expresar la cantidad de agua presente en el aire (Himmelblau, 1999). La determinación del valor de la humedad

relativa del medio ambiente está muy ligada a la temperatura del medio ambiente en el momento de la medición, por lo que es común considerar y realizar la medición de ambas magnitudes al mismo tiempo.

La humedad relativa es importante en áreas de almacenamiento de granos para asegurar la durabilidad e inocuidad de estos, en áreas de cultivo controladas para afirmar la productividad de plantas, en áreas de producción animal, en áreas de almacenamiento de alimentos y productos terminados, carnes, etc., todo con la finalidad de dar durabilidad e inocuidad al producto.

En el caso específico de las frutas y hortalizas si la humedad relativa fuese alta promovería el desarrollo de pudrición en la fruta y si esta fuese más baja causaría pérdida excesiva de peso por la pérdida de agua (LACOMET, 2006; USAID, 2006).

### **1.3.3 Transpiración**

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada, la cual se pierde como vapor a través de orificios naturales (estomas y tricomas) y áreas dañadas de la superficie del fruto, debido a un gradiente de humedad entre el fruto y el ambiente (FAO, 1987)

### **1.3.4 Respiración**

Las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para mantener de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono, tal como lo hacen el hombre, los animales y otros organismos. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida de poscosecha del producto.

La respiración es necesaria para la obtención de energía, pero parte de esa energía produce calor que debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. En la etapa de crecimiento este calor es transmitido a la atmosfera, pero después de la cosecha y cuando el producto es empacado en un espacio confinado, la eliminación del calor puede dificultarse (FAO, 1987)

La calabacita presenta una producción de CO<sub>2</sub> moderada de 17-18 y 42-48 mL/kg-h, a 10 y 20 °C, respectivamente, la cual se incrementa con la temperatura de almacenamiento y afecta su vida poscosecha (Miguel, 2013).

### 1.3.5 Sensibilidad al etileno

El etileno es el principal agente inductor de la maduración de frutas y hortalizas y puede causar la maduración prematura de algunos productos o arruinar otros. Nunca se deben transportar o almacenar frutas y verduras que producen bastante etileno con productos que son sensibles al mismo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2000), en la siguiente tabla se muestran algunos alimentos productores y sensibles al etileno.

**Tabla 6.** Ejemplo de frutos productores y sensibles al etileno (ABC de Frutas y Verduras, 2005).

Productores de Etileno		Sensibles al etileno	
Aguacate	Mamey	Acelga	Kiwi verde
Plátano maduro	Mango	Plátano verde	Lechuga
Ciruela	Manzana	Brócoli	Pepino
Duraznos	Melón	Calabacita	Perejil
Guayaba	Papaya	Camote	Pimiento
Higo	Pera	Coliflor	Sandía
Kiwi maduro	Tomate	Espinaca	Zanahoria

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

### 2.1 Justificación y problema

En México conviven dos estructuras de venta de productos perecederos muy distintas. Por una parte, un segmento que utiliza de modo cotidiano la cadena de frío para sus productos, (tiendas de autoservicio) y por otra parte los segmentos tradicionales del mercado, (mercados ambulantes), donde tienen poco o nulo cuidado de las variaciones de temperatura (Medina, 2009); además de esto es de gran influencia el comportamiento de los vendedores minoristas, ya que son los responsables de las pérdidas de alimentos que ocurren al final de la cadena alimentaria. Debido a que la falta de control en la manipulación de los alimentos implican graves repercusiones económicas, es indispensable analizar el efecto que tiene la fluctuación de temperatura en las propiedades físicas y fisicoquímicas de los productos perecederos, como es el caso de la calabaza Zucchini, un vegetal de gran importancia para México, el cual en el periodo de 2006 a 2008 ocupó el cuarto lugar en la lista de productos vegetales con mayor volumen de exportación (Mercado-Ruiz & Martínez-Téllez, 2010), sin embargo según lo reportado por el Banco Mundial en 2017 México desperdicia 36.5% de la producción anual de calabaza y calabacita, es decir 153,677 toneladas de producto, debido en gran medida a que se cosecha inmadura y con un escaso desarrollo de cutícula lo que facilita el daño por cortes y abrasiones, además de una transpiración elevada; lo cual podría evitarse con una correcta manipulación, sí como el control de temperatura y humedad relativa.

## **2.1.1 Objetivos generales y particulares**

### **a) Objetivo general**

Evaluar el deterioro físico y fisicoquímico de la calabaza Zucchini almacenada bajo condiciones similares a su manejo en un mercado ambulante, enfatizando la importancia del cumplimiento de una cadena de frío.

### **b) Objetivos particulares**

1. Establecer en el laboratorio, realizando un estudio de campo en el mercado ambulante, las condiciones de almacenamiento de la calabaza Zucchini.
2. Determinar durante el almacenamiento el deterioro físico y fisicoquímico de la calabaza Zucchini bajo condiciones similares a un mercado ambulante.
3. Inferir sobre el grado de deterioro físico y fisicoquímico de la calabaza Zucchini en un mercado ambulante y la importancia de la cadena de frío en el manejo de hortalizas frescas.

## 2.1.2 Variables

A continuación en la Tabla 7 se muestran las variables independientes que se estudiaron, así como sus niveles de variación, además se presentan las variables dependientes con sus respectivas técnicas e instrumentos de medición, a través de los cuales se obtuvieron las variables de respuesta y con ayuda de estas fue posible evaluar el cambio en las propiedades físicas y fisicoquímicas de la calabaza Zucchini durante el almacenamiento y posteriormente se determinó el grado de deterioro que presentaron los frutos al finalizar el periodo de experimentación. Las variables de respuesta fueron evaluadas cada tercer día durante 15 días.

Cabe mencionar que las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado y en el caso de color y textura se evaluaron la parte media, inferior y superior de los frutos, también por triplicado en cada parte.

**Tabla 7.** Identificación de variables.

<b>Variable Independiente</b>	<b>Nivel de variación</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Variable de Respuesta</b>	<b>Técnica/ Método</b>
Temperatura de almacenamiento	8 °C 16 °C 25 °C	Pérdida de Peso	Marchitamiento	Balanza analítica
		Trabajo, dureza deformación, y fracturas.	Firmeza	<i>Texture analyzer CT3 Brookfield</i>
Humedad relativa de almacenamiento	85%HR 75%HR 50%HR	CRA		Balanza analítica y metodología de AOAC 1990 para determinar humedad
		Color		Colorímetro Agrocólor
		pH		Potenciómetro Hanna 213 y metodología de AOAC 1998

## 2.2 Actividades preliminares

Como ya se mencionó con anterioridad el objetivo de este proyecto fue evaluar el deterioro que presentan las calabazas Zucchini almacenadas a condiciones similares al mercado ambulante, teniendo eso en cuenta se realizaron 4 actividades preliminares: el índice de decaimiento, pruebas objetivas para analizar la confiabilidad del índice de decaimiento, estudio del mercado y selección de materia prima para la experimentación.

### 2.2.1 Índice de decaimiento

El índice de decaimiento es un parámetro subjetivo correlacionado con cambios fisicoquímicos y sensoriales asociados al deterioro del producto, el cual se realizó con la finalidad de monitorear los cambios de la materia prima y determinar su deterioro. Este se evaluó de acuerdo a lo descrito por Díaz-Narváez *et al.* (2010) y Trejo (2015) durante 2 semanas en 10 frutos almacenados a condiciones ambiente (26 °C y 45%HR). Se evaluaron parámetros como deshidratación, daño mecánico, firmeza, color, picaduras, y aparición de puntos negros. Los síntomas en los frutos se evaluaron visualmente con una escala subjetiva, dicha escala se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Escala para el índice de decaimiento (Díaz-Narváez, 2010).

Escala	Valor
No dañado	1
Daño ligero (<25%)	2
Daño moderado (>25% y < 50%)	3
Daño severo (>50 y <75%)	4
Completamente dañado (75-100%)	5



Cabe mencionar que el índice de decaimiento también fue usado para medir el nivel de frescura de las calabazas durante el estudio del mercado ambulante y sirvió como herramienta para la selección de la materia prima para la experimentación.

### **2.2.2 Pruebas realizadas para contrastar el índice de decaimiento.**

Con la finalidad de corroborar la confiabilidad del índice de decaimiento (ya que es subjetivo), se realizaron algunas pruebas objetivas como la pérdida de peso, color y textura. Posteriormente se contrastaron los resultados obtenidos de ambas pruebas (objetiva y subjetiva).

#### ❖ Pérdida de peso (deshidratación)

Tratándose de una prueba no destructiva se utilizaron los mismos 10 frutos que en el índice de decaimiento; se evaluó en los frutos el peso con una balanza digital OHAUS Scout Pro, durante dos semanas. Para los cálculos se consideró el peso inicial y el peso final y los resultados se reportaron en porcentajes de pérdida acumulada de peso.

#### ❖ Color

Se realizó al epicarpio y a la pulpa del fruto con un colorímetro marca Agrocólor® Apolinare en la que se obtienen los datos de color en el espacio RGB y que posteriormente son transformados a  $L^*a^*b^*$ . En la prueba de color del epicarpio también se utilizaron las calabazas del índice de decaimiento, ya que es una prueba no destructiva.

#### ❖ Textura

La prueba se realizó con el Texture analyzer CT3 Brookfield, empleando una sonda de punción plana de 4 mm de diámetro, a una velocidad de 1 mm/s y una carga de activación de 0.07 N, se llevó a cabo la punción de 5 mm de profundidad desde la superficie de la calabaza, en tres partes diferentes en la misma, las cuales son la

parte inferior, media y superior. Tratándose entonces de una prueba destructiva, por lo que se emplearon frutos distintos que en las pruebas anteriores.

### **2.2.3 Estudio del punto de venta**

Se realizó un estudio en 3 puestos diferentes del mercado sobre ruedas ubicado en la calle Emiliano Zapata, Buenavista Tultitlán, Méx., dónde se observó el nivel de frescura que tenía la calabaza Zucchini, el acomodo, la manipulación por parte de los consumidores, así como de los empleados y se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa; esto con la finalidad de determinar cuáles eran los factores que más impactaban en el deterioro de este fruto.

#### **❖ Nivel de frescura**

Con el objetivo de establecer el nivel de frescura de la calabaza en el mercado ambulante se evaluaron los mismos parámetros que en el índice de decaimiento (deshidratación, daño mecánico, firmeza, color, picaduras y aparición de puntos negros), y también se hizo uso de la misma escala.

#### **❖ Acomodo y manipulación del producto**

Para la evaluación de estos parámetros se realizó una observación detallada del comportamiento de los empleados así como de los consumidores y la información obtenida se analizó con ayuda de una tabla comparativa.

#### **❖ Temperatura ambiental y humedad relativa**

En la medición de temperatura superficial se utilizó un termómetro infrarrojo láser marca Extech (Figura 5). La temperatura se midió cada hora desde las 9:00 hasta las 16:00 en 3 muestras tomadas al azar en 3 puntos de la pirámide: inferior, medio y superior; por triplicado y posteriormente se sacó un promedio de las temperaturas.



**Figura 5.** Termómetro infrarrojo láser marca Extech.

Para medir la temperatura ambiental y la humedad relativa se utilizó el Termómetro/Higrómetro EL-USB Data logger (Figura 6), con el cual se obtuvieron 3 mediciones por hora y posteriormente se realizó el promedio de los datos por hora.



**Figura 6.** Termómetro/Higrómetro EL-USB Data logger.

## 2.2.4 Selección de la materia prima y establecimiento del número de calabazas a utilizar

En la experimentación se llevaron a cabo las pruebas de pérdida de peso, color, textura, contenido relativo de agua y pH, sin embargo, como ya se mencionó, en el caso de la pérdida de peso y color no se destruye la muestra por lo que se utilizaron las mismas calabazas, a diferencia de las otras 3 pruebas que si son destructivas; en la tabla 9 se indica el número de frutos que se requirieron para la experimentación.

**Tabla 9.** Número de calabazas a utilizar para la realización de la pruebas en el laboratorio.

<b>Prueba</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Número</b>
%PP	3 calabazas	3
Color	3 calabazas	
Textura	3 calabazas por día *6 días de prueba= 18 calabazas	18
pH	3 calabazas por día *6 días de prueba= 18 calabazas	
CRA	3 calabazas por día *6 días de prueba= 18 calabazas	
Total		<b>21</b>

Se utilizaron 21 calabazas por cada lote, por lo que se adquirieron 63 calabazas en total, las cuales se compraron en el mercado negro de Cuautitlán. La calabaza Zucchini se seleccionó de talla mediana (12-15 cm de largo y 4-5 cm de diámetro ecuatorial) con un daño ligero (<25%), determinado con el índice de decaimiento, partiendo con el mismo nivel de frescura y daño mecánico.

## 2.3 Experimentación

Con la finalidad de evaluar el deterioro físico y fisicoquímico que presentan las calabazas almacenadas a condiciones similares a las del mercado ambulante se llevaron a cabo las siguientes actividades: el establecimiento de las condiciones a trabajar en el laboratorio (a partir del estudio realizado en el mercado ambulante),

la construcción de las cámaras para mantener dichas condiciones y la realización de las pruebas de pérdida de peso, textura, color, pH, contenido relativo de agua (CRA) y marchitamiento.

### 2.3.1 Establecimiento de las condiciones a reproducir en el laboratorio

Una vez realizado el estudio en el mercado ambulante se procedió a seleccionar los parámetros que tienen mayor influencia en el deterioro de la calabaza para su posterior reproducción en el laboratorio. Los cuales fueron la temperatura y la humedad relativa, ya que el nivel de daño se descarta con una adecuada selección de la materia prima.

**Tabla 10.** Condiciones para la reproducción en el laboratorio.

<b>Combinación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>%HR</b>
Recomendada	8	85
1	16	75
2	25	50

Cabe mencionar que las temperaturas establecidas pueden tener una variación de  $\pm 3$  °C, ya que esa es la variación que tienen en el mercado sobre ruedas porque depende directamente del clima y de la respiración de los productos.

### 2.3.2 Construcción de las cámaras

Se fabricaron las cámaras para mantener a esas condiciones las calabazas, con ayuda de peceras de 30 cm de alto \* 50 cm de largo \* 25 cm de ancho a las cuales se les colocó una tapa de vidrio para evitar las pérdidas de humedad, además de una base de metal la cual permitió que por debajo de las calabazas se colocara la solución generadora de humedad, como se puede observar en la Figura 7.



**Figura 7.** Estructura de las cámaras.

#### **a) Control de humedad**

Las soluciones sobresaturadas se usan como fuente de generación de humedad, ya que si se coloca una solución sobresaturada de sal en un recipiente sellado, el aire sobre la solución alcanza una humedad relativa conocida. La humedad relativa generada por la sal depende ligeramente de la temperatura. En la Tabla 11 se muestran las humedades que generan las soluciones saturadas de diversas sales.

Para mantener las humedades relativas de 75% y 50% se usaron soluciones salinas sobresaturadas de cloruro de sodio (NaCl) y de Bromuro de sodio (NaBr) como la fuente de generación de humedad.

Para preparar una solución sobresaturada se debe tomar en cuenta la solubilidad de la sal en agua a cierta temperatura. Siendo de 36g/100ml para el cloruro de sodio a 20 °C y para el bromuro de sodio 90.5g por cada 100ml de agua a 20 °C.

**Tabla 11.** Soluciones sobresaturadas de sales y sus valores de humedad a diferentes temperaturas (Centre for microcomputer applications, 2015).

%	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
Bromuro de Litio	6.86	6.61	6.37	6.16	5.97
Cloruro de Litio	11.3	11.31	11.3	11.28	11.25
Acelerador de Potasio	23.4	23.11	22.51	21.61	-
Cloruro de Magnesio	33.3	33.07	32.78	32.44	32.05
Carbonato de Potasio	43.15	43.16	43.16	43.17	-
Nitrato de Magnesio	55.87	54.38	52.89	51.4	49.91
Bromuro de Sodio	60.8	59.2	57.8	56.3	53.7
Cloruro de Potasio	70.98	69.90	68.86	67.89	66.96
Cloruro de Sodio	75.61	75.47	75.29	75.09	74.87
Sulfato de Amonio	81.70	81.34	80.99	80.63	80.27
Nitrato de Potasio	95.41	94.62	93.58	92.31	90.79

Soluciones de glicerol-agua proporcionan un conveniente y barato sistema de control de humedad relativa en pequeñas cámaras de ambiente controlado. En el caso de la humedad relativa del 85% se usó una solución de glicerol-agua. Se calculó la cantidad de glicerol a utilizar para la preparación de la solución con las siguientes ecuaciones (Forney & Brandl, 1992):

$$SG = [(-0.189)(HR) + 19.9]^{0.0806}$$

$$G_w = (383)(SG) - 383$$

$$G_v = (G_w * W_T)/(100 * 1.262)$$

### b) Control de temperatura

Para el caso de la temperatura la de 8 °C se mantuvo la cámara en el nivel 1 (Figura 8) del refrigerador ubicado en el laboratorio 16 de la UIM en Campo 4, éste refrigerador fue previamente caracterizado con ayuda de un termómetro marca

Hanna (Figura 9) colocando el termopar de tal forma que no estuviese en contacto con ningún objeto y solo midiera la temperatura del aire, como se puede observar en la Figura 10.



**Figura 8.** Refrigerador donde se mantuvo la cámara a 8 °C.



**Figura 9.** Termómetro marca Hanna.





**Figura 10.** Cámara a 8 °C.

La temperatura de 16 °C se trató de mantener con ayuda de un aire acondicionado casero, fabricado con un ventilador y un recipiente aislado con poliestireno expandido en el cual se colocaban hielos cada hora; además la cámara fue igualmente aislada con el mismo material (Figura 11). Con ayuda del aire acondicionado fue posible disminuir la temperatura 6 o 7 °C, manteniéndola alrededor de los 18 a 19 °C y una humedad de 75%.



**Figura 11.** Cámara a 16 °C.

En el caso de la temperatura de 25 °C se instaló en la parte inferior de uno de los costados de la cámara un ventilador (Figura 12), el cual logrará descender de 2 a 3 °C la temperatura ambiente, manteniéndola de 25 a 28 °C.



**Figura 12.** Cámara a 25 °C.

La materia prima se mantuvo en esas condiciones durante 15 días, del 5 al 19 de mayo del 2017.

### **2.3.3 Pruebas en el laboratorio**

Las calabazas de estudio se mantuvieron a las condiciones de 8 °C y 85% HR, 16 °C y 75% HR y 25 °C y 50% HR por 15 días y se les realizó las pruebas siguientes cada tercer día.

- ❖ Pérdida de peso (deshidratación) con la balanza digital OHAUS Scout Pro
- ❖ Color en el epicarpio con el colorímetro marca Agrocólor
- ❖ pH con el potenciómetro digital marca Hanna 213

- ❖ Textura con el Texture analyzer CT3 Brookfield
- ❖ Contenido relativo de agua (CRA)
- ❖ Marchitamiento

## 2.4 Descripción de las pruebas realizadas

### 2.4.1 Pérdida de peso (deshidratación)

Se pesaron los frutos cada tercer día en una balanza digital OHAUS Scout Pro por el tiempo que duró el almacenamiento (Figura 13). Para los cálculos se consideró el peso inicial y el peso final de los frutos, y los resultados se reportaron en porcentajes de pérdida acumulada de peso (Muy et al., 2004).



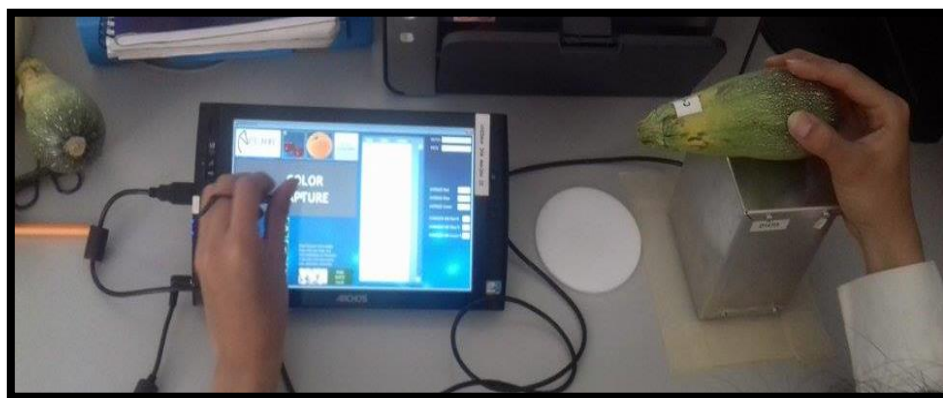
**Figura 13.** Medición de la pérdida de peso.

### 2.4.2 Color del epicarpio

Se realizó la prueba de color con un colorímetro marca Agrocólor® Apolinare, cada tercer día (Figura 14); se establecieron los 3 puntos donde fueron realizadas las mediciones (parte central, inferior y superior del fruto). Antes de colocar las muestras, el equipo se calibró con una placa color blanco; se tomó lectura de las coordenadas Red, Blue y Green. Dichas coordenadas se tuvieron que tratar con el programa Photoshop CS5 y transformarlas a coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Posteriormente se realizó el análisis de color de las muestras para obtener el ángulo de tonalidad ( $h$ ) y la cromaticidad ( $C$ ).

$$(* C) = \sqrt{a *^2 + b *^2}$$

$$(^{\circ}Hue) = \arctan\left(\frac{b *}{a *}\right)$$

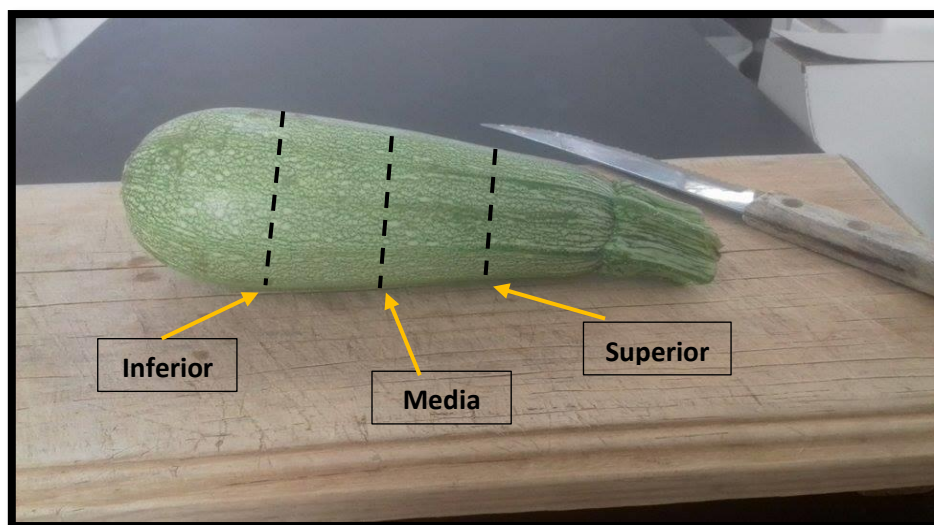


**Figura 14.** Medición de color con el colorímetro Agrocólor.

### 2.4.3 Color pulpa

La prueba de color que se le realizó a la pulpa de la calabaza si es destructiva, así que solo se llevó a cabo una comparación de la pulpa de una calabaza fresca y otra al finalizar el tiempo de almacenamiento (día 15), para esta prueba se realizaron

cortes de manera radial al fruto de 1 cm de espesor y se seleccionó una rodaja de cada uno de los siguientes puntos: inferior, medio y superior (Figura 15), con la finalidad de observar los cambios que tiene la pulpa con el paso del tiempo (Figura 16); se obtuvieron luminosidad, cromaticidad y ángulo Hue.



**Figura 15.** Cortes a la calabaza para evaluar el color de la pulpa.



**Figura 16.** Medición de color en la pulpa.

#### 2.4.4 Textura

Se le realizaron pruebas de textura a 1 calabaza cada 3er día, se colocó el fruto en forma horizontal sobre la base del equipo (Figura 17) y se realizaron tres lecturas por fruto en tres diferentes puntos: inferior, medio y superior, con el *Texture analyzer CT3 Brookfield* con la sonda 4f (4mm) a una velocidad de 1mm/s; evaluando la dureza, deformación, trabajo y fracturas.

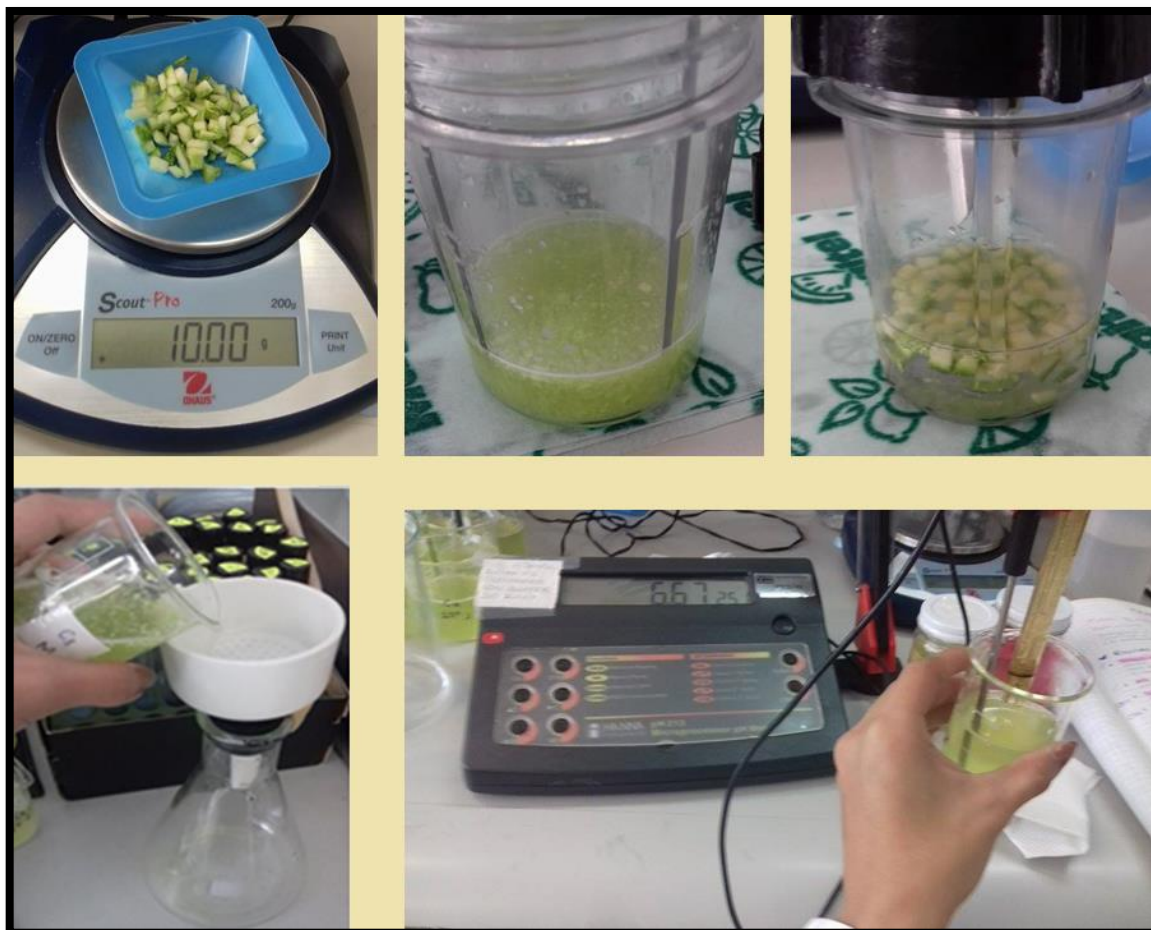


**Figura 17.** Medición de Textura con el Texture analyzer CT3 Brookfield.

#### 2.4.5 pH

Para la determinación del pH se evaluaron 3 frutos cada tercer día utilizando la metodología recomendada por la AOAC (1998). Se pesaron 10 g del fruto de calabacita ya picada en una balanza digital; a la cual se le adicionaron 50 ml de agua destilada. Posteriormente, la muestra se licuó en una licuadora Osterizer, la muestra licuada se filtró utilizando papel filtro. Se utilizó el potenciómetro digital

marca Hanna 213 (Figura 18); previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4 y 7. El pH obtenido se expresó directamente en unidades de iones de hidrógeno.



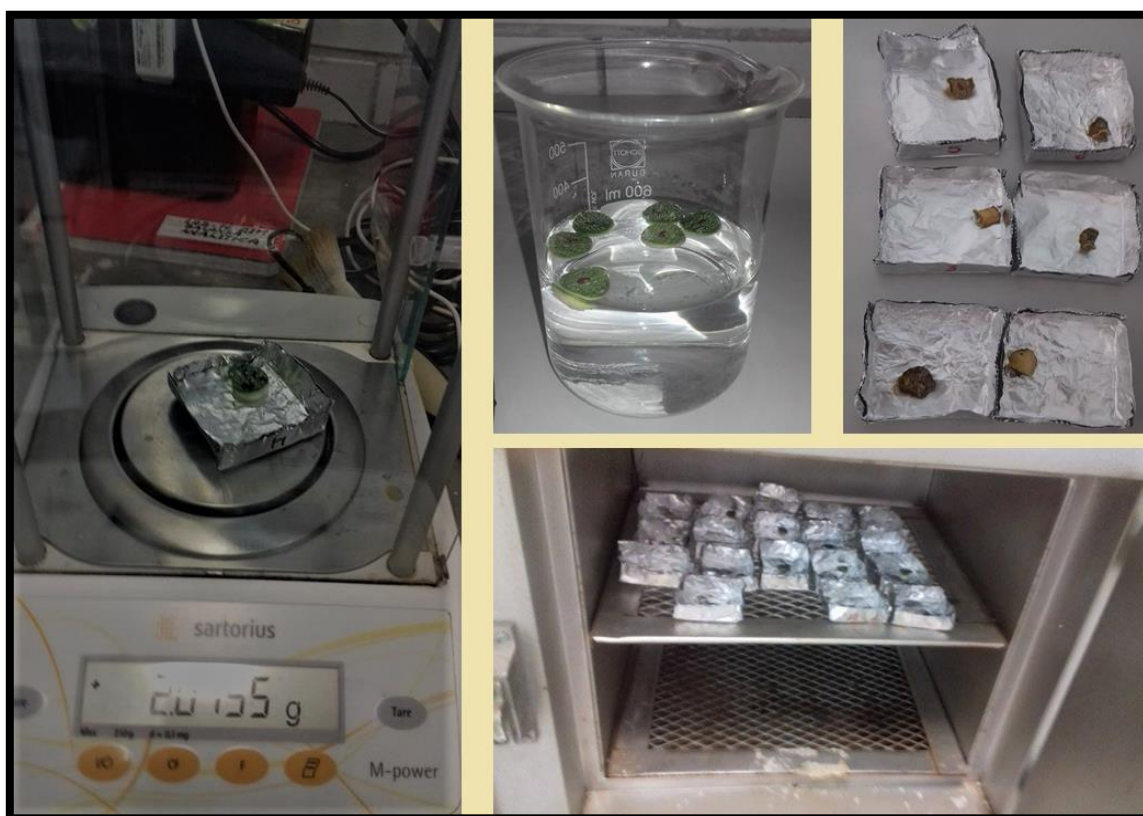
**Figura 18.** Preparación de la muestra para la prueba de pH.

#### **2.4.6 Contenido relativo de agua (CRA)**

Se determinó por duplicado en tres frutos (Pomper & Breen, 1997), con modificaciones de Muy et al. (2004). Se cortaron discos de tejido de 20 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con un sacabocados; se pesaron en una balanza analítica Scout-pro OHAUS, para obtener el peso fresco (Pf). Después, los discos se colocaron en agua destilada ( $25 \pm 1$  °C) por 2 h. La muestra se retiró del agua, se le eliminó el exceso de este líquido en la superficie y se determinó su peso a máxima turgencia (Pt). Finalmente, las muestras se secaron a 90 °C por 6 h (ajuste

de la prueba de humedad AOAC, 1990) y se evaluaron para conocer el peso seco ( $P_s$ ); el secado se llevó a cabo bajo las mismas condiciones en cada corrida asegurando que fuera uniforme (Figura 19). El CRA se determinó con la ecuación:

$$CRA(\%) = \left[ \frac{(P_f - P_s)}{(P_t - P_s)} \right] * 100$$



**Figura 19.** Prueba de Contenido relativo de agua.

### 2.4.7 Marchitamiento

La velocidad de deterioro de la calidad de los alimentos se describe con la siguiente ecuación:



$$\pm \frac{dQ}{dt} = k_q * [Q]^n$$

Donde:

Q=atributo de calidad

T=tiempo

N=orden de reacción

K<sub>q</sub>= constante de velocidad de deterioro de la calidad

En este caso se utilizó el signo (+) ya que se trata de un atributo de valores crecientes con el tiempo. Con los valores obtenidos de la prueba de pérdida de peso se realizó la cinética de deterioro y para obtener los valores de k y Q se estiman por análisis de regresión lineal.

## CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1 Estudio del mercado ambulante

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el estudio de los 3 puestos del mercado ambulante.

#### 3.1.1 Nivel de frescura

En la Tabla 12 se muestran los resultados de las características evaluadas subjetivamente de acuerdo con la escala del índice de decaimiento, determinando que el factor que más le afecta a la calabaza Zucchini en este punto de venta es el daño mecánico, esto es debido a que son frutos cosechados en estado inmaduro para una mejor calidad (poseen una pulpa más blanda y un sabor ligeramente dulce), lo que provoca que sean bastante perecederos debido a que la piel es tierna y se lesiona fácilmente con el manejo, (Martínez, 2001).

**Tabla 12.** Índice de decaimiento de la calabaza en el mercado ambulante.




<b>Parámetro</b>	<b>Puesto 1</b>	<b>Puesto 2</b>	<b>Puesto 3</b>
Deshidratación	1	1	1
Daño mecánico	2	2	3
Firmeza	1	1	1
Color	1	1	1
Picadura	1	1	1
Puntos negros	1	1	1

Este factor tiene repercusiones muy importantes en la senescencia del producto ya que no sólo es desagradable, sino que produce ruptura de las células y daño tisular ocasionando la pérdida de agua y un rápido incremento en la respiración del tejido dañado, estimulan la síntesis de etileno, facilitan la entrada de patógenos por el agrietamiento de la corteza y causan oxidaciones por ruptura celular (abrasiones), disminuyendo la vida de anaquel y la calidad para su comercialización. Las magulladuras constituyen el daño mecánico de poscosecha más común en la mayoría de las frutas, que resulta del impacto y vibración durante el embalaje, transporte y almacenamiento (Gómez-Jaimes *et al.*, 2012).

Existen diferentes factores que ocasionan los daños mecánicos, como el modo de acomodar los frutos en el envase, uso de materiales no adecuados (se utilizan cajones de madera con superficie áspera, con aristas filosas y clavos sobresalientes) y cantidad excesiva de mercancía en el mismo; además de que se mezcla producto dañado con producto sano (Firpo, 2010).

Aunque el daño mecánico es un parámetro importante debe ser descartado porque fue causado durante el transporte y no en el mercado ambulante (parte de la cadena de frío que se pretende estudiar en este trabajo) ya que como se observa en las imágenes de la Tabla 13 en el puesto 3 hay pedazos de periódico dentro de las magulladuras de la calabaza Zucchini, el cual forma parte del embalaje de la misma y ya no es usado posteriormente en el almacenamiento. Sin embargo el daño mecánico repercute en el parámetro de deshidratación, ya que causa ruptura de las células y acelera el proceso de transpiración, como ya se mencionó anteriormente.

**Tabla 13.** Imágenes comparativas de los puestos del mercado ambulante.

<p><b>Puesto 1</b></p>	
<p><b>Puesto 2</b></p>	
<p><b>Puesto 3</b></p>	

### 3.1.2 Acomodo del producto

La calabaza es un fruto moderadamente susceptible al etileno, por lo que es importante el acomodo que se tiene de este producto en el mercado ambulante, es decir que si se tiene contacto con productos que generen altas concentraciones de etileno puede existir una aceleración de la senescencia.

En el caso de los puestos estudiados (Tabla 14) se tiene contacto con zanahoria, cebolla y papa que son muy bajos productores de etileno y con chayote y chile poblano que tienen una baja producción de esta hormona; esto indica que se podría descartar la posibilidad de daño causado por este factor, sin embargo se debe tener cuidado ya que algún tipo de estrés en los tejidos vegetales puede estimular la síntesis de etileno, los agentes estresantes pueden incluir una excesiva pérdida de agua, daños físicos, o ataques de patógenos (Meza, 2013).

**Tabla 14.** Acomodo del producto en el mercado ambulante.

<b>Puesto 1</b>	<b>Puesto 2</b>	<b>Puesto 3</b>
El acomodo es de unas calabazas sobre otras, lo que propicia que los frutos de la parte superior sean los que tengan una mayor temperatura en comparación con los de la parte inferior; también usan un trozo de cartón como separación con las hortalizas que tiene a un lado, las cuales son zanahoria y chile poblano.	En este lugar el acomodo se hace de la misma forma que el anterior. Las calabazas están colocadas en medio de las cebollas y las zanahorias, en este caso también tienen un pequeño separador pero solo en la base de la pirámide.	El acomodo en este caso es un tanto más desordenado que en los puestos anteriores, aunque también están unas calabazas sobre otras, pero no se hace uso de separadores de ningún tipo, por lo que está en contacto directo por un lado con el chayote y del otro lado con la papa.

### 3.1.3 Manipulación del producto

Es importante que el producto sea manipulado adecuadamente ya que se trata de un fruto susceptible a daños mecánicos y un manejo descuidado de éste podría generar magulladuras y como consecuencia se vería comprometida su vida útil debido a la alta tasa de transpiración y a la producción de etileno.

Analizando la descripción de la Tabla 15 se logró establecer que tanto los empleados como los consumidores evitan dañar la mercancía, por lo que este factor no tiene gran impacto en el deterioro de la calabaza Zucchini.

**Tabla 15.** Manipulación del producto en el mercado ambulante.

	<b>Puesto 1</b>	<b>Puesto 2</b>	<b>Puesto 3</b>
<i>Manipulación por parte de empleados</i>	Los empleados ponen las calabazas en el cucharón de la báscula con la mano, pesan y lo embolsan.	Los empleados meten el cucharón de la báscula a la pirámide y con su mano arrastran el producto al cucharón; posteriormente lo pesan y embolsan.	Dejan a los consumidores que escojan el producto, posteriormente lo pesan y lo pasan a una bolsa.
<i>Manipulación por parte de consumidores</i>	No dejan que los consumidores manipulen el producto.	No dejan que los consumidores manipulen el producto.	En este lugar si les permiten la manipulación del producto a los consumidores, y ellos seleccionan la calabaza que es de su agrado.

### 3.1.4 Temperatura ambiental y humedad relativa.

La Tabla 16 muestra los cambios en temperatura y humedad relativa obtenidos durante el estudio al mercado ambulante.

**Tabla 16.** Registro de temperatura y humedad relativa.

Hora	Puesto 1		Puesto 2		Puesto 3	
	T (°C)	% HR	T (°C)	% HR	T (°C)	% HR
9:00	15,3	71,5	15,8	73	14,4	70,5
10:00	16	72,5	16,5	72	15,4	71,5
11:00	15,6	72	18,5	74	16,8	71
12:00	19,2	68	19,4	73	19,3	67
13:00	21,2	57,5	22,3	72	20,4	64
14:00	22,8	54,5	24,1	62,5	22,1	57,5
15:00	23,1	52	24,8	57	23,1	55
16:00	24	51	25,2	53,5	24,3	53,5

Estos factores son muy importantes en el tiempo de vida útil de la calabaza Zucchini, debido a que si no se tiene un correcto control de ellos es posible tener una alta pérdida de producto, en el caso de la humedad siempre se tiende a llegar a un equilibrio entre el ambiente y el alimento, como se mencionó antes si la humedad relativa es más baja de la recomendada habría una pérdida de peso causada por deshidratación y esto desencadenaría el marchitamiento y la pérdida de firmeza; en el caso de la temperatura si ésta estuviera por arriba de lo recomendado y añadiendo el daño mecánico sufrido por un incorrecto manejo del producto tendría como consecuencia la aparición de microorganismos en el producto como son el *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum* (causantes de la antracnosis), *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor* (Velázquez, 2011).

Con la finalidad de establecer las condiciones de temperatura y humedad relativa a trabajar en el laboratorio se hizo un análisis estadístico de los resultados obtenidos en donde se observó que los valores tienen una relación inversamente proporcional; es decir que por la mañana cuando se tiene la temperatura más baja también se tiene la humedad relativa más alta y conforme avanza el tiempo la temperatura sube y la humedad relativa baja. El frecuente incremento de la temperatura reduce la humedad relativa, aumenta los déficit de presión de vapor de agua (DPV) y causa estrés termo-hídrico en los cultivos (Jaimez *et al.*, 2005). Esto se explica con la relación de humedad, que es kg de vapor de agua/ kg de aire seco; cuando la temperatura ambiental aumenta también lo hace su capacidad de retención de vapor de agua, pero en el caso del mercado ambulante aunque aumenta la capacidad de retención de vapor de agua del aire, la cantidad de vapor de agua permanece igual y por tanto la humedad relativa tiende a bajar.

Los valores obtenidos de temperatura y humedad relativa fueron muy contrastantes, por lo que se seleccionaron los valores más altos y más bajos para estudiar el efecto que tenían en la calabaza Zucchini y en su tiempo de vida útil.

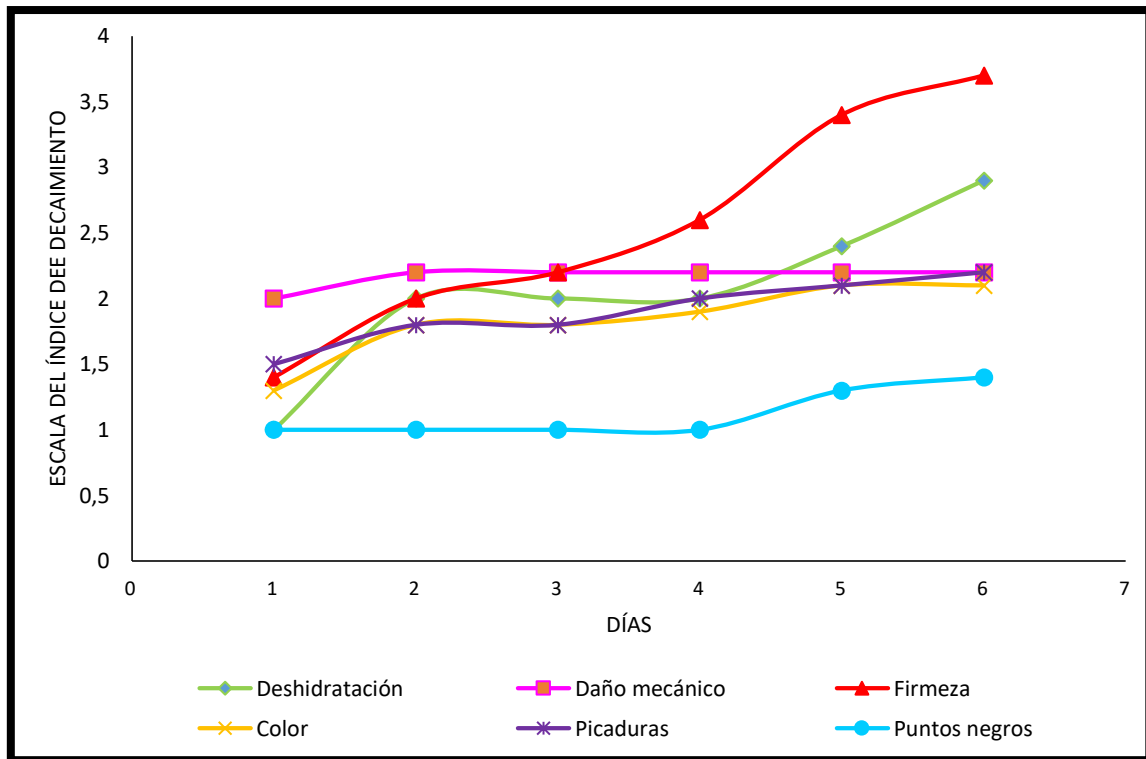
### **3.2 Índice de decaimiento**

Para analizar el índice de decaimiento se realizó una ANOVA de una vía de cada uno de los parámetros evaluados con la finalidad de saber qué parámetros son los más importantes en cuanto al deterioro de la calabaza.

En la Figura 20 se muestran los parámetros que más cambios tuvieron durante el almacenamiento de la calabaza Zucchini, la deshidratación que alcanzó un valor de 3 en la escala del índice de decaimiento indicando un daño moderado, aproximadamente del 30% y la firmeza que tiene un valor de 4 donde hay un daño del 60% aproximadamente; en el transcurso del primer muestreo al segundo la deshidratación mostró el cambio más notorio, a diferencia de la firmeza que le ocurre del cuarto al quinto muestreo. El incremento de la demanda de agua para la



transpiración es consecuencia de un incremento del déficit de presión de vapor, asociado al aumento de la temperatura y al descenso de la HR; esto causa la deshidratación en el fruto, provocando pérdida de firmeza lo cual se ve reflejado en el ablandamiento, arrugado y flacidez del fruto (Miguel, 2013).



**Figura 20.** Índice de decaimiento.

En el caso del daño mecánico la cutícula es un elemento estructural esencial, de importancia funcional y ecológica para la interacción entre el órgano vegetal y el ambiente, ofrece protección a los frutos contra el ataque de patógenos, daños mecánicos, la radiación ultravioleta y agentes contaminantes, (Suárez *et al.*, 2009) por ello es importante el grosor de la misma y como ya se mencionó anteriormente la calabaza tiene un escaso desarrollo de cutícula debido a que se cosecha inmadura, de modo que debe ser transportada con mucho cuidado; esto no siempre ocurre y observándose este comportamiento en las calabazas muestra ya que todas partieron con un valor de 2 según la escala del índice de decaimiento, posteriormente presentó una elevación en la gráfica y es porque algunas de las

magulladuras de las calabazas se hicieron más visibles los primeros días de almacenamiento, después de eso permanece constante este parámetro.

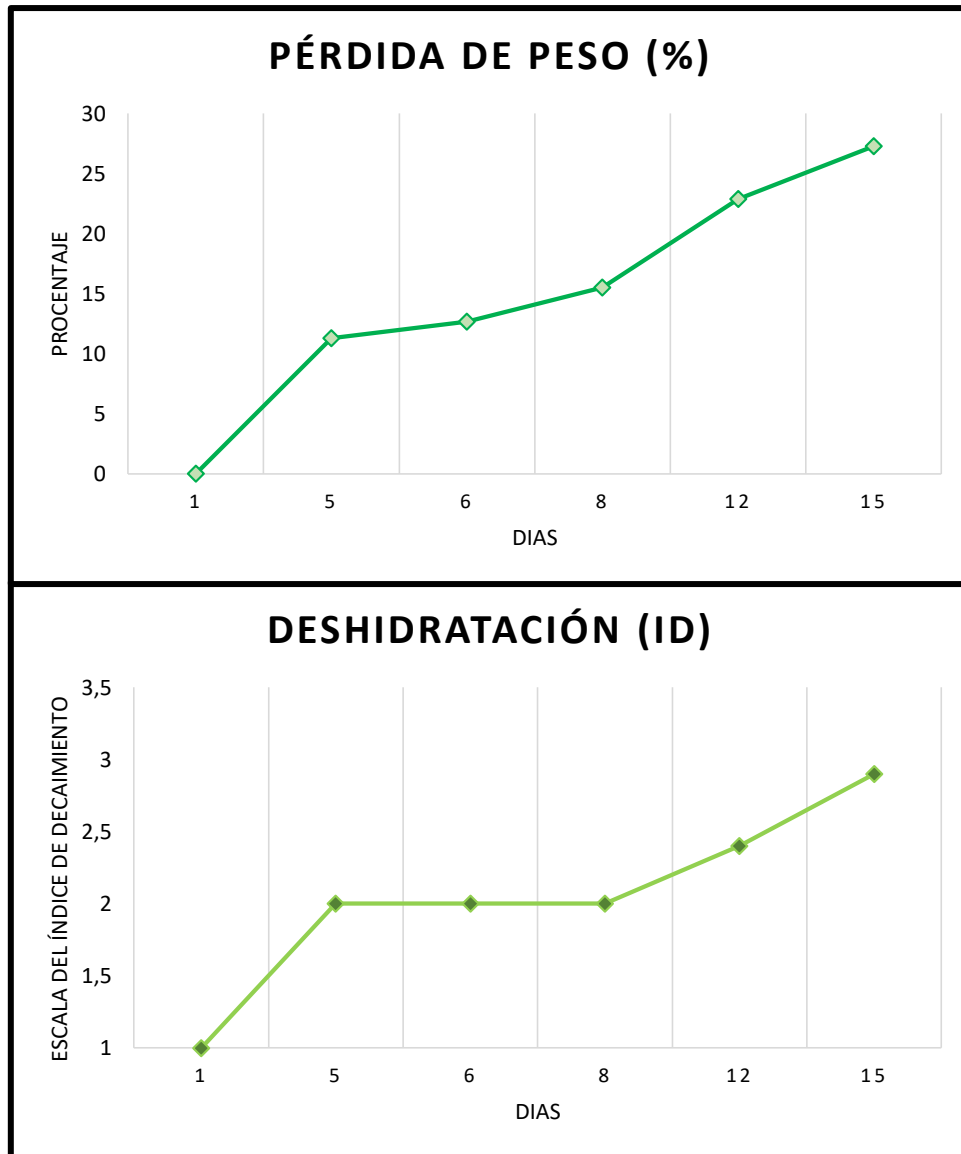
También se observa en la Figura 20 que en el caso del color los cambios más significativos se presentaron del muestreo 1 al 2, con un oscurecimiento del fruto ya que paso de un color verde claro y brillante a un verde oscuro opaco, enfatizándose en la parte inferior del fruto, y en la parte superior se tornó amarillento y posteriormente café-oscuro, lugar donde posteriormente apareció el moho, mostrándose en la Figura 32 este comportamiento, donde se aprecia el cambio de color que presentaron los frutos. Para el caso de las picaduras y puntos negros se tuvieron aumentos en el muestreo 4, aunque estos empezaron a aparecer mucho después de los primeros signos de envejecimiento del fruto por lo cual este parámetro no tiene tanta relevancia.

### **3.3 Pruebas objetivas en función al Índice de decaimiento**

Las pruebas subjetivas realizadas para el índice de decaimiento fueron reforzadas realizando pruebas que midieran instrumentalmente los parámetros de calidad asociados al manejo de calabaza Zucchini.

#### **3.3.1 Pérdida de peso**

En la Figura 21 se hace una comparación del parámetro de deshidratación del índice de decaimiento contra la prueba de pérdida de peso, éstas tienen un comportamiento similar, lo que quiere decir que la prueba del índice de decaimiento es confiable en cuanto a la evaluación de dicho parámetro aunque se trate de una prueba subjetiva; en ambas coincide que la mayor pérdida de humedad se tuvo en el transcurso del muestreo 1 al 2, donde se tuvo una pérdida de peso que superaba el 10%, siendo que el límite de pérdida de humedad para que no se vea afectada la calidad de la calabaza es el 6% (Urías *et al.* 2012 y Muy *et al.*, 2004).



**Figura 21.** Comparación de la prueba de deshidratación del índice de decaimiento y la prueba de pérdida de peso.

En promedio la humedad que perdieron las calabazas al final del periodo de almacenamiento fue el 27.25%, lo que afecta considerablemente las características de calidad del producto, esto se le atribuye a las condiciones a las que fueron almacenadas las muestras, 26 °C y 45% HR, ya que con una alta temperatura se acelera el proceso de transpiración, además de que siempre se tenderá a buscar un equilibrio entre la humedad del ambiente y la del fruto (Figura 22).



**Figura 22.** El agua se mueve desde mayor a menor potencial (Defilippi, 2009).

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada y es el principal factor de deterioro de los frutos, porque como resultado da tanto pérdidas cuantitativas directas (pérdida de peso), como pérdidas en la apariencia (marchitamiento y deshidratación), calidad de la textura (ablandamiento, flacidez) así como valor nutricional (Parra & Fischer, 2013). La transpiración está influenciada por factores internos del fruto como las características morfológicas y anatómicas, relación superficie-volumen, heridas superficiales y estado de madurez y por factores externos o ambientales como la temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y presión atmosférica (Giménez, 2013).

### 3.3.2 Textura

En los alimentos la palabra textura se utiliza cuando se pretende destacar la sensación que nos produce su estructura o la disposición de sus componentes, esta se define como la consistencia dura o blanda de la fruta u hortaliza, según sea el caso y depende principalmente del proceso de maduración, también ha sido atribuido a cambios en la cantidad y naturaleza de los polisacáridos presentes en la pared celular de las células vegetales; por otro lado, a medida que el tejido se va ablandando, pierde cohesividad y se presenta una disminución en las uniones intermoleculares debido a un incremento en la solubilidad de los constituyentes de la pared celular, primordialmente de la pectina (Torres *et al.*, 2015). Es un punto

importante a la hora de aceptar o rechazar un alimento, ya que con este parámetro podemos suponer el estado de madurez de un fruto.

Ciro *et al.* (2007) consideran que factores tales como la presión de turgencia, rigidez de la pared celular, contenido de fibra y agua, determinan la textura de una fruta o vegetal. A medida que va alcanzando su madurez fisiológica y sensorial, la fruta se va ablandando, por disolución de la lámina media y de las paredes celulares, sin mencionar que la pérdida de agua también contribuye a la flacidez (Miguel, 2013). Este ablandamiento puede valorarse subjetivamente, presionando con el dedo pulgar, pero también puede medirse objetivamente, obteniendo una expresión numérica de la consistencia mediante equipos electrónicos “texturómetros”

Para tener una visión general acerca de la textura en las calabazas se hizo el análisis de los siguientes parámetros.

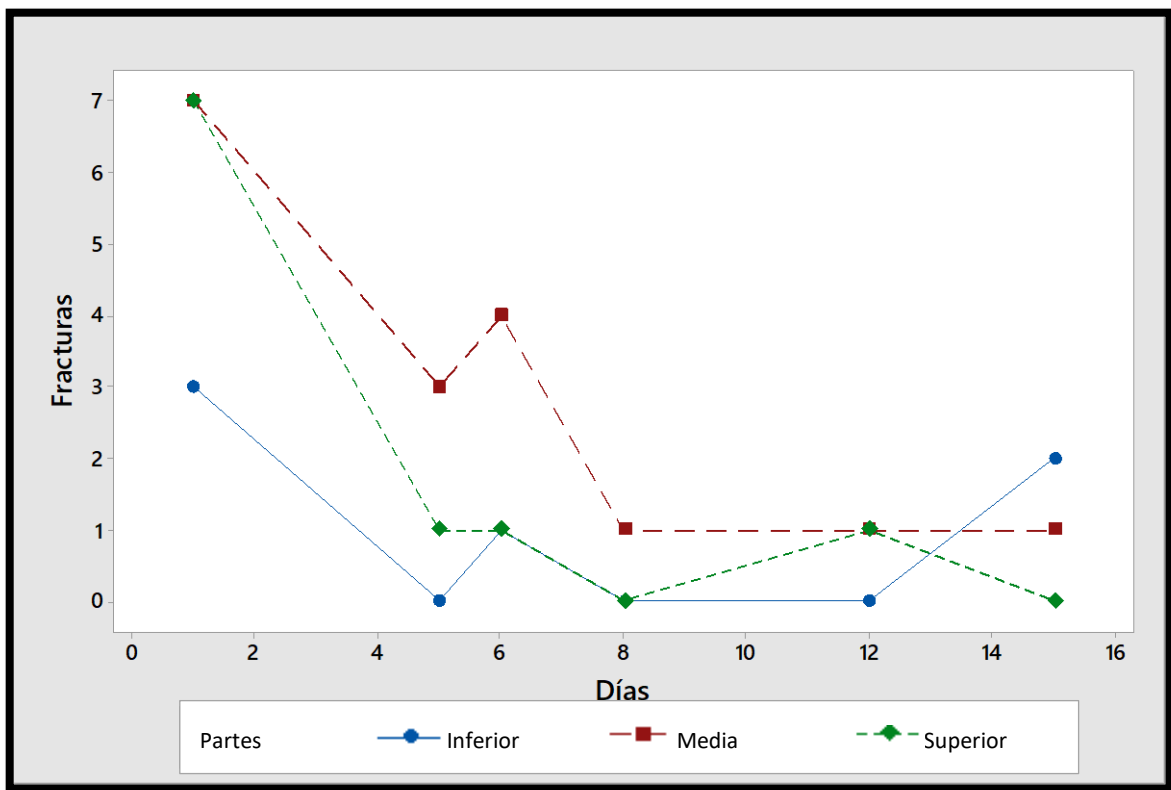
#### a) *Fracturas*

La fractura de un material sólido puede considerarse como una propiedad mecánica del material donde ocurre una separación en dos o más partes bajo la acción de un determinado esfuerzo.

En el caso de los vegetales son indicativo de frescura, ya que la sensación crujiente (que puede considerarse una característica textural) depende, en gran medida, de la disposición de las células, de la adherencia entre ellas y de su turgencia. Además según Vincent & Elices (2004), esta sensación se divide en dos tipos, *cripness* es el término usado para los alimentos que se fracturan frágilmente y con poco esfuerzo, y *crunchiness* que reservan para alimentos que aunque la fractura sea frágil necesitan un esfuerzo mayor, como en el caso de los vegetales y frutas frescas. En esta prueba se observa un rápido incremento de la fuerza hasta un punto máximo donde se fractura el material y la fuerza disminuye inmediatamente después de este punto, lo cual denota características crujientes en los productos. Sin embargo, si el

producto no es crujiente, existe una región donde ocurre deformación y la ruptura ocurre lentamente.

En la Figura 23 se muestra que la cantidad de fracturas fue disminuyendo con el paso de los días, esto como ya se mencionó, es debido que las fracturas son una característica de las frutas frescas porque sus células son turgentes debido a la presión del tejido celular sobre las paredes de las células, lo cual tiende a producir rigidez.



**Figura 23.** Comparación del número de fracturas obtenidas en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

Con un correcto control del déficit de presión de vapor de agua DPV durante el almacenamiento se reduce la velocidad de transpiración y mantiene por mayor tiempo el agua en las células y la turgencia en los tejidos (Muy *et al.*, 2004) por esa razón se consigue mantener la frescura de los frutos.

Sin embargo, en el caso de las calabazas almacenadas a 25 °C y 50% HR (una temperatura alta y humedad relativa baja), la pérdida de agua por transpiración se ve acelerada, lo que ocasiona que las células también pierdan esa turgencia, llegando a ser blandas y flácidas (plasmólisis celular). Además debido a una alta temperatura de almacenamiento la senescencia de los frutos se ve acelerada por la acción de diversas enzimas, ya que la actividad enzimática, así como su velocidad de reacción son dependientes de la temperatura; por lo que el enfriamiento ayuda a retrasar dichas reacciones (Barreiro & Sandoval, 2006), como son la degradación de carbohidratos poliméricos, especialmente de la pectina y celulosa, debilitando las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen a las células unidas a las otras, provocando el ablandamiento (Pinzón *et al.*, 2007).

Aunque la parte superior y media tuvieron un valor de 7 el primer día, con el paso del tiempo el comportamiento de la parte superior se fue pareciendo más al de la parte inferior, es decir que se vieron aceleradas en la pérdida de frescura, esto debido a la pérdida de turgencia en la parte superior ya que la relación superficie/volumen en esa zona favorece la pérdida de agua con lo cual se acelera la senescencia y en el caso de la parte inferior a que el continúa con la maduración, donde hay un crecimiento de semillas. En la Figura 32, se observan los cambios antes mencionados, cabe resaltar que estos cambios son debidos al consumo de agua, ya que para el crecimiento de semillas es necesaria una gran cantidad de agua, así como de nutrientes, los cuales son tomados del fruto (Doria, 2010).

#### *b) Deformación*

La deformación es el cambio de forma que sufre un objeto cuando es sometido a una fuerza que afecta su estructura física. Existen 4 diferentes clases de deformación, la elástica que sucede cuando el material recupera su forma y volumen original una vez que cesa el esfuerzo; la deformación plástica cuando el material permite sobrellevar la deformación permanentemente sin que se llegue a la ruptura, es irreversible; deformación por ruptura, es aquella en la cual el esfuerzo hace

perder la cohesión entre las partículas del material y este se fractura; y la deformación rígida sucede en cuerpos que al aplicarles cualquier fuerza, no ocurre deformación alguna (Díaz, 2008).

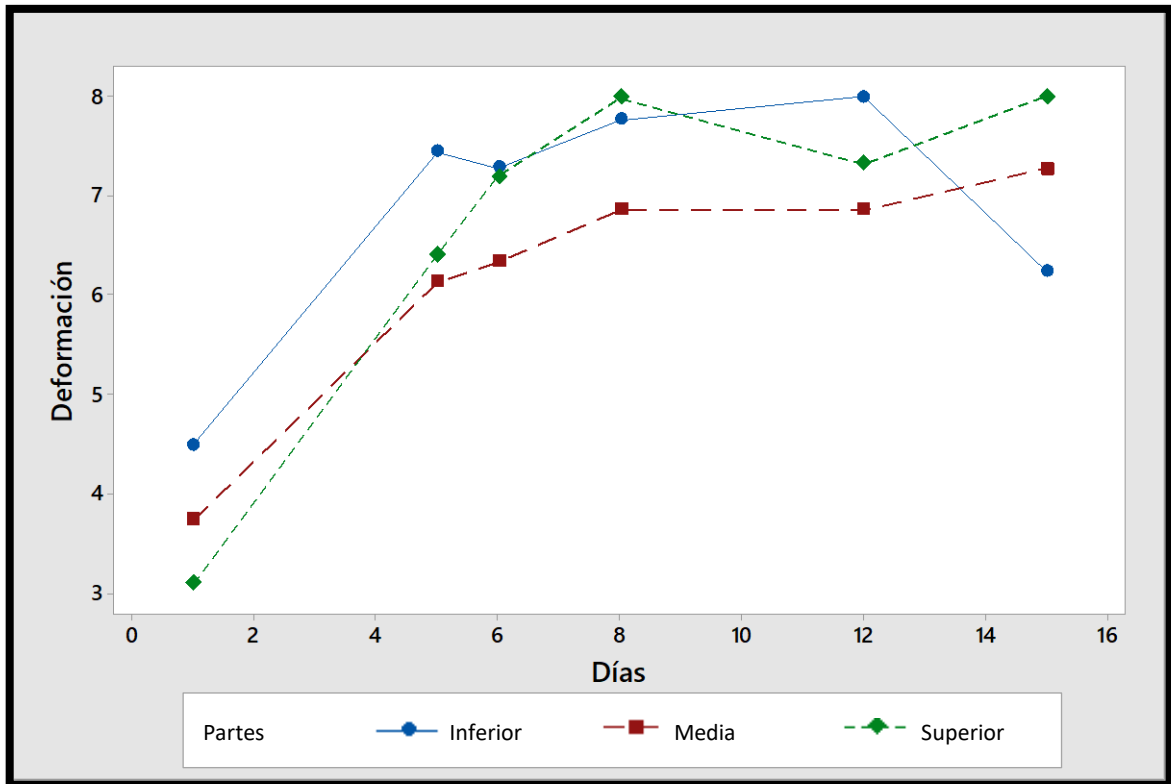
Anteriormente se mencionó que cuando un fruto pierde frescura también deja de ser crujiente, es decir que existe una región donde ocurre la deformación y la ruptura ocurre lentamente (Castro & Hombre, 2007).

Muy *et al.* (2004) indica que la pérdida de firmeza en pepino se caracteriza por el desarrollo de tejido esponjoso y menor turgencia debido a la pérdida de agua de las células por la transpiración, lo que explica que los frutos se deformen con más rapidez cuando las condiciones de DPV de las cámaras de almacenamiento son altas. Además Pérez (2009) menciona que cuando un fruto es sometido a una prueba de compresión el comportamiento del tejido del fruto, al principio, corresponde al de un cuerpo elástico que puede volver a su forma original si el esfuerzo es retirado, pero en el caso de periodos más prolongados de estrés, el tejido del fruto tiene un comportamiento plástico en donde los tejidos no recuperan su forma original. Lo que ocurre en tal situación es que la energía liberada por la compresión es encausada para la salida del agua de las células, el movimiento de las células dentro del tejido o para el deslizamiento de microfibrillas en la matriz de la pared celular, lo que ocasiona una deformación permanente en la forma de la célula.

En el caso de la calabaza debido a la pérdida de turgencia de las células el tejido se vuelve blando, provocando que la sonda ya no pueda penetrar, sino que solo pueda hacer una deformación plástica, es decir que a pesar de que el material no se rompe, no recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. También se observa que la parte inferior de las calabazas presentaron una mayor deformación hasta el penúltimo muestreo, seguida de la parte superior, atribuidos a las causas anteriormente mencionadas, senescencia del fruto en la parte superior debido al ablandamiento del tejido por la pérdida de turgencia



(transpiración) y a la acción enzimática causando la degradación de la pared celular (Vinicio, 2005) y crecimiento de semillas en la parte inferior lo que provoca los cambios fisiológicos en el fruto por la demanda de humedad.



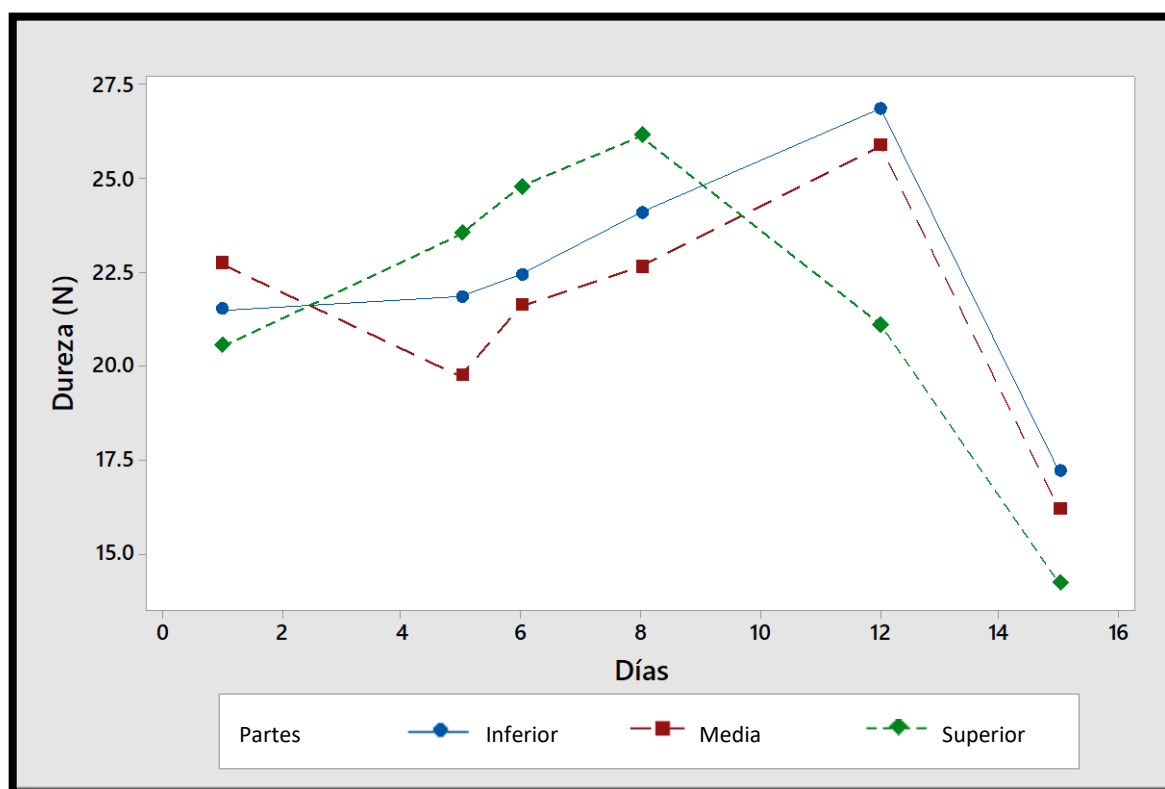
**Figura 24.** Comparación de los mm de deformación en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

### c) Dureza

Es la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada y se mide en Newton (N). Éste parámetro ayuda al consumidor a decidir si puede consumir un fruto o no, ya que le indica el estado de madurez del mismo. La medida de la dureza puede ser afectada por muchos factores tales como la temperatura, humedad, tamaño, forma cuando se realiza la medición (Torres *et al.*, 2015). Un producto blando es uno que muestra una ligera resistencia a la deformación, un producto

firme es moderadamente resistente a la deformación, mientras que la dureza describe un producto que muestra una resistencia sustancial a la deformación.

En la Figura 25 se observan los cambios de dureza, al inicio de la experimentación no existe diferencia estadísticamente significativa con valores de 21.5, 22.7 y 20.5 N. después fueron aumentando y posteriormente mostraron una disminución en la parte media e inferior, en el caso de la parte superior (después de 8 días de almacenamiento a condiciones pre-establecidas) perdió agua a mayor velocidad, lo que desencadenó cambios estructurales reflejados en el reblandecimiento del tejido, este comportamiento se muestra en la Figura 32, observándose el daño fisiológico y microorganismos en la parte superior.



**Figura 25.** Comparación de la dureza en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

También es posible observar que la parte que mayor dureza presentó al finalizar el monitoreo fue la parte inferior, ya que como se mencionó anteriormente el fruto presentó cambios en la textura porque las semillas toman el agua necesaria para

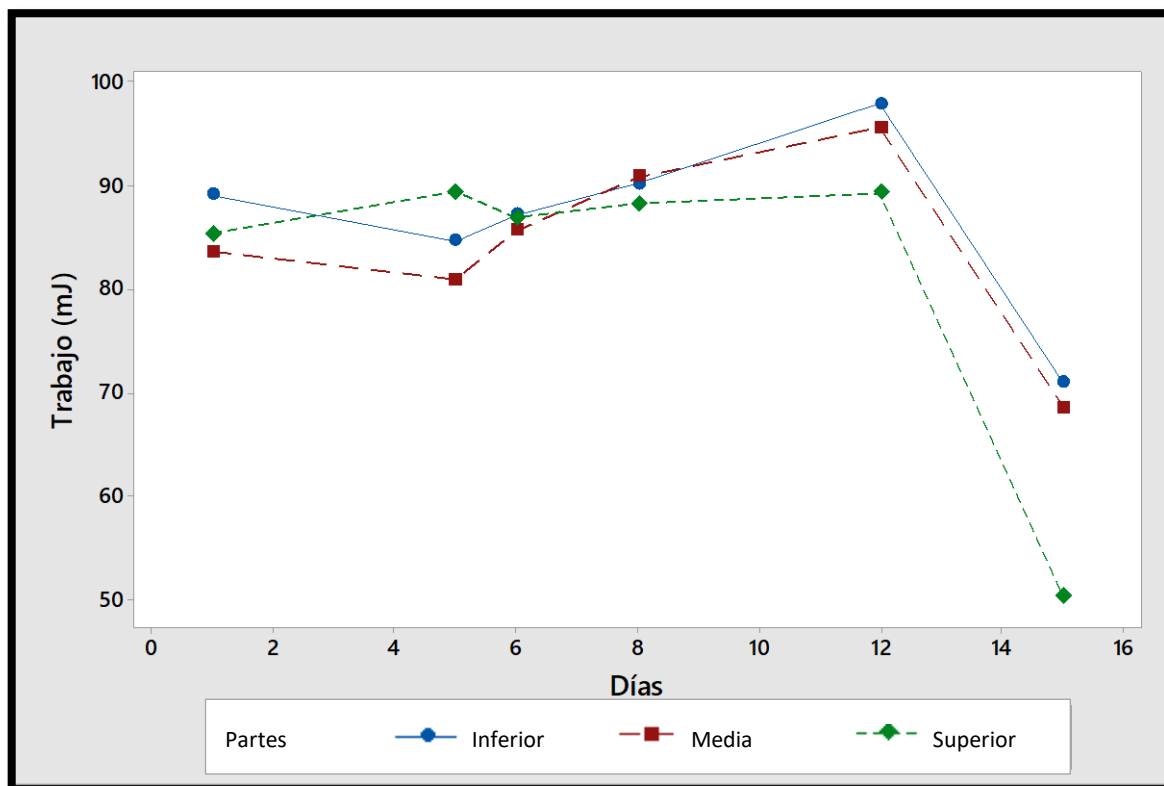
su crecimiento que además desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas (Doria, 2010).

#### *d) Trabajo*

El trabajo es la energía necesaria para deformar un cuerpo; por lo que este parámetro es un indicativo de que tan propenso es el fruto a sufrir daños mecánicos, los cuales pueden producirse en cualquier etapa de la cadena de suministro, dichos daños son causados por prácticas de recolección poco cuidadosas, embalaje inadecuado (cajas con bordes afilados, clavos o grapas salientes), estibado de una cantidad excesiva de producto, manipulación poco cuidadosa (dejar caer o arrojar el producto o las cajas llenas); todo esto provoca facilidad de ataque de hongos y bacterias causantes de pudriciones, aumenta la pérdida de agua a través de la zona dañada, aumento del ritmo de respiración y por consiguiente la producción de calor (Calvo, 2005).

En la Figura 26 muestra que no existió diferencia significativa en las 3 partes en que se dividió la calabaza para realizar los muestreos, al finalizar la prueba, la parte que se requirió más trabajo de deformación fue la inferior, debido a que presentaba una mayor dureza por el crecimiento de las semillas; Flores (2008) describe las diferentes etapas fenológicas de la semilla, donde indica que en la primera etapa llamada imbibición se presenta un hinchamiento pronunciado y un cambio en la coloración del embrión ocasionado por la absorción de agua; con lo cual se explica el cambio de textura ya que el agua requerida por la semilla fue tomada del fruto. En la parte media de la calabaza los valores del trabajo fueron cercanos a la parte inferior por la resistencia que oponía el fruto ante la penetración, y en la parte superior se tuvo una disminución importante el último día de medición debido a la pérdida de turgencia (transpiración), así como por la solubilidad de la hemicelulosa y la pectina, siendo que las características de la pared celular, tal como rigidez o relajación, dependen en gran medida del grado de metil esterificación de las últimas (Salazar, 2013), esto provocó que el fruto se volviera un material plástico, el cual

cuando es sometido a periodos prolongados de estrés, los tejidos no recuperan su forma original después de que cesa el esfuerzo aplicado (Pérez-López *et al.*, 2009).



**Figura 26.** Comparación del trabajo necesario para realizar la penetración en la parte superior, media e inferior en las calabazas durante la prueba de textura que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

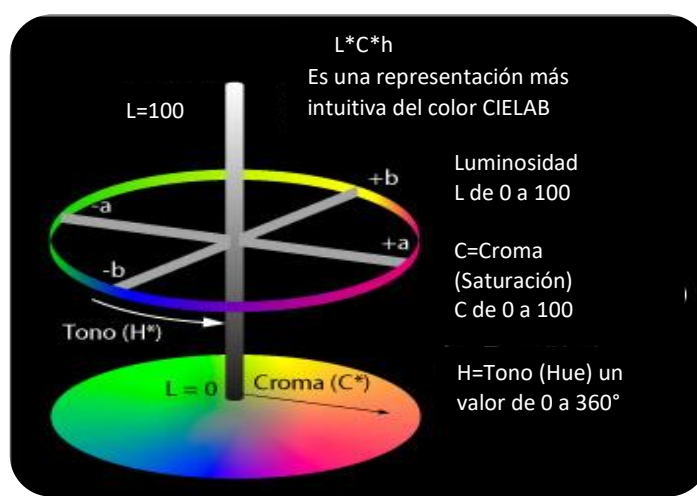
### 3.3.3 Color

La calidad sensorial de frutas limita la vida del producto antes de que lo haga el desarrollo microbiano. El color y su uniformidad son dos de las principales características que determinan la calidad de un fruto u hortaliza y se utiliza frecuentemente como un índice de frescura y valor nutricional del producto, ya que se relaciona con la intensidad del sabor y la dulzura, siendo el más importante en la aceptabilidad del producto (García *et al.*, 2011).

En el caso de los frutos no climatéricos, sólo se logrará la coloración adecuada durante el periodo de precosecha, ya que si se recolectan en un estado inmaduro la evolución de los pigmentos no tiene lugar y afectará a la intensidad y calidad del color de la piel y pulpa, tal es el caso de la calabacita. Además gracias a este parámetro es posible detectar determinados desórdenes fisiológicos que se ponen en evidencia en la poscosecha, como los “daños por frío”. A continuación se describe con mayor detalle cada uno de los atributos del color (Tabla 17).

**Tabla 17.** Descripción de los atributos de color (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014).

Atributo	Descripción	Ejemplo
Matiz	Tono, tinte, color, “hue”. Es caracterizado por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro. Representa un espacio en el diagrama de cromaticidad.	Rojo-amarillo o verde-amarillo
Cromaticidad	Saturación, intensidad, pureza, “chroma”. Define la intensidad o pureza espectral del color que va desde los tonos grises, pálidos, apagados a los más fuertes y vivos. Es el grado de color (incolore, brillo, palidez).	Brillante rojo-amarillo o pálido-rojo amarillo
Luminosidad	Brillante, brillo, “brightness”. Es dado por el contenido total de energía. Da lugar a los colores claros y oscuros. Es el grado entre la oscuridad y el brillo máximo.	Rojo brillante-amarillo o rojo oscuro-amarillo

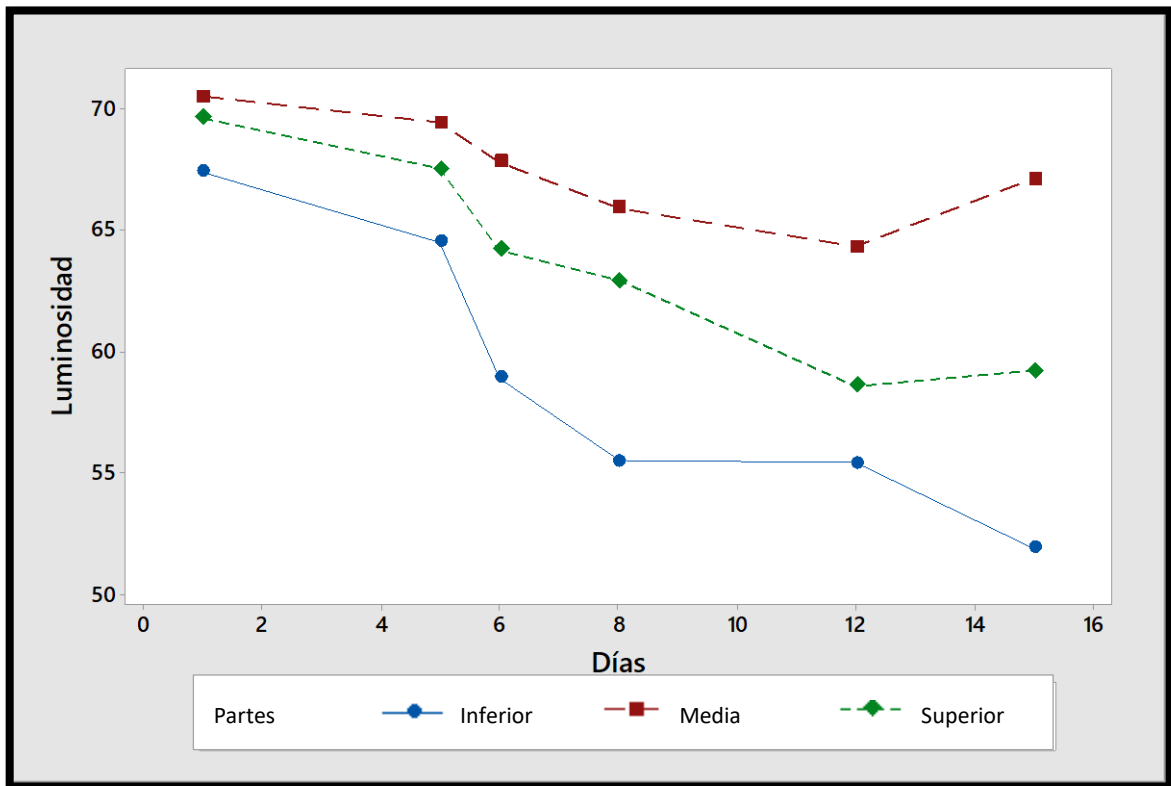


**Figura 27.** Descripción de los atributos del color (Boscarol, 2007).

a) *Luminosidad*

La coordenada  $L^*$  recibe el nombre de claridad o luminosidad y es definida como la capacidad para reflejar la luz emitida a través de un objeto (Bernal, 2017). Alude a la claridad u oscuridad de un tono. Por ejemplo cuando un color es mezclado con blanco da como resultado ese mismo color, pero más claro (Luis, 2011). Toma valores desde 0 hasta 100, donde 0 es negro y 100 es blanco.

En la Figura 28 se muestran los valores de luminosidad, estos fueron disminuyendo conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento, debido principalmente a la pérdida de la capa cerosa; la mayoría de las frutas y hortalizas poseen una capa de cera natural en la superficie, llamada cutícula.



**Figura 28.** Luminosidad obtenida en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

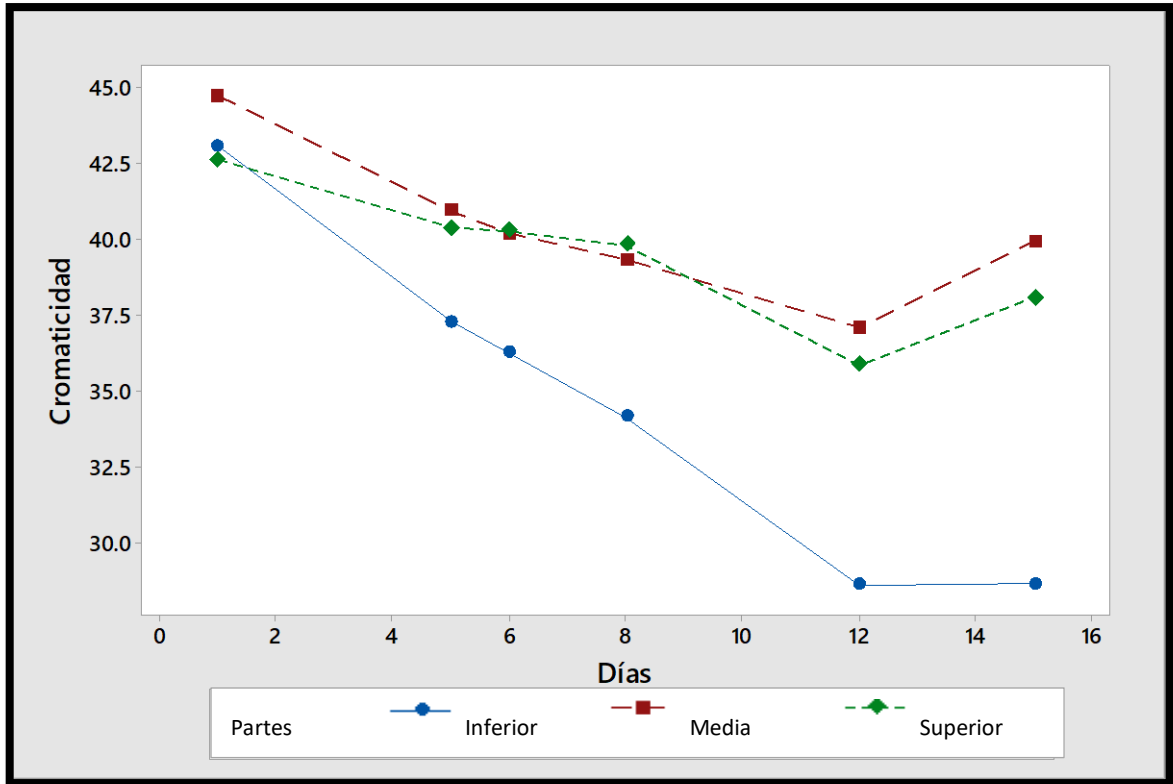
Ésta capa desempeña funciones importantes debido a sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y morfológicas tales como reducir la pérdida de agua, evitar la proliferación de microorganismos, también tiene un papel termorregulador importante en las interacciones de las plantas con el ambiente y protege de los rayos UV , además le dan al fruto un aspecto brillante y lustrado; esta capa aumenta durante el crecimiento y disminuye durante el proceso de maduración y senescencia (Ruelas-Chacón *et al.*, 2013 y Tafolla-Arellano *et al.*, 2013).

También se observa, que la parte inferior tuvo una mayor pérdida de luminosidad, siendo de 51.9, volviéndose un verde más oscuro (Figura 32), esto se le atribuye a que hubo una continuación de la maduración en esa parte del fruto y se corrobora con la Figura 34 donde se muestra que en esa parte ocurrió un crecimiento de las semillas, contrario a lo que sucedió en la parte superior, donde la luminosidad disminuyó por la aparición de los puntos negros y posteriormente se encontró el moho, lo cual confirma la desaparición de la capa cerosa.

#### *b) Cromaticidad*

El croma (C) indica el grado de diferencia entre un tono determinado y un gris de la misma claridad (Cajamar, 2014). Tiene el valor 0 para estímulos acromáticos (gris) y llega hasta el 100.

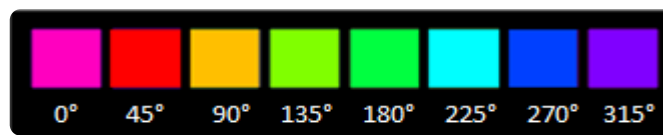
En la Figura 29 se observa que conforme pasan los días la cromaticidad disminuyó lo que implica que existe una menor saturación del color. En el caso de la parte media y superior del fruto se observa un comportamiento similar, partiendo de 44.7 (parte media) y 42.6 (parte superior), además del 5to al 8vo día se mantuvieron prácticamente estables con un valor promedio de 41 y aunque hubo una disminución, en la última medición regresaron a los valores cercanos al 40. Por otro lado, en la parte inferior de la calabaza se observa que existió una mayor disminución con una pérdida del 33 % de la cromaticidad a los 12 días, lo que implicó un desarrollo de un color verde oscuro, pero más opaco.



**Figura 29.** Cromaticidad obtenida en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

c) *Ángulo de tonalidad*

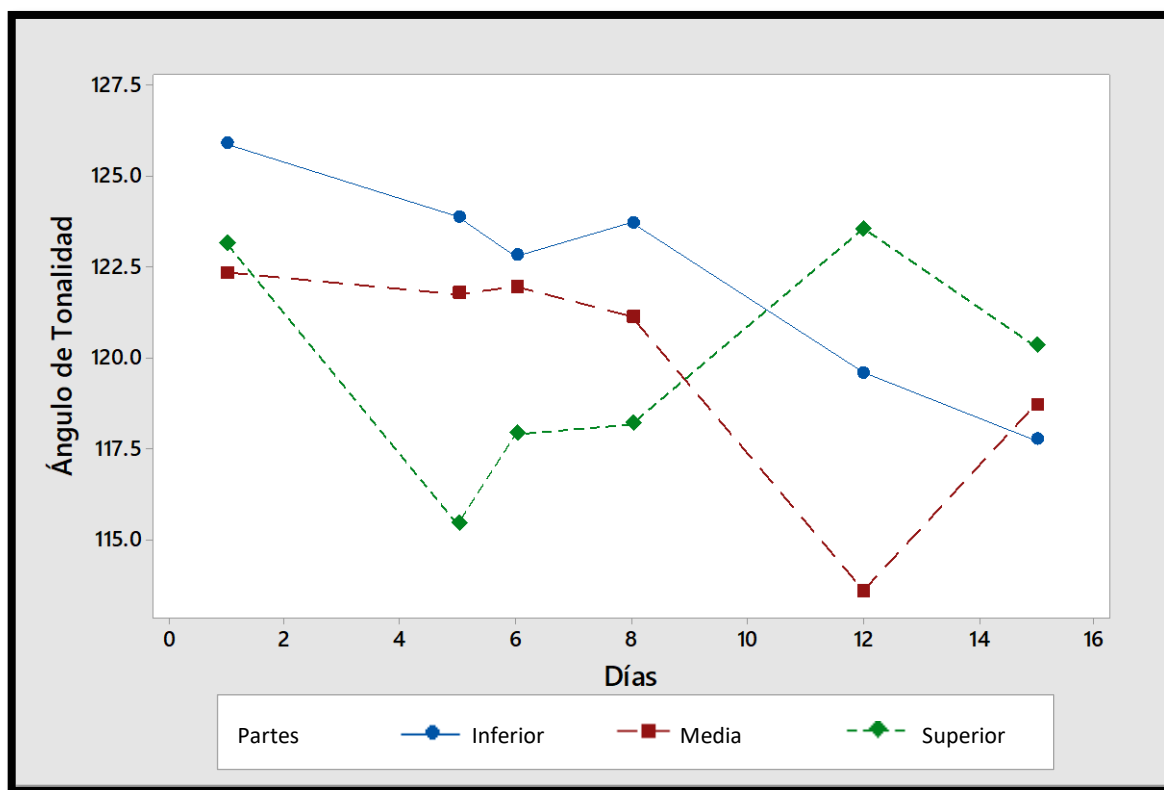
Es el estímulo que nos permite distinguir un color de otro. El matiz se define también como tono, tinte, color o “hue” y está caracterizado por la longitud de onda de la radiación, por lo cual permite afirmar si un color es rojo, verde, amarillo, azul, violeta, etc. (Peñafiel, 2017) como se observa en la Figura 30. El valor de h es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° a 360°, siendo las siguientes las tonalidades:



**Figura 30.** Tonos correspondientes a los distintos ángulos Hue (Boscarol, 2007).



El ángulo de tonalidad comenzó con valores de 122 a 125 (Figura 31) es decir con una tonalidad amarillo-verde que denota frescura y que con el paso de los días tendieron a disminuir, acercándose a las tonalidades amarillas principalmente en la parte media y superior del fruto, esto sucedió por la degradación de la clorofila debido principalmente a la acción de la enzima clorofilasa la cual se encuentra ampliamente distribuida en los tejidos vegetales y se activa en condiciones de estrés fisiológico, tal como las senescencia de los frutos y el almacenamiento prolongado. Se ha encontrado que la actividad de la clorofilasa se incrementa al aumentar la actividad respiratoria de las frutas.



**Figura 31.** Ángulo Hue obtenido en la prueba que se realizó para darle soporte al índice de decaimiento.

La clorofila se degrada fitol y clorofilina (Barreiro & Sandoval, 2006), dando como resultado las tonalidades amarillas, este comportamiento se observa en la Figura 32, desarrollando posteriormente un color café, lo que indica que existió un pardeamiento por la enzima polifenoloxidasas, ya que cuando las células envejecen

hay una desorganización lo que provoca que la enzima y su sustrato se junten y así sucede la reacción de oscurecimiento, además es posible tener oscurecimiento por la reacción de oxidación del ácido ascórbico debido al acceso acelerado del oxígeno por la ruptura de compartimentalización de la célula, así como por la acción de la enzima ascobato oxidasa (Calvo, 1991).

En la Figura 32 se muestra el cambio que ocurrió en las calabazas durante los 15 días de almacenamiento; por lo que se observa que los frutos tuvieron cambios muy importantes como la deshidratación.

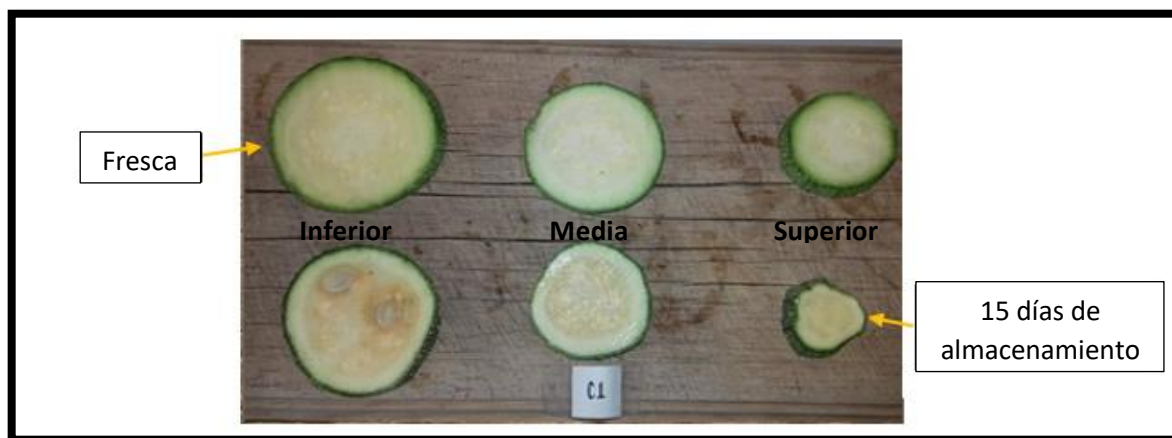


**Figura 32.** Cambios en la calabaza durante el índice de decaimiento.

Gracias a la deshidratación se desencadenan algunos cambios, como el ablandamiento debido primeramente a la pérdida de turgencia de las células por que la presión dentro de ellas disminuyó, posteriormente por acción de la celulasa,

poligalacturonasa y pectinmetilesterasa en la parte superior de la calabaza; donde la celulosa provoca la pérdida de cohesión de la estructura fibrilar de la matriz de polisacáridos de la pared celular, la PME degrada las sustancias pécticas de la laminilla media de la célula, componente de la pared celular que actúa como agente cementante o ligando entre las células y puede también controlar los movimientos de materiales solubles y la PG ataca los residuos pécticos desmetilados obtenidos por acción de la PME (Aponte & Guadarrama, 2003); todo lo anterior tiene como consecuencia una mayor pérdida de agua debido a que la pared celular sufre severos daños y con ello se incrementa la permeabilidad de su membrana, de esta forma pueden ponerse en contacto enzimas y sustratos que antes estaban separados por una membrana con permeabilidad selectiva (Palacios *et al.*, 1997) como es el caso de la clorofilasa (degradación de la clorofila) y la polifenoloxidasasa (pardeamiento).

Los cambios no ocurrieron de la misma manera en todo el fruto, ya que en la parte superior ocurrió la flacidez y cambio de color por acción enzimática, pero en la parte inferior el comportamiento fue completamente distinto, y esto es más notorio cuando se hace una comparación de la placenta del fruto, como el que se muestra en la Figura 33, en donde se observa una disminución de luminosidad, además de un cambio en el tono ya que cambia de un amarillo-blanco cremoso a un amarillo con moteado naranja, adicional a eso se observa que hay una mayor diferenciación en los colores del mesocarpio y endocarpio.



**Figura 33.** Cambio de la placenta durante el índice de decaimiento.

También se puede observar que en la parte superior de las calabazas pasados los 15 días de almacenamiento hay una pérdida de firmeza bastante notoria al comparar la misma parte de la calabaza pero fresca, esto como ya se mencionó anteriormente es porque en dicha zona aumenta la relación superficie-volumen favoreciendo la pérdida de agua. En el caso de la parte inferior hay un crecimiento de semillas debido a que el fruto intenta continuar con su proceso de maduración, ya que se cosecha inmaduro, con esto intentó tener un ensanchamiento de esta parte y además el crecimiento de las semillas, aunque no es posible que el fruto concluya su proceso de maduración porque al estar separado de la planta sus reservas energéticas, así como de agua se ven limitadas, y una vez que se terminan dichas reservas el fruto comienza su proceso de senescencia.

### **3.4 Análisis comparativo entre lotes**

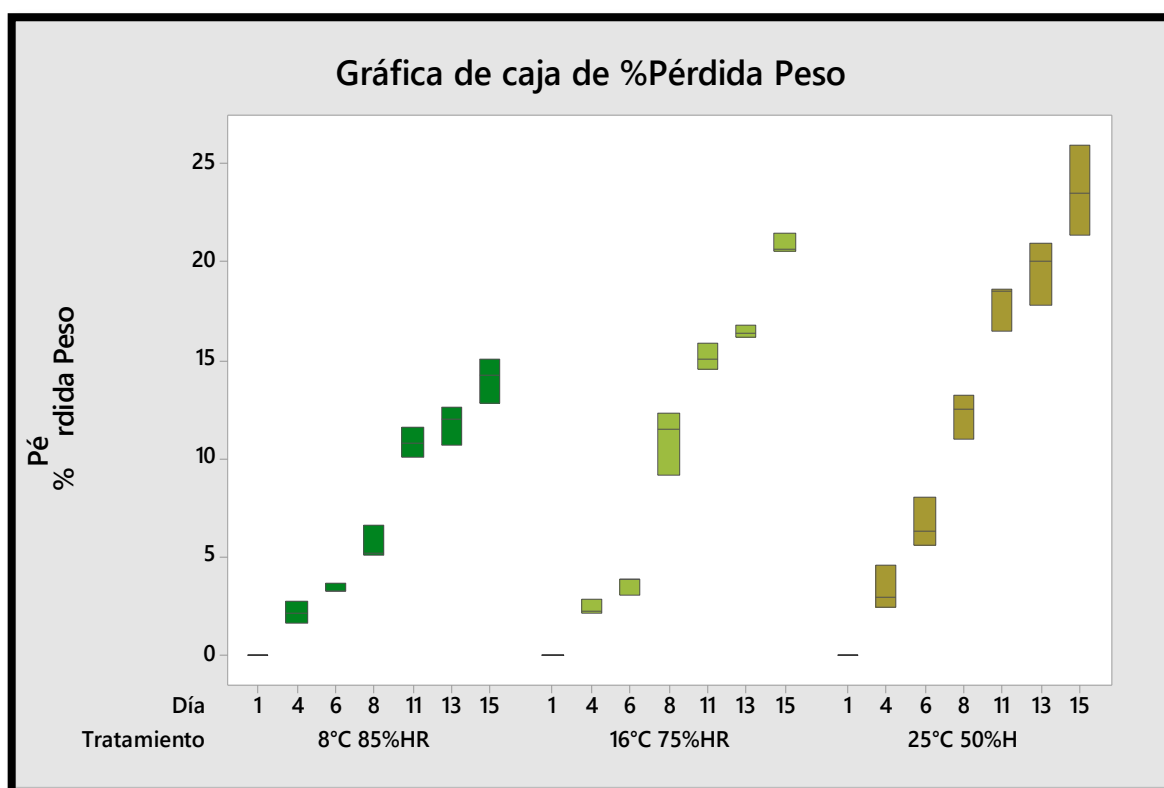
En el caso de los frutos no climatéricos como la calabacita el frío retrasa su deterioro, además de un correcto control de la humedad relativa, ya que se disminuye la pérdida de peso por transpiración, lo cual desencadena otros factores que disminuyen la vida útil de los productos, como son el marchitamiento, el cambio de color y la pérdida de firmeza. A continuación se hará un análisis del comportamiento de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones con la finalidad de evaluar el deterioro que sufren los frutos, para esto se realizaron las siguientes pruebas:

#### **3.4.1 Pérdida de peso**

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas (González *et al.*, 2009); como consecuencia, el producto sufre una serie de alteraciones fisiológicas que aceleran los procesos de senescencia, tales como las pérdidas cuantitativas directas (pérdida

de peso), los síntomas externos de marchitez y deshidratación y la pérdida de firmeza, que afecta su calidad comercial (García-Galiano, 2014).

La pérdida de peso es una consecuencia de la transpiración la cual se ve acelerada por el aumento de la temperatura ambiental y la disminución de la humedad relativa. También tienen influencia las características morfológicas así como las anatómicas, la relación superficie-volumen, heridas superficiales además del estado de madurez del fruto; en la Figura 34 se observa que el lote donde más se acentuó este factor fue el que se almacenó a 25 °C y a 50% de humedad relativa, éstas condiciones de almacenamiento son muy parecidas a las del índice de decaimiento.



**Figura 34.** Pérdida de peso de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

La pérdida de peso afecta a la firmeza del fruto asimismo acelera los procesos de senescencia; por esa razón lo más recomendable es tener un estricto control de las condiciones de almacenamiento para asegurar tener un producto de calidad por

más tiempo (Muy *et al.*, 2000 y Miguel, 2013), ya que el ritmo de deterioro del producto es 2 a 3 veces mayor por cada incremento de 10 °C por encima de la temperatura óptima de conservación de los productos (Pinargote & Gálvez, 2015).

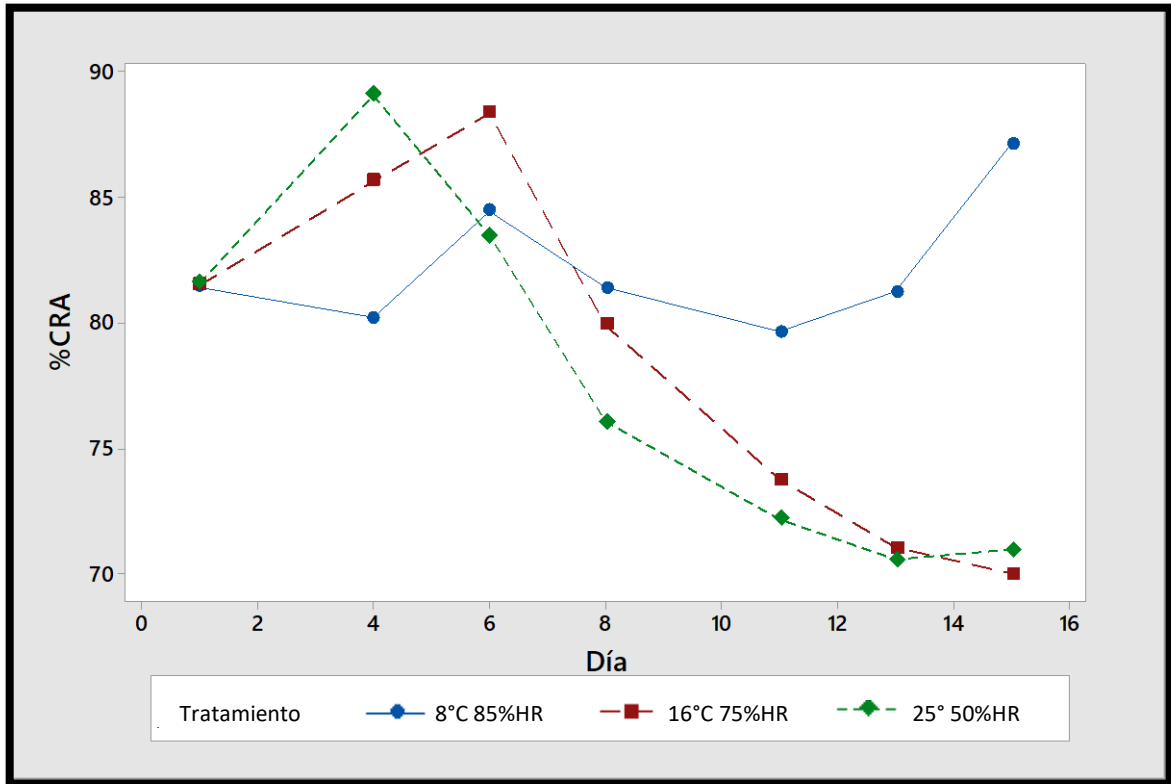
Siendo 8 °C y 85% HR las condiciones óptimas de almacenamiento de la calabaza Zucchini se observa que efectivamente es el lote que presenta menos pérdida de peso, manteniendo su calidad hasta los 8 días de almacenamiento, con una pérdida del 5%, en comparación con el lote de 16 °C y 75% HR con el 9% y el lote de 25 °C y 50% HR presentando un valor de 13% el límite de pérdida de humedad para que no se vea afectada la calidad de la calabaza es el 6% (Urías *et al.*, 2012).

#### **3.4.2 Contenido relativo de agua (CRA)**

El CRA es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido, por lo que está directamente relacionado con la pérdida de agua por transpiración. Es una medida del contenido de agua respecto al total de agua que éste puede almacenar, se expresa como porcentaje y permite conocer el estado hídrico de la planta. Está en función del volumen de agua del protoplasma (Argentel *et al.*, 2006) y es relativo a la turgencia o saturación total y se halla normalmente en hojas o discos foliares de área conocida (Pérez *et al.*, 2010).

En la Figura 35 se observa que los valores iniciales de contenido relativo de agua que presentaron las calabazas de los 3 lotes se encontraban en un rango del 80 al 82% y según lo que reporta Urías *et al.* (2012) cuando las calabacitas muestran síntomas de marchitez moderadamente severo (6% de pérdida de peso), éstas presentan 83% de CRA, valor que está por encima del obtenido, además menciona que con un CRA entre 81 y 82% existe una pérdida de peso acumulada superior a 10%; esto quiere decir que algunas calabazas llegan al mercado ambulante con una importante pérdida de peso. Sin embargo hay que tener en cuenta que el CRA puede tener variaciones en función del estado de madurez al corte y de las condiciones de manejo pre y poscosecha del fruto (Muy *et al.*, 2004); probablemente

por esto es que los valores de CRA en algunas mediciones aumentan repentinamente.



**Figura 35.** Contenido relativo de agua de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

Sin embargo, la tendencia dicta que entre mayor sea el tiempo así como alta la temperatura de almacenamiento y baja la humedad relativa, el CRA se verá disminuido; ya que se acelera la transpiración, lo que conlleva a que se vean alterados los tejidos de los frutos, específicamente la compartimentación celular, la pared de la matriz y permeabilidad de la membrana, principalmente porque en la etapa de poscosecha, las pectinas son degradadas; produciendo un debilitamiento en la estructura de las paredes celulares y en la unión celular. Todo lo anterior modifica la porosidad de los frutos, viéndose disminuida; con lo que la capacidad de retención o de transporte celular de fluidos en los tejidos se ve levemente dañado (Tapia, 2012).

En el caso de lote control (8 °C y 85%HR) el CRA se mantiene con valores superiores a 80%, a diferencia de los otros lotes donde se obtienen valores hasta del 75% lo cual indica una pérdida excesiva de agua, que finalmente acelera la senescencia de la calabaza Zucchini.

### 3.4.3 pH

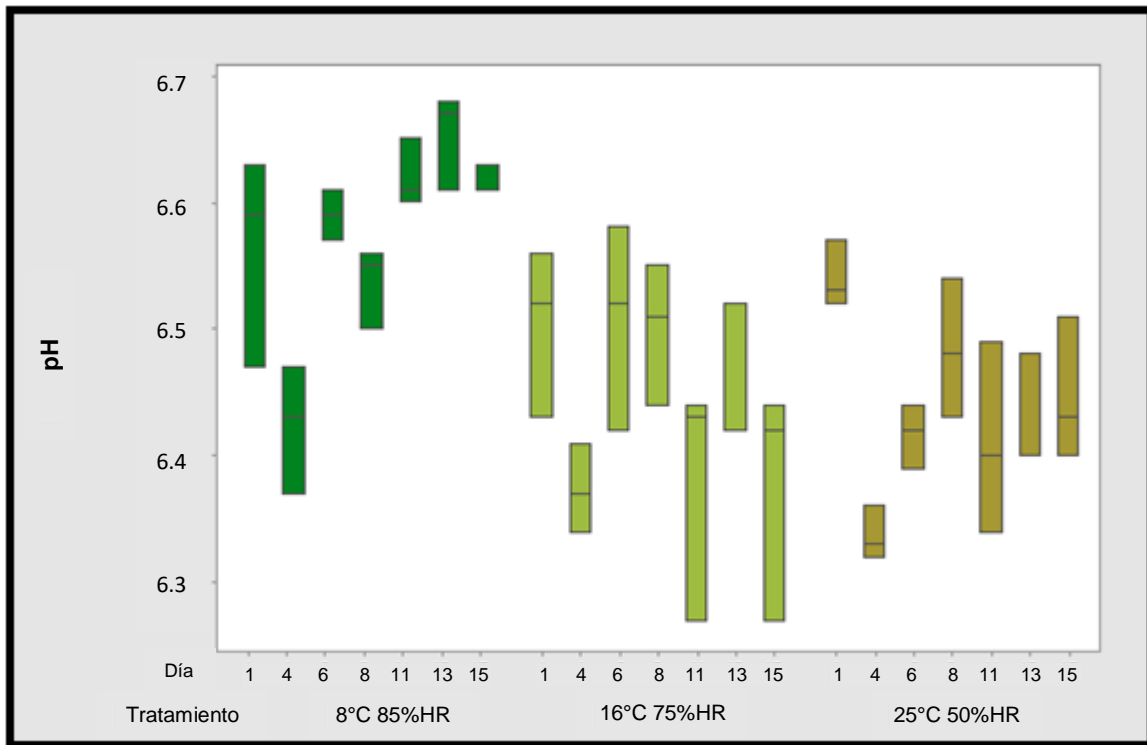
El pH depende de la concentración de hidrogeniones libres en cualquier disolución acuosa, por lo que valores bajos de pH, indican mayor concentración de iones H<sup>+</sup> y viceversa. Su presencia en las frutas y vegetales es una forma de expresar la acidez titulable, dicho valor representa la presencia de grupos ácidos, incluyendo ácidos orgánicos, fenoles y aminoácidos. Sin embargo, en las frutas normalmente se considera que los ácidos orgánicos proporcionan la mayor parte de los iones de hidrogeno (Miguel, 2013).

En los tres lotes el valor de pH partió de 6.5, no mostrándose diferencia estadísticamente significativa entre los días, teniendo una ligera disminución de pH como resultado de la acumulación de ácidos orgánicos que determinan el sabor final del fruto, y el aumento en la siguiente medición sugiere probablemente el alcance de la maduración; Moreno *et al.* (2013) obtuvo un comportamiento similar para el caso del pepino.

Aunque el comportamiento de esta variable es similar, los valores son distintos entre los lotes, observándose en la Figura 36 que la calabaza control (8 °C y 85%HR) mantuvo un pH de entre 6.5 a 6.7, sin embargo, los otros lotes mostraron valores más bajos, atribuidos a la plasmólisis de las células, ya que cuando éstas pierden agua los ácidos orgánicos, así como los azúcares tienden a concentrarse (Miguel, 2013). Otro factor que contribuye a la variación de pH es debida a la acción de microorganismos, esto se correlaciona con los resultados del índice de decaimiento, donde 4 calabazas presentaron aparición de moho a los 12 días y cabe recalcar que



las condiciones de almacenamiento fueron muy parecidas a la de uno de los lotes (26 °C y 45%HR).



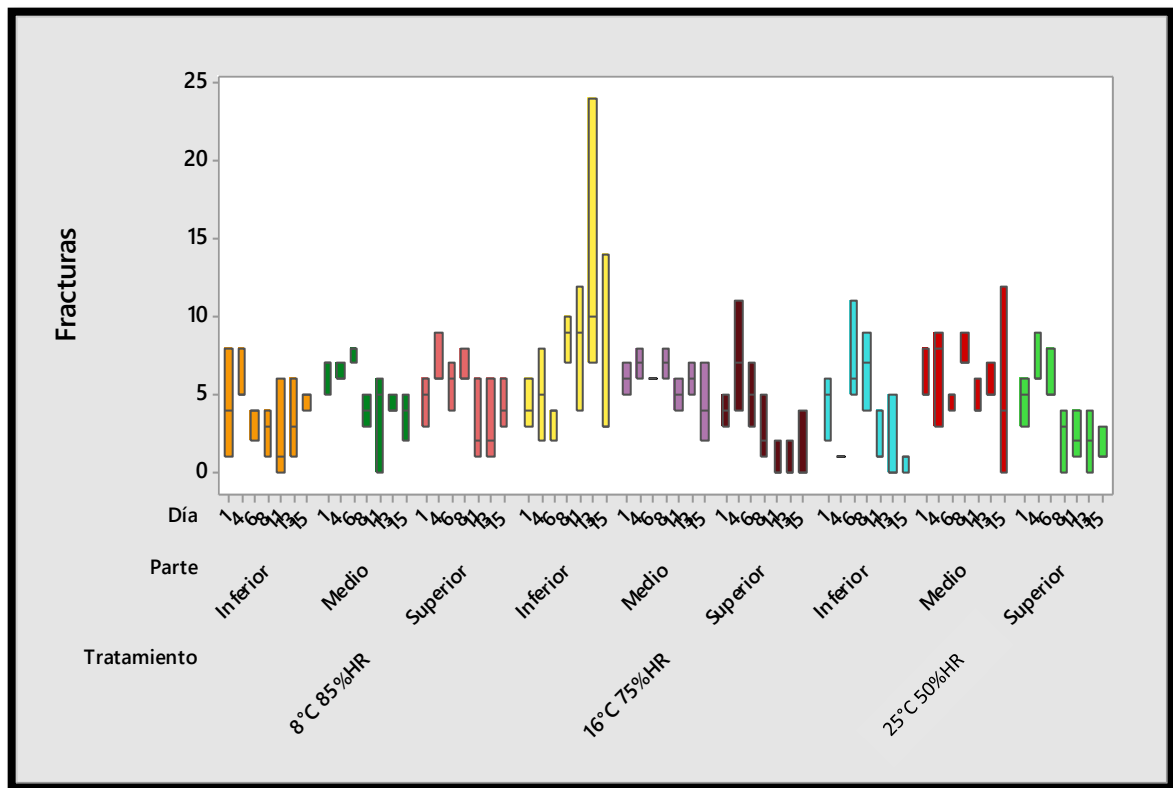
**Figura 36.** pH de las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

### 3.4.4 Textura

La resistencia o comportamiento mecánico de los frutos está definido básicamente por las siguientes características: físico-morfológicas, como volumen, forma y composición externa (exocarpio) e interna (mesocarpio, endocarpio y embrión) de los frutos, debido a que estos componentes actúan de diferentes formas ante las mismas condiciones; bioquímico-fisiológicas, como el grado de madurez que tiene estrecha relación con diversos cambios hormonales y enzimáticos que propician el ablandamiento del fruto y anatómico-histológicas como tipo de célula, forma, tamaño y dureza, así como el volumen del espacio intercelular y la orientación del crecimiento celular (Villaseñor, 2006).

### a) Fracturas

En la Figura 37 se observa que la cantidad de fracturas fueron disminuyendo conforme pasaban los días, esto se debe a que, como ya se mencionó con anterioridad, las fracturas (*crunchiness*) son un indicador de frescura en el caso de frutos y vegetales. También se muestra que la parte que menos fracturas presentó al finalizar el tiempo de monitoreo fue la parte superior, principalmente porque en esta parte es donde se hace más evidente la pérdida de agua lo que produce la pérdida de turgencia. García-Méndez (2010), menciona que al tener una alta humedad relativa se mantiene un microclima alrededor del fruto que evita los déficit de presión de vapor, con lo que se reduce la merma de peso y los cambios en la superficie textural de los frutos, y al no existir incrementa el curso normal de los eventos de la respiración y transpiración en estos tejidos vivos; siendo esto último lo que sucede con los lotes de 16 °C y 75%HR y el de 25 °C y 50%HR.



**Figura 37.** Fractura en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

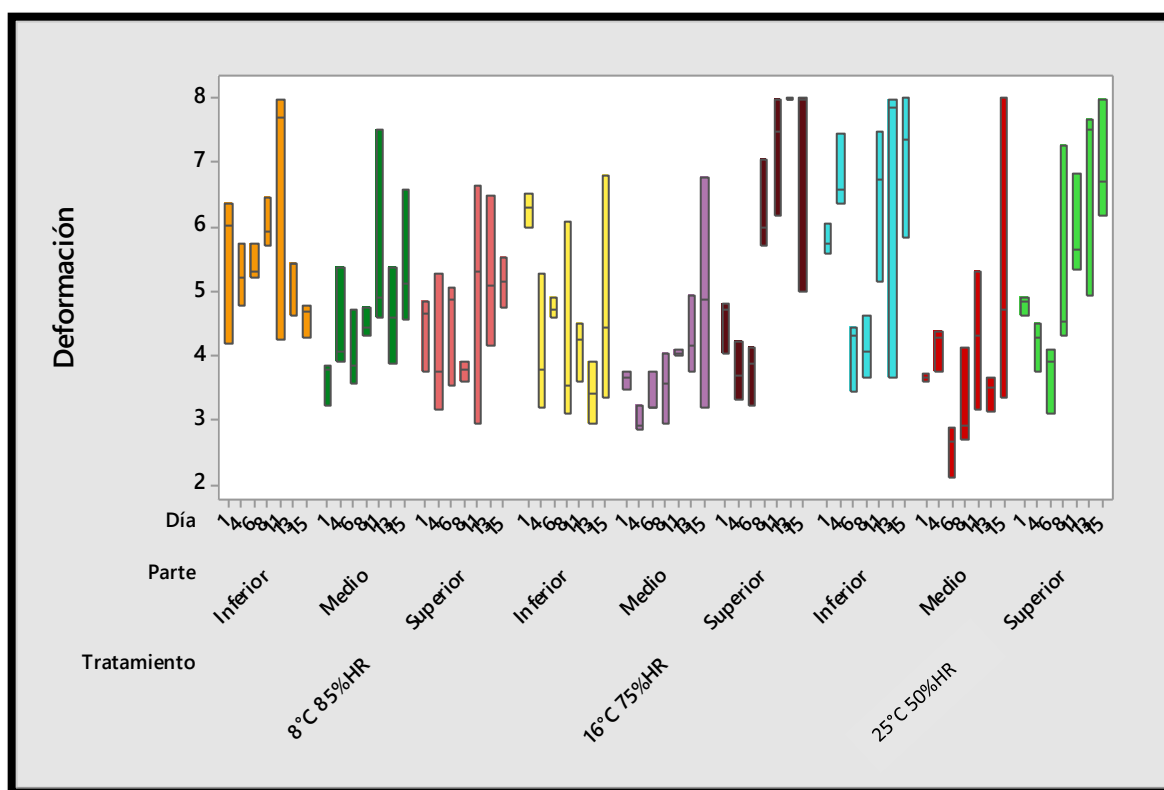
Además el lote que mejor se conservó, es decir, el que más fracturas presentó, fue el lote control (8 °C y 85%HR), esto es porque la baja temperatura puede disminuir sustancialmente la velocidad de muchos procesos metabólicos, como la respiración, producción de etileno, transpiración, maduración y senescencia, además de proteger al fruto del ataque de patógenos que conducen al deterioro y a la pérdida de la calidad (García-Galiano, 2014 y Casierra-Posada & Aguilar-Avenidaño, 2008).

La pared celular es una estructura altamente organizada, formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, además de pequeñas cantidades de pectina, ceniza y proteínas. La estructura de la pared celular está formada de manera que pueda desarrollar gran cantidad de funciones opuestas. Es responsable de la resistencia a la tensión, así como de dar forma a la célula y conferirle resistencia contra agentes patógenos; al tiempo que debe mantener una flexibilidad razonable contra las fuerzas de rompimiento y un grado mínimo de permeabilidad para que las moléculas señalizantes puedan entrar a la célula (Quiroz-Castañeda & Folch-Mallo, 2011). Debido a las altas temperaturas de almacenamiento (lote de 25 °C y 50%HR) se acelera la acción de las enzimas que degradan la pared celular, con lo cual se pierden las funciones anteriormente mencionadas y esto se ve reflejado con ablandamiento en el fruto, dando como resultado menos fracturas y con ello la pérdida de calidad de la calabaza.

#### *b) Deformación*

La deformación es la respuesta al estrés al que está sometido un fruto, el cual tendrá repercusiones a escala funcional en el organismo; si la tensión o estrés es muy acentuado se llegará a producir una deformación muy severa y una vez pasado el límite de resistencia el daño es irreversible, es decir que hay una deformación plástica (Valladares *et al.*, 2004). El módulo de plasticidad permite conocer la carga máxima que el fruto puede soportar durante el almacenamiento bajo la acción de cargas estáticas (Villaseñor *et al.*, 2006).

Por lo que se muestra en la Figura 38 la deformación fue incrementando con el paso de los días, además el lote que mayor deformación presentó fue el de las condiciones de almacenamiento más extremas (25 °C y 50%HR), siendo la parte superior e inferior las que presentaron más daño; en dichas zonas no fue posible la penetración de la sonda del texturómetro debido a la flacidez del tejido que se atribuye a la pérdida de agua por transpiración, ya que la pérdida de peso es linealmente proporcional tanto al tiempo como a la temperatura de almacenamiento.



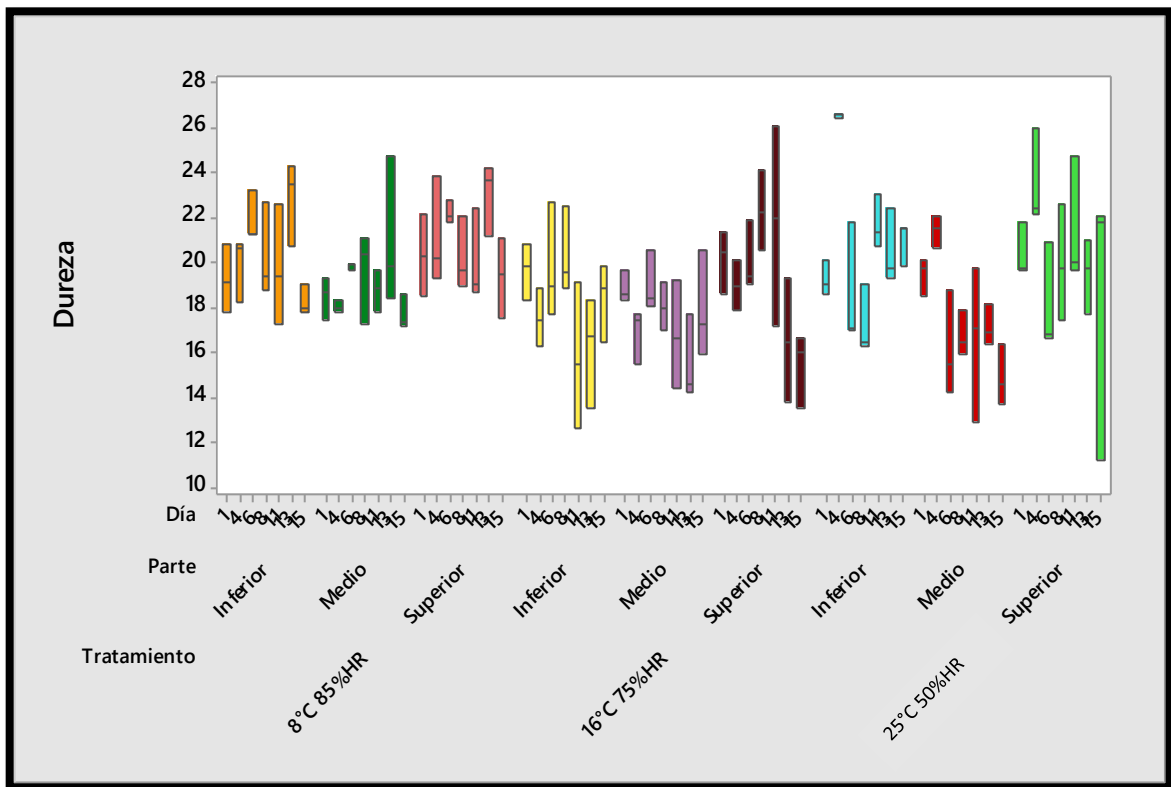
**Figura 38.** Deformación en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

Además es importante el déficit de presión de vapor, el cual de acuerdo con principios de psicrometría, bajo las mismas condiciones de humedad relativa, a menor temperatura existe un menor déficit de presión de vapor, entre la presión de vapor del aire de los espacios intercelulares del fruto y la del aire del entorno, produciendo un nivel más bajo de transpiración, sin embargo en este caso al tener alta temperatura de almacenamiento el déficit de presión de vapor adquiere valores más elevados favoreciendo la transpiración (Navarro-López *et al.*, 2012). Es

importante agregar que la deformación es afectada también por la acción enzimática en la pared celular.

c) *Dureza*

En la Figura 39 se observa que el lote control presentó los valores más altos de dureza, siendo que ésta es la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar o la resistencia a la penetración/deformación (Zúñiga *et al.*, 2007), significa que dicho lote es el que presenta mayor resistencia a la deformación, ya que con el almacenamiento de las calabazas a las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa los procesos de senescencia del fruto se vieron retrasados.



**Figura 39.** Dureza en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

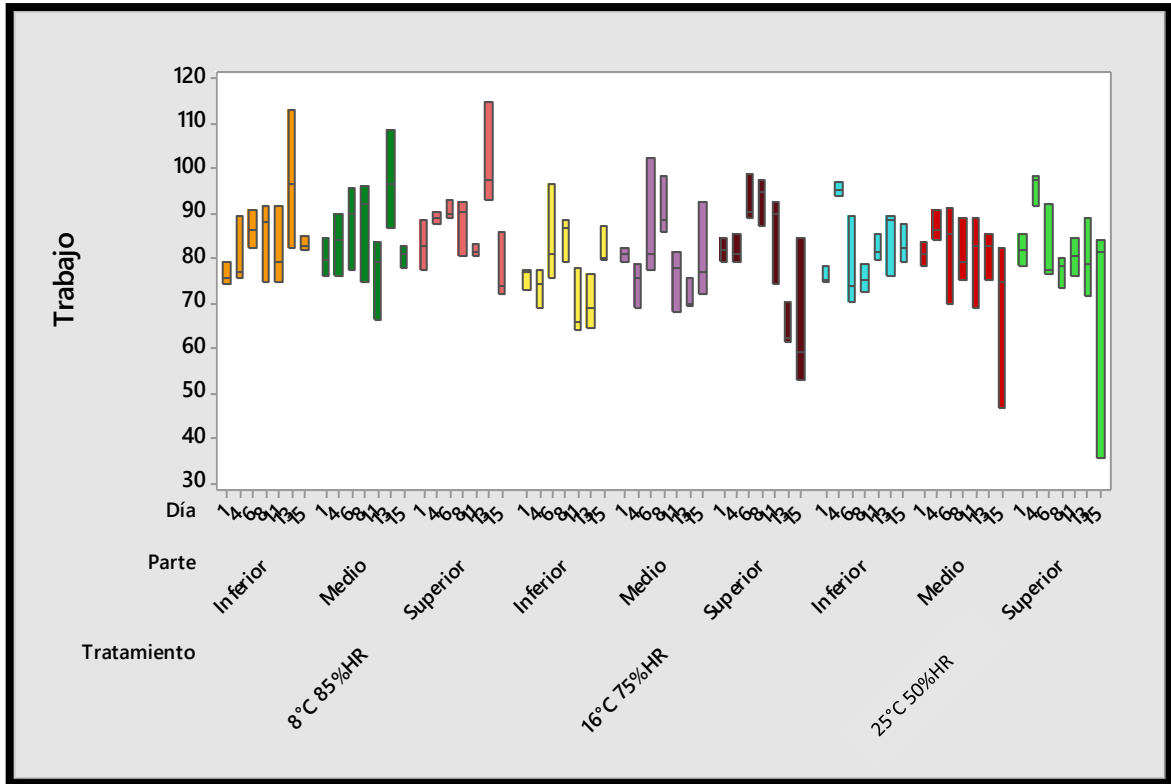
La baja temperatura puede disminuir sustancialmente la velocidad de muchos procesos metabólicos, pero es estrictamente necesario que exista la cadena de frío

para que el producto se mantenga a la temperatura establecida desde que es obtenido hasta el momento anterior al consumo (García-Galiano, 2014).

Así mismo se observa que los lotes de 16 °C y 75%HR y el de 25 °C y 50% HR presentaron los valores más bajos de dureza, esto se debe a las altas temperaturas de almacenamiento que favorecen el incremento de la transpiración, además de que se acelera la degradación de algunos de los polímeros que constituyen la base estructural de las paredes celulares tales como: celulosa, pectinas y hemicelulosa (Miguel, 2013).

#### d) Trabajo

El trabajo es la energía necesaria para deformar un cuerpo; por lo que este parámetro es un indicativo de que tan propenso es el fruto a sufrir daños mecánicos y depende de factores tales como la presión de turgencia, rigidez de la pared celular, contenido de fibra y agua, tiempo, temperatura, dimensiones geométricas del producto, variedad de cultivo e historial de manejo a nivel de cosecha y poscosecha del producto (Ciro *et al.*, 2007). Uno de los factores que tiene mayor importancia es la temperatura, esto se observa en la Figura 40, donde el lote control (8 °C y 85%HR) muestra que se necesitó más trabajo para penetrar los frutos ya que hubo una menor pérdida de firmeza por una menor pérdida de agua, es decir que se tuvo correcto control del déficit de presión de vapor (Muy *et al.*, 2004); seguido de éste el lote que necesito más trabajo para penetrar fue el de 25 °C y 50%HR (a excepción de los errores experimentales) debido a que como se mencionó en el índice de decaimiento la calabaza en la parte inferior tiende a ponerse más dura por el crecimiento de semillas ya que se encuentran en la fase de imbibición (Flores-Escobar *et al.*, 2008); cosa que no sucedió con el lote de 16 °C y 75%HR, ya que sí sufrió más pérdida de humedad que el control, pero no tuvo la dureza en la parte inferior que las del lote de las condiciones más extremas.



**Figura 40.** Trabajo necesario para la penetración en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

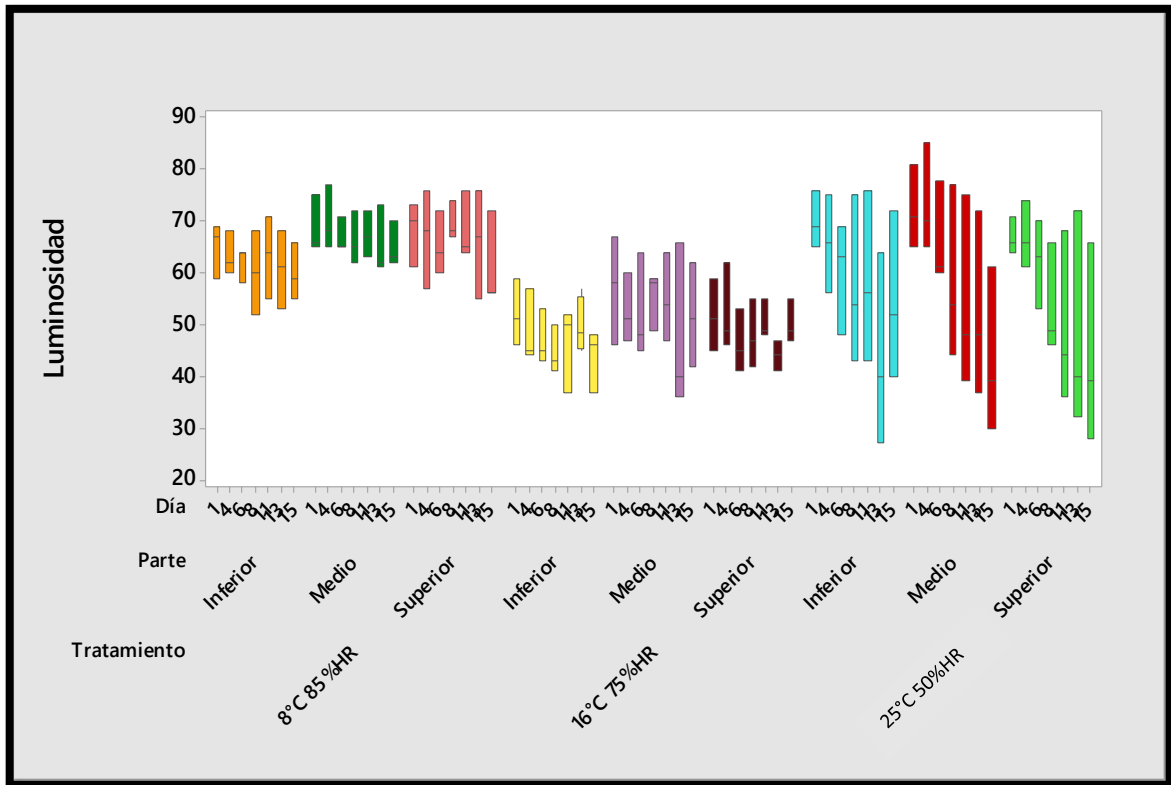
### 3.4.5 Color

En frutos y vegetales, el cambio de color se vincula con la evolución de la textura, aroma y sabor que esperan los consumidores de estos productos en el momento de consumo y se relaciona fuertemente con la resistencia a la penetración, atributo de calidad que denota frescura del producto, por lo que es utilizado como un indicador de madurez de los frutos (Benito-Bautista *et al.*, 2016).

#### a) Luminosidad

En la Figura 41 se observa que la luminosidad tendió a disminuir con el paso de los días en los 3 lotes; Ramos-Ramírez *et al.* (2009) reporta que encontró correlación

positiva entre los valores de  $L^*$  y pérdida de peso lo que sugiere que la condición hídrica influye en la luminosidad.



**Figura 41.** Luminosidad en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

Aunque la tendencia fue similar en todos los lotes cabe destacar que el lote control, es decir el de 8 °C y 85% HR fue el que presentó el mejor comportamiento en cuanto a este parámetro, ya que perdió menos luminosidad, esto es debido principalmente a que la cera que recubre al fruto no presentó daños severos. La función esencial de limitar la pérdida de agua por la cutícula puede deberse a que es un complejo poliéster con ceras asociadas de naturaleza hidrofóbica, sin embargo esta función se ve afectada por producción de etileno y degradación de la pared celular (Tafolla-Arellano, 2013); dichos factores son acelerados por la alta temperatura de almacenamiento; sin embargo en el caso del lote control disminuyeron las reacciones enzimáticas responsables del daño a la pared celular, por lo cual se vio frenada la oxidación de la cera que recubre al fruto.

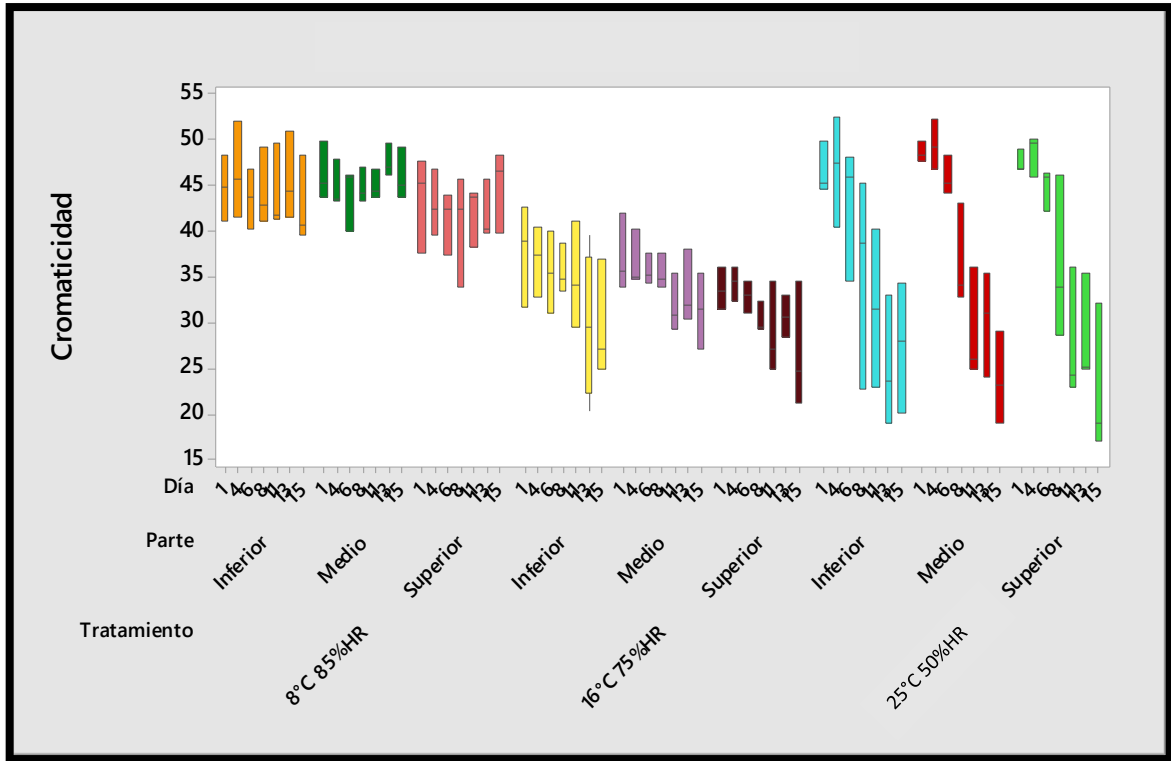


También se muestra que la parte de la calabaza que presentó los valores más bajos de luminosidad fue la inferior, seguida de la parte superior y finalmente la parte media. Por otro lado en la Figura 45 se observa que las calabazas almacenadas a 25 °C y 50% HR presentaron una pérdida de luminosidad importante, lo que hizo que pasaran de un verde brillante a un verde oscuro casi en la totalidad del fruto, más específicamente pasaron de tener una luminosidad de 70 a una de 30, y ese color es muy parecido al que se obtuvo en la parte inferior de las calabazas en el índice de decaimiento (Figura 32), lo que se le atribuyó a la pérdida de nutrientes por el crecimiento de semillas.

Además en dicho lote no se tienen señales de degradación de clorofila o de pardeamiento, ni de ataque microbiano; con esto se concluye que 1 °C y 5% HR que hay de diferencia entre las condiciones del índice de decaimiento (26 °C y 45% HR) y las del lote más extremo (25 °C y 50% HR) tienen gran influencia en el deterioro de las calabazas.

#### *b) Cromaticidad*

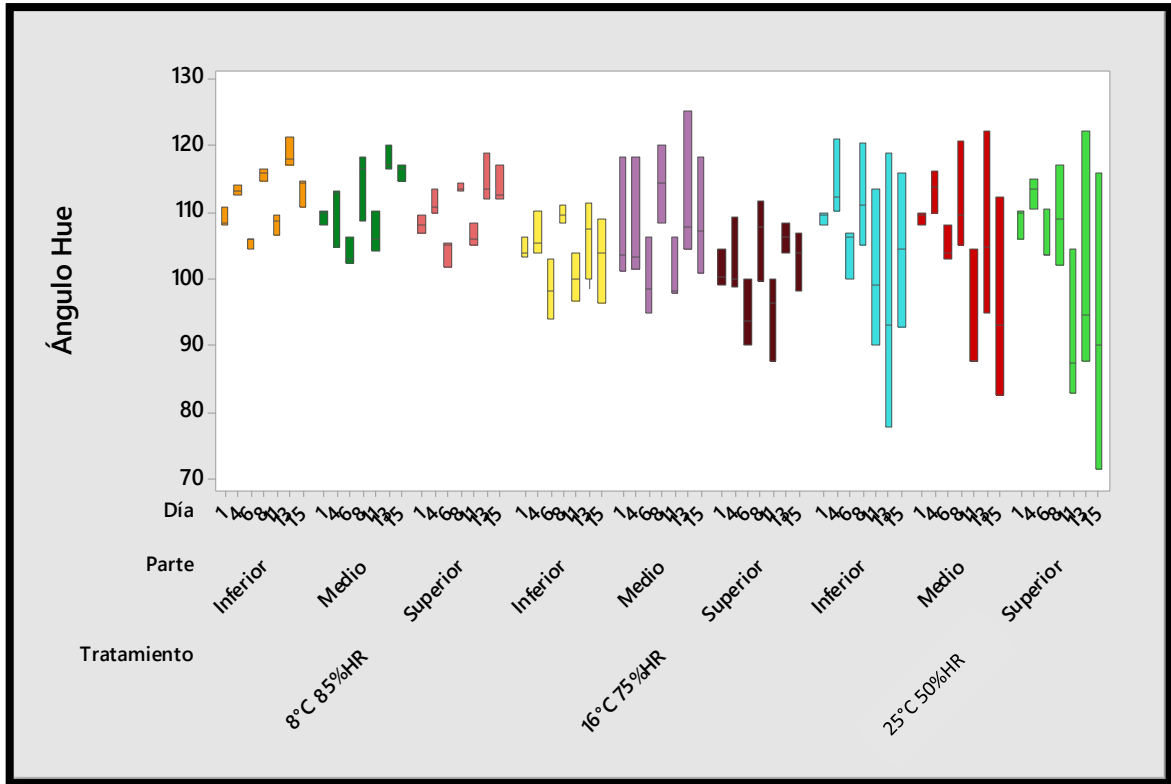
En la Figura 42, muestra que la cromaticidad fue decreciendo con el paso de los días, es decir que perdió saturación. Aunque el lote de 25 °C y 50% HR tuvo los valores iniciales más altos de cromaticidad (49.98), también se observa que fue el que presentó mayor pérdida al finalizar los días de almacenamiento (17). Los valores finales del lote de 16 °C y 75% HR fueron similares a los del lote de 25 °C y 50% HR, pero la cromaticidad al inicio del monitoreo también fue baja, presentando un valor de 42.72, por lo que no tuvieron una disminución tan drástica como en el otro lote donde el valor es de 21.21. Además cabe mencionar que el lote control fue el que tuvo el mejor comportamiento en cuanto a este parámetro, lo que implica que las condiciones de almacenamiento tienen un fuerte impacto en la cromaticidad de las calabazas.



**Figura 42.** Cromaticidad en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

### c) Ángulo de Tonalidad

En la Figura 43 se muestra que el lote que menos cambios de tono tuvo fue el control (8 °C y 85% HR), además de que presentaron menor variación entre las réplicas; seguido del lote de 16 °C y 75% HR donde se presentaron mayores cambios, lo cual se comprueba con la Figura 45, estos tuvieron una mayor disminución de sus valores, lo que indica que se fueron teniendo reacciones de oxidación que provocan el pardeamiento en algunas zonas. Las reacciones de oxidación como la degradación del ácido ascórbico, la clorofila, que ocasiona el cambio de colores verdes a amarillos, afectan el color durante la deshidratación (Ceballos & Jiménez, 2012), la deshidratación se ve acelerada con el daño mecánico que sufrieron las calabazas y el aumento de la temperatura de almacenamiento, ya que se tienen repercusiones en la estructura celular y como consecuencia hace que se junten las enzimas con sus sustratos, por ejemplo los fenoles con la enzima polifenoloxidasas.



**Figura 43.** Ángulo Hue en las calabazas almacenadas a diferentes condiciones.

En cuanto al lote de 25 °C y 50% HR se tuvieron valores más bajos del ángulo de tonalidad, esto es debido a que en algunas zonas se tenía un pardeamiento más pronunciado que el lote de 16 °C y 75% HR.

### 3.4.6 Marchitamiento

El marchitamiento baja la calidad de los productos agrícolas como frutas y hortalizas debido a que son organismos vivos que una vez cosechados siguen eliminando agua no recuperable debido a su separación de la planta madre.

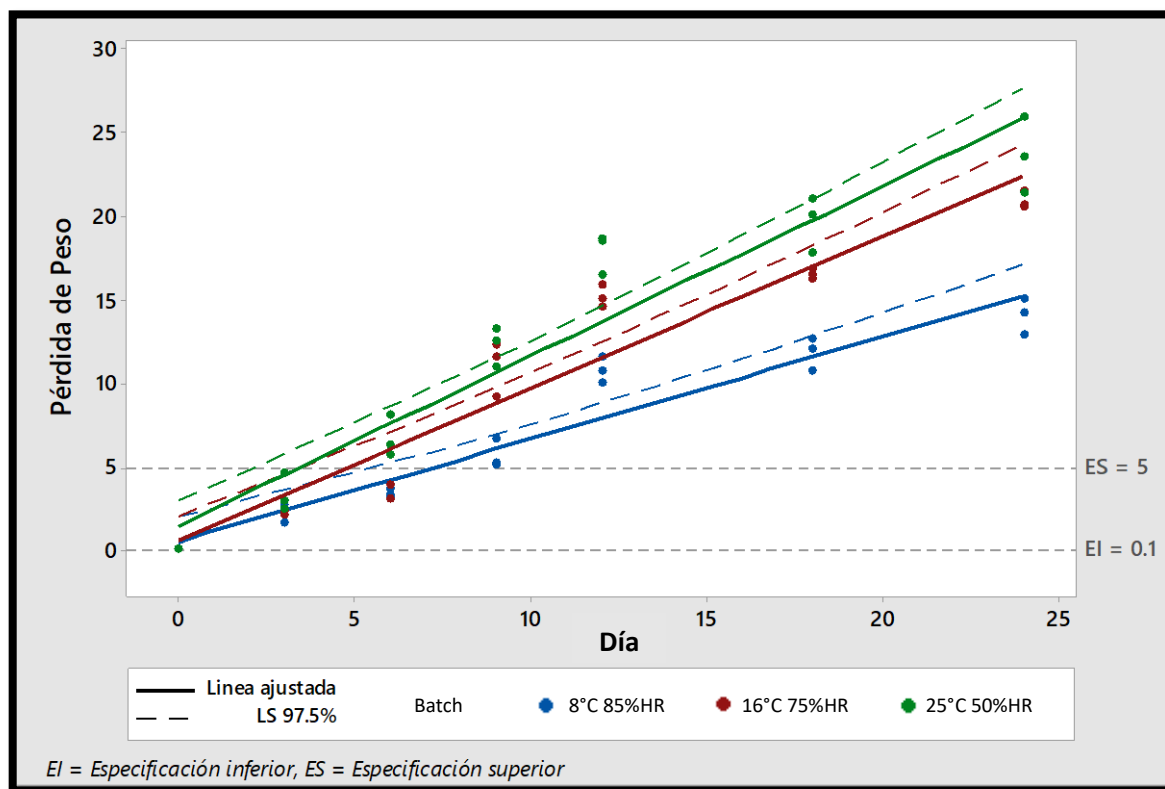
Se da el nombre de marchitamiento al secamiento y arrugamiento de los frutos. Los frutos se tornan amarillos y luego negros. Posteriormente se infestan con hongos (Miguel, 2013).

La cinética de reacción del marchitamiento es de orden 1, con las ecuaciones con signo (+), esto se debe a que el marchitamiento es un parámetro que va aumentando con el tiempo (Piagentini *et al.*, 2004).

$$\ln Q = \ln Q_0 + k_q * t$$

La constante de velocidad para cada atributo  $k_q$  (pendiente) y el  $\ln Q_0$  (ordenada al origen) se estiman por regresión lineal.

Se observa en la Figura 44 que debido a que el marchitamiento depende por completo de la pérdida de peso y que la mayor pérdida de peso se tuvo con el lote de 25 °C y 50% HR por ende así sucede con el marchitamiento y por ello tenemos los valores más altos de la pendiente y la ordenada al origen en la ecuación de regresión lineal.



**Figura 44.** Cinética de deterioro por marchitamiento en todos los lotes.

### Ecuación de regresión

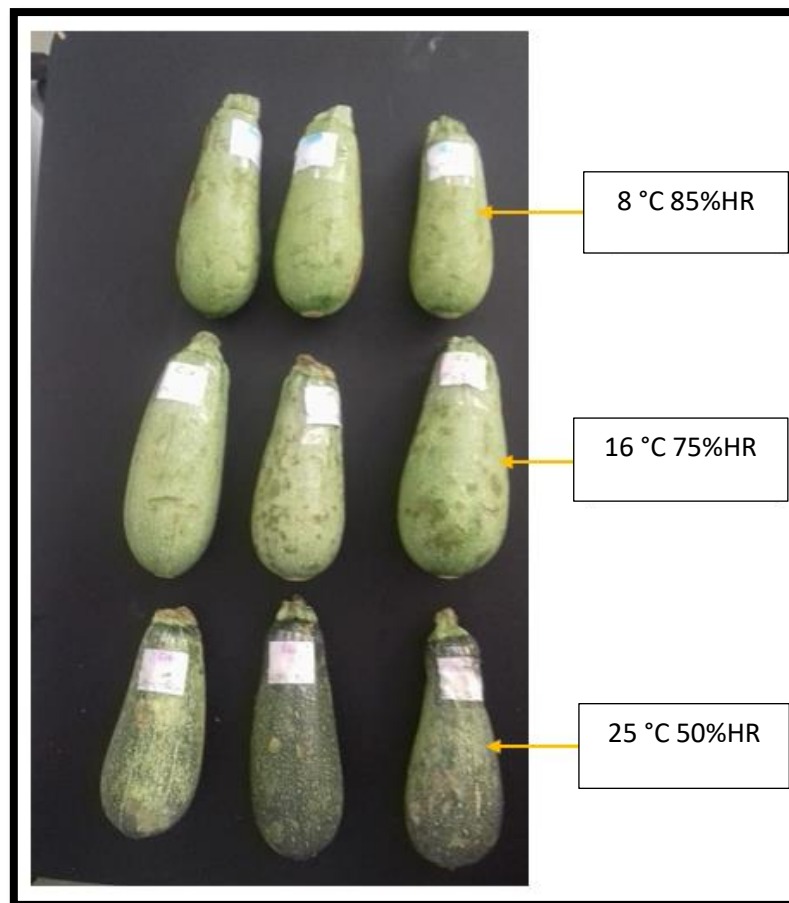
Batch

8 °C y 85%HR Pérdida de Peso =  $0.544 + 0.6129 \text{ día}$

16 °C y 75%HR Pérdida de Peso =  $0.590 + 0.9103 \text{ día}$

25 °C y 50%HR Pérdida de Peso =  $1.471 + 1.0160 \text{ día}$

En la Figura 45 se muestra que las calabazas que tuvieron menos cambios fueron las del lote control, sin embargo fueron afectadas por el daño mecánico, el cual como ya se mencionó promueve la incidencia de enfermedades, aumento en las velocidades de respiración y producción de etileno y en consecuencia, menor calidad y vida poscosecha (Villaseñor *et al.*, 2006).



**Figura 45.** Comparación de las calabazas en el último día de experimentación.

En el caso del lote de 16 °C y 75% HR se tuvieron más cambios en cuanto a la pérdida de peso lo cual provoca pérdida de firmeza, además de que se empieza a llevar a cabo procesos de pardeamiento enzimático en donde habían magulladuras, lo que implica que si las calabazas son almacenadas a estas condiciones el tiempo que dura su calidad son 3 días, ya que al cuarto día de almacenamiento sobrepasa el límite de pérdida de humedad de 6% con lo que se ve comprometida la calidad (Urías *et al.*, 2012).

En el caso del lote de 16 °C y 75% HR se tuvieron más cambios en cuanto a la pérdida de peso lo cual provoca pérdida de firmeza, además de que se empieza a llevar a cabo procesos de pardeamiento enzimático en donde habían magulladuras, lo que implica que si las calabazas son almacenadas a estas condiciones el tiempo que dura su calidad son 3 días, ya que al cuarto día de almacenamiento sobrepasa el límite de pérdida de humedad de 6% con lo que se ve comprometida la calidad (Urías *et al.*, 2012).

Por otro lado se muestra que el lote que más daños tuvo en todos los parámetros evaluados fue el que se sometió a las condiciones de 25 °C y 50% HR, ya que en estas condiciones se ven acelerados los procesos de senescencia, así como los de germinación de semillas que ocurren en ciertas partes del fruto y ambos son indeseables para el consumidor, por ende es preferible evitarlos. Los frutos que son almacenados a estas condiciones solo mantienen su calidad por 2 días.

En la Tabla 18 se muestran que los valores más altos en la escala del índice de decaimiento pertenecen al lote de 25 °C y 50% HR, además de que los parámetros más deteriorados son la deshidratación, la firmeza y el color, lo cual corresponde con la información obtenida de las pruebas objetivas reportadas anteriormente y se corrobora con la Figura 45, donde se muestran claramente los cambios aquí reportados.

**Tabla 18.** Comparación de los valores del índice de decaimiento para cada lote.

<b>Parámetro</b>	<b>8 °C 85% HR</b>	<b>16 °C 75% HR</b>	<b>25 °C 50% HR</b>
Deshidratación	2	3	4
Daño mecánico	2	3	2
Firmeza	2	3	4
Color	2	3	5
Picadura	1	2	2
Puntos negros	1	2	3

## CONCLUSIONES

Las condiciones de almacenamiento de la calabaza en el laboratorio se establecieron gracias al estudio detallado del manejo de dicho producto en el mercado ambulante, donde se observó que los aspectos con mayor repercusión son la temperatura, humedad relativa, además del daño mecánico ocasionado por embalaje improvisado y el incorrecto manejo por parte de los empleados.

Además se observó que la magnitud del deterioro físico y fisicoquímico de la calabaza aumenta drásticamente con la temperatura de almacenamiento del producto, ya que cuando se realizó la comparación de las condiciones de almacenamiento similares a las del mercado ambulante contra las óptimas, la calabacita Zucchini manifestó daños importantes y se vieron acelerados los procesos de senescencia, reduciendo la vida útil del producto, de 10 días (condiciones óptimas) a 2 días.

Finalmente, como ya se mencionó la temperatura de almacenamiento tiene importantes repercusiones en la vida útil del producto por lo que se infiere que el no hacer uso de la cadena de frío se ve reflejado en pérdidas económicas a lo largo de la cadena de suministro.

Sobra decir que el implementar algunas recomendaciones como comprar el producto de acuerdo a la demanda del mismo, instruir a los comerciantes acerca de la importancia que tiene el etileno en la maduración y senescencia de los frutos, así como del manejo adecuado del mismo para evitar el daño mecánico y finalmente realizar cinéticas de deterioro con respecto a la pérdida de agua para diferentes temperaturas de almacenamiento con el fin de determinar el tiempo de vida útil; repercutiría favorablemente a todos los involucrados en la cadena de suministro.



## BIBLIOGRAFÍA

Agro comercial Rancho las Ánimas. (2013). Calabaza italiana. Mayo 27, 2017, de Hecho en México B2B. Sitio web: <http://hechoenmexicob2b.com/product.php?prod=prod&id=7843>

Agroplanet consultores. (2013). Poscosecha del calabacín o calabacita. Febrero 12, 2018, de Agroplanet consultores Sitio web: <https://agroplanetconsultores.wordpress.com/2013/06/04/poscosecha-del-calabacin-o-calabacita/>

Aguilar G. G. & Robles R. (2013). Índice de desperdicio de alimentos en México. Marzo 6, 2017, de Grupo técnico pérdidas y mermas de alimentos de la cruzada nacional contra el hambre. Sitio web: [sinhambre.gob.mx/wp-content/uploads/2014/03/Indice-de-Desperdicio-de-Alimentos-en-México.doc](http://sinhambre.gob.mx/wp-content/uploads/2014/03/Indice-de-Desperdicio-de-Alimentos-en-México.doc)

Aloe Eco Park. (2016). Buenas prácticas agrícolas de manejo pre cosecha y post cosecha en calabacita Zucchini. Marzo 6, 2017, de Aloe Eco Park. Sitio web: <http://aloeecopark.com/buenas-practicas-agricolas-de-manejo-pre-cosecha-y-post-cosecha-en-calabacita-zucchini>

Aponte L. & Guadarrama A. (2003). Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 29, 145-160.

- Araya H. (1997). Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Diciembre 3, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s04.htm>
- Argentel L., González L. M., Ávila C. & Aguilera R. (2006). Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosintéticos de variedades de trigo cultivadas en condiciones de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 27, 49-53.
- Asenjo J., Ríos L., Sainz R. y Tapia L. (2008). Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. Marzo 14, 2017, de Universidad Complutense de Madrid Sitio web: [http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion\\_frutos.pdf](http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf)
- Balandrán-Quintana R, Mendoza-Wilson M., Gardea-Béjar A., Vargas-Arispuro I., Martínez-Télez M. (2003) Irreversibility of chilling injury in Zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 307:553-557.
- Barrera U. (2016). Manipulación de pollo en un centro de distribución y los efectos sobre sus propiedades físicas y fisicoquímicas. Tesis de licenciatura de Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Barreiro J. & Sandoval A. (2006). Operaciones de conservación de alimentos a bajas temperaturas. Venezuela: Equinoccio.
- Benito-Bautista P., Arellanes-Juárez N. & Pérez-Flores M. E. (2016). Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*, 27, 115-130.

Bernal C. T. F. (2017). Efecto del tratamiento de luz ultravioleta y líquido de cobertura con naocápsulas antioxidantes sobre la conservación de mango Ataulfo cortado.refrigerado. Tesis de licenciatura de Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Biodiversidad Mexicana. (2012). Calabazas, tamalayotas, pipianas, chilacayotes. Abril 23, 2017, de CONABIO. Sitio web: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/calabaza.html>

Boscarol M. (2007). El espacio de color L\*C\*h. Marzo 9, 2018, de Imagen Digital Sitio web: [http://www.gusgsm.com/espacio\\_color\\_lch](http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch)

Brew B S, A D Berry, S A Sargent, N I Shaw, D J Cantliffe (2006). Determination of optimum storage conditions for 'baby' summer squash fruit (*Cucurbita pepo*). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society for. Soc.* 119:343-346.

Brezmes J. (2007). Diseño de una nariz electrónica para monitorizar el grado de maduración de la fruta. Mayo 27, 2017, de UPC. Sitio web: [www.tdx.cat/bitstream/10803/6877/9/TESI\\_TEXT\\_COMPLET.pdf](http://www.tdx.cat/bitstream/10803/6877/9/TESI_TEXT_COMPLET.pdf)

Calvo B. P. (2005) Sistemas poscosecha: Generalidades. En: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Sistemas poscosecha en frutas de mango, melón y sandía: conceptos y aplicaciones, Costa Rica.

Calvo M., Robinson D & Sevillano E. (1991). Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. España: Acribia.

Cárdenas-Coronel W. G., Vélez-de la Rocha R., Siller- Cepeda J. H., Osuna-Enciso T., Muy-Rangel M. D. & Sañudo-Barajas J. A. (2012). Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosas durante la maduración de

mango (*Mangifera indica* cv. Kent). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 18, 27-32.

Carvajal F., Martínez C., Jamilena M. & Garrido D. (2011). Differential response of zucchini varieties to low storage temperature. *Scientia Horticulturae*, 130, 90-96.

Casaca A. (2005). El Cultivo de la Calabacita. Mayo 26, 2017, de PROMOSTA. Sitio web: <https://gamis.zamorano.edu/gamis/es/Docs/hortalizas/calabacita.pdf>

Casierra-Posada F. & Aguilar-Avenidaño O. E. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26, 300-307.

Castro M. E. & Hombre M. R. (2007). Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Abril 23, 2018, de Universidad de Chile Sitio web: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121381/ParamMecTexAlim07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ceballos E. & Jiménez M. (2012). Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1, 98-110.

Centre for Microcomputer Applications. (2015). Sensor De Humedad Relativa 025I. Mayo 1, 2017, de Centre for microcomputer applications. Sitio web: [http://cmascience.nl/resources/dealers/es/manuals/bt\\_sensors/025i\\_es.pdf](http://cmascience.nl/resources/dealers/es/manuals/bt_sensors/025i_es.pdf)

Ciro V. H. J., Vahos M. D. y Márquez C. C. (2005). Estudio experimental de la fuerza de fractura en frutas tropicales: el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt). *Dyna*, 146, 55-64.

- Ciro V. H. J., Buitrago G. O.H. & Pérez A. S.A. (2007). Estudio preliminar de la resistencia mecánica de la resistencia mecánica de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60, 3785-3796.
- Chiesa A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 68, 28-32.
- CONAFRUT - D.G.E.A. –DGN. (1981). Informe general del estudio para determinar los cuadros de especificaciones de 32 especies hortofrutícolas, México.
- Cue J. (2015). La importancia del transporte refrigerado en la cadena de frío. Octubre 12, 2017, de *Mundo Ejecutivo* Sitio web: <http://mundoejecutivo.com.mx/economia-negocios/2015/01/28/importancia-transporte-refrigerado-cadena-frio>
- Defilippi B. (2009). Poscosecha de frutas y hortalizas. Febrero 19, 2018, de Unidad de postcosecha de frutas y hortalizas. INIA Sitio web: <http://www2.inia.cl/medios/subsitios/nodohortofruticola/Tallerdepostocsechayentomologia/PostCosechaFrutasyHortalizas-BrunoDefilippi.pdf>
- Díaz N., Pérez C., Hernández L. & Ramírez G. (2010). Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de linaza y quitosano y su aplicación para extender la vida útil de fresas. Marzo 8, 2017, de XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Sitio web: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-09-2010/documentos/frutas.../FH134.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-09-2010/documentos/frutas.../FH134.pdf)
- Doria J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Abril 19, 2018, de *Cultivos Tropicales* Sitio web:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011)

FAO. (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Febrero 9, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contents>

FAO. (1993). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Noviembre 30, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S00.htm#Contents>

FAO. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas - del campo al mercado. Octubre 11, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s06.htm>

FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Septiembre 6, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>

FAO. (2015). Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos. Octubre 21, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-i4068s.pdf>

Firpo I. T., Ferratto J. A., Rotondo R., Calani P. & Grasso R. (2010). Incidencia del embalado a granel en los daños y pérdidas poscosecha de frutos de tomate con distinta madurez. *Ciencias Agronómicas*, 1, 35-38.

Flores-Escobar G., Legaria-Solano J. P., Gil-Vásquez I. & Colinas-León M. T. (2005). Propagación in vitro de *Oncidium stramineum* Lindl., una orquídea

amenazada y endémica de México. Abril 26, 2018, de *Revista Chapingo*.  
Serie *Horticultura* Sitio web:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2008000300017](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000300017)

Forney F. & Brandl D. (1992). Control of humidity in small controlled environment chambers using glycerol-water solutions. *Technology and Products Reports*, 2, 52-54.

García-Galiano J. M. (2014). Efecto de diferentes tratamientos sobre la calidad en la vida poscosecha de frutos de calabacín (*Cucurbita pepo ssp. pepo L.*). Tesis de licenciatura de Ingeniería Agrónoma. Universidad de Almería, España.

García M. A. D. & Praderas C. G. M. (2010). Influencia del cloruro de calcio y de un tipo de empaque sobre las propiedades fisicoquímicas y la textura de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) Durante el Almacenamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63, 5417-5427.

García T. Y., García P. A., Hernández G. A. & Pérez P. J. (2011). Estudio de la variación del Índice de color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20, 32-37.

Giménez M. M. A. (2013). Efectos del etileno y el 1-mcp sobre la calidad poscosecha de los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados en frío. Tesis de licenciatura Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Almería, España.

Gómez-Jaimes R., Nieto-Ángel D., Téliz-Ortíz D., Mora-Aguilera J. A., Nava-Díaz C., Martínez-Damián M. T. & Vargas-Hernández M. (2012). Manejo

postcosecha de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn) y su impacto en la calidad de la fruta. Mayo 7, 2018, de *Revista Chapingo*. Serie *horticultura* Sitio web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2012000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000200006)

González R. L., Vásquez C. J., López P. C., Ruiz P. R., Díaz S. E., Torres L. J. & Cardena P. G. (2009). Estudio y desarrollo de un prototipo para determinación del calor de respiración de *Myrciaria dubia* (Camu camu), y *Mauritia flexuosa* (Aguaje). Abril 29, 2018, de Universidad Nacional de la Amazonia Peruana Sitio web: [www.unapiquitos.edu.pe/.../2009/ARTICULO%20CIENTIFICO%20DR-LITTMAN.d](http://www.unapiquitos.edu.pe/.../2009/ARTICULO%20CIENTIFICO%20DR-LITTMAN.d)

Grupo Cooperativo Cajamar. (2014). Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria. Abril 11, 2018, de Cajamar Sitio web: <https://www.grupocooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/formacion/materiales-y-documentos/003-calidad-externa-1401191044.pdf>

Grupo pm. (2005). Manual Técnico de frutas y verduras. Febrero 16, 2018, de ABC de frutas y verduras Sitio web: <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>

Guiné P., Barroca M. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90, 58-63.



- Hidemi Izumi, Alley E. Watada, y Willard Douglas. (1996). Low O<sub>2</sub> atmospheres affect storage quality of Zucchini squash slices treated with calcium. *Journal Of Food Science*, 61, 317-321.
- Himmelblau D. M. 1999. Principios básicos y cálculos en ingeniería química. University of Texas p. 328-339.
- HLPE. (2014). Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Septiembre 09, 2017, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-i3901s.pdf>
- Infoagro. (2003). Cultivo de Calabacín. Mayo 27, 2017, de Infoagro. Sitio web: <http://www.infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm#3.%20IMPORTANCIA%20ECONÓMICA%20Y%20DISTRIBUCIÓN%20GEOGRÁFICA>
- Jaimez E. R., Da-Silva R., D' Aubeterre A., Allende J., Rada F. & Figueiral R. (2005). Variaciones microclimáticas en invernadero: efecto sobre las relaciones hídricas e intercambio de gases en pimentón (*Capsicum annuum*). *Agrociencia*, 39, 41-50.
- Kader A. (2013). Postharvest technology of horticultural crops - An overview from farm to fork. *Science Technology*, 1, 1-8.
- Lab-Ferrer. (2004). Pardeamiento no enzimático. Febrero 23, 2017, de Decagon Devices inc. - Regent Instruments Sitio web: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/9Awypardnoenz\\_14225.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/9Awypardnoenz_14225.pdf)
- Lacomet. (2006). Mediciones de humedad relativa. Febrero 19, 2017, de Lacomet Sitio web: <http://www.lacomet.go.cr/index.php/humedad/mediciones-de-humedad-relativa>

- Lira R. & Montes S. (1994). Neglected crops: 1492 from a different perspective. *In*: Plant production and protection. J E Hernando B, J León (ed). Series No. 26. FAO, Rome, Italy. pp: 63-77.
- Lira R & Montes S. (2002). Cultivos andinos. Marzo 28, 2017, de UNAM. Sitio web: [http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap2\\_3.htm#28](http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap2_3.htm#28)
- Lira R. (1995). Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. Systematic and ecogeographic studies on crop. IPGRJ. Roma, Italia. Instituto de Biología, UNAM, Méx. P. 281.
- Lira R., Rodríguez J. C., Alvarado J. L., Rodríguez-Arévalo I., Castrejón R. J. & Domínguez-Mariani A. (1998). Diversidad e importancia de la familia *Cucurbitaceae* en México. *Acta Botánica Mexicana*, Volumen 42
- Luis J. (2011). El Color: Tono, saturación, brillo e iluminación. Marzo 9, 2018, de Imagen Digital Sitio web: <http://tonosatubrilloilu.blogspot.mx/>
- Martínez A. M. (2001). El cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en México. Tesis de licenciatura Ingeniería Agrónoma en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.
- Martínez-Téllez M. A., Ramos-Clamont M G, Gardea A. A & Vargas Arispuro I. (2002). Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Comumnications*. 295:98-101.

- Mathias-Rettig, K., Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *AgroSur*, 42, 39-48.
- Medina R. S. (2009). Las cadenas de frío y el transporte refrigerado en México. *Comercio Exterior*, 59, 1010-1017.
- Melgarejo L. y Hernández M. (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*passiflora edulis sims*) bajo condiciones de almacenamiento. Marzo 7, 2017, de Universidad Nacional de Colombia Sitio web: [https://www.researchgate.net/publication/295010498\\_Caracterizacion\\_fisicoquimica\\_de\\_frutos\\_de\\_gulupa\\_Passiflora\\_edulis\\_Sims\\_bajo\\_condiciones\\_de\\_almacenamiento](https://www.researchgate.net/publication/295010498_Caracterizacion_fisicoquimica_de_frutos_de_gulupa_Passiflora_edulis_Sims_bajo_condiciones_de_almacenamiento)
- Mercado R. & Martínez T. (2010). Características sensoriales de la calabaza Zucchini (*Cucurbita Pepo L.*) envasada individualmente y conservada en refrigeración. *BIOtecnia*, 12, 29-39.
- Meza V. J. A. (2013). Aplicación de hidrogenofriamiento y una cubierta de polímero al melón cantaloupe para disminuir su tasa de respiración y actividad enzimática. Tesis de Doctorado en ciencias con acentuación en alimentos. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Miguel H. (2013). Cambios físico-químicos en la calidad postcosecha de calabacita Zucchini (*Cucúrbita pepo L.*) bajo distintas condiciones de almacenamiento. Tesis de licenciatura Ingeniería Agrónoma en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2000). Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos en Colombia. Noviembre 18, 2017, de Corporación Colombia Internacional Sitio web: [http://interletras.com/manualCCI/contenido\\_general02.htm](http://interletras.com/manualCCI/contenido_general02.htm)

- Mohammed M., Brecht J. (2005). Immature fruit vegetables. Postharvest physiology and pathology of vegetables (671- 690). New York: Marcel Dekker.
- Moreiras O., Carbajal A., Cabrera L. & Cuadrado C. (2006). Tablas de composición de alimentos. Madrid: Pirámide.
- Moreno D., Cruz W., García E., Ibañez A., Barrios J. y Barrios B. (2013). Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 19-24.
- Muy R. D., Siller Cepeda J., Díaz Pérez J., Valdez Torres B. (2004). Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estado hídrico y la calidad postcosecha de pepino de mesa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (2): 157-165.
- Navarro L. H. (2013). Logística en la cadena de frío. Noviembre 27, 2017, de PROEXPORT Colombia Sitio web: [http://www.colombiatrader.com.co/sites/default/files/conferencia\\_logistica\\_en\\_la\\_cadena\\_de\\_frio\\_proexport\\_2013.pdf](http://www.colombiatrader.com.co/sites/default/files/conferencia_logistica_en_la_cadena_de_frio_proexport_2013.pdf)
- Navarro-López E. R.; Nieto-Ángel R.; Corrales-García J.; García-Mateos M. R. & Ramírez-Arias A. (2012). Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 18, 263-277.
- Normas Mexicanas. (1982). NMX-FF-020-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Calabacita. (*Cucurbita Pepo*). Marzo 27, 2017, de Dirección General de Normas. Sitio web: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-020-1982.PDF>

- Oliver Wayman. (2014). Reducir el desperdicio de alimentos. Marzo 26,2017, de Oliver Wayman. Sitio web: [http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/global/en/2014/sep/OW\\_Reducing%20Food%20Waste\\_SPAN.pdf](http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/global/en/2014/sep/OW_Reducing%20Food%20Waste_SPAN.pdf)
- Ortez E. (2014). Transpiración y pérdida de agua en frutas y hortalizas. Febrero 7, 2017 Sitio web: <http://slideplayer.es/slide/157386/>
- Piagentini A. M., Pirovani M. E., Güemes D. R. (2004). Cinética de deterioro de la calidad de repollo fresco cortado. *Ciencia y Tecnología en Alimentos*, 4, 169-176.
- Palacios M. V. M., Nebot S. E. & Pérez R. L. (1997). Aplicación de análisis estadísticos multivariantes al estudio del proceso de maduración de la uva en el marco del jerez. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Parra A. & Fischer G. (2013). Maduración y comportamiento poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7, 98-110.
- Peñafiel S. Y. M. (2017). Evaluación del efecto del método químico (Eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de oritos (*Musa acuminata* AA) rebanados. Tesis de licenciatura de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Técnica de Norte, Ecuador.
- Pérez A. (2017). 8 consejos para el transporte de carga frigorífica. Octubre 17, 2017, de Laodlok Sitio web: <https://www.loadlok.es/empty/novedades/8-consejos-para-el-transporte-de-carga-frigorifica>

- Pérez G., M; Márquez S., F; y Peña L, A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. P. 380.
- Pérez M. L. V., Melgarejo L. M. M. & Rojas R. Y. A. (2010). Experimentos en fisiología vegetal. Agua. Colombia: Unilibros Universidad Nacional De Colombia.
- Pérez-López A., Villaseñor-Perea C. A., Crisanto-Martínez V. & Corrales-García J. J. (2009). Propiedades mecánicas y maduración de frutos de mango (*Mangifera indica L.*) bajo compresión axial. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 1, 19-23.
- Pinargote, S. y Gálvez, M. 2015. Aplicación de recubrimientos biodegradables de almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano para la conservación de papayas a temperatura ambiente. Tesis de Ingeniero. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Pinzón I. M., Fischer G. & Corredor G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims.*). *Agronomía Colombia*, 25, 83-95.
- Pomper K. W. & Breen P. J. (1997) Expansion and osmotic adjustment of strawberry fruit during water stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 122:183-189.
- Quiroz-Castañeda R. E. & Folch-Mallol J. L. (2011). Proteínas que remodelan y degradan la pared celular vegetal: perspectivas actuales. *Biotecnología aplicada*, 28, 194-204.
- Ramos-Ramírez F. X., Alia-Tejacal I., López-Martínez V., Colinas-León M. T., Acosta-Durán C. M., Tapia-Delgado A. & Villegas-Torres O. (2009). Almacenamiento de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota (Jacq.) H. E.*

Moore & Stearn] en atmósfera modificada. Abril 19, 2018, de *Revista Chapingo*. Serie *Horticultura* Sitio web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2009000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000100004)

Rivera L. O. (2018). ¿Sabes cuántas toneladas de comida tira México a la basura?. *El Universal*, 28-32.

Rodríguez, C. B. & Porras M. M. 2002. Botánica sistemática. Universidad Autónoma Chapingo. PP. 239-241.

Ruelas-Chacón X., Reyes-Vega M. L., Valdivia-Urdiales B., Contreras-Esquivel J. C., Montañez-Saenz J. C., Aguilera-Carbó A. F. & Peralta- Rodríguez R. D. (2013). Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5, 31-37.

Sagredo B. (2017). Perspectivas de la cadena del frío. Septiembre 18, 2017, de *Mundo HVAC&R* Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2017/01/perspectivas-la-cadena-del-frio/>

Salazar I. A. & Gamboa B. A. (2013). Importancia de las pectinas en la dinámica de la pared celular durante el desarrollo vegetal. Abril 27, 2018, de *Revista de educación bioquímica* Sitio web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-19952013000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952013000200003)

Saraza A. y Leal A. (2013). Análisis sensorial del producto a base de poma. Marzo 8, 2017, de Servicio Nacional de Aprendizaje Regional Quindío, Centro Agroindustrial. Sitio web: <https://es.slideshare.net/augustoluissaraza/analisisensorial-arequipoma>

- Sargent A S, D N Maynard (2002) Cucurbits. *In: Crop post-harvest: science and technology*. P Golob (ed). Perishables 3. John Wiley & Sons. England. pp: 286-326.
- Save Food. (2011). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Marzo 5, 2017, de FAO. Sitio web: <http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s.pdf>
- Schwentenius R. R. & Gómez C. M. (2006). Supermercados y pequeños productores hortofrutícolas en México. *Comercio Exterior*, 56, 205-218.
- Shewfelt R. (2007). Sources of variation in the nutrient content of agricultural commodities from the farm to the consumer. *Food Quality*, 13, 37-54.
- SIAP. (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. Marzo 6, 2017, de SIAP. Sitio web: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp)
- Sistema de información de organismos vivos modificados. (2010). *Cucurbita pepo*. Mayo 25, 2017, de CONABIO. Sitio web: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870_sg7.pdf)
- Sistemas de Refrigeración. (2011). Temperaturas bajas y conservación. Noviembre 27, 2017, de Sistemas de Refrigeración Sitio web: <https://sistemasderefrigeracion.blogia.com/temas/almacenamiento-en-frio/>
- SSA. (1994). NOM-116-SSA1-1994 Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. Marzo 20, 2017, de SSA. Sitio web: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html>



- Suárez J., Pérez de Camacaro M., Sanabria C. M. E., Valera R. & Ulacio D. (2009). Efecto de la temperatura y el estado de madurez sobre el grosor de la cutícula en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista UDO Agrícola*, 9, 80-84.
- Sutherland, P W, Hallett I.C. 1993. Anatomy of fruit of buttercup squash (*Cucurbita maxima* D.) surface, cuticle and epidermis. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 21:67-72.
- Tafolla-Arellano J. C., González-León A., Tiznado-Hernández M. E., Zacarías G. L. & Báez-Sañudo R. (2013). Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36, 3-12.
- Tapia D. M. P. (2012). Estudio de factores fisiológicos del kiwi (*Actinidia deliciosa*) variedad Hayward, y sus efectos en la textura durante el almacenamiento. Tesos de licenciatura de Ingeniería en Alimentos. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Torres J., González K. & Acevedo D. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *RECITEIA*, 14, 63-75.
- Trejo R. (2015). Extracción de aceite esencial de eucalipto y su aplicación como agente antifúngico en un envase activo para conservación de frambuesa. Tesis de licenciatura de Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México.
- USAID, 2006. Boletín técnico de postcosecha: Manejo postcosecha de calabaza. USAID-RED. Oficina FHIA, La Lima, Cortes, Honduras. 3p. Sitio web:[http://www.fintrac.com/docs/RED/USAID\\_RED\\_Poscosecha\\_Calabaza\\_09\\_06.pdf](http://www.fintrac.com/docs/RED/USAID_RED_Poscosecha_Calabaza_09_06.pdf) consultado 14/marzo/2013.

- Universidad Industrial de Santander. (2008). Guía de almacenamiento en seco, refrigerado y congelado. Noviembre 24, 2017, de Universidad Industrial de Santander Sitio web: [https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar\\_estudiantil/guias/GBE.27.pdf](https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GBE.27.pdf)
- Urías O. V., Muy R. D., Osuna E. T., Sañudo B. A., Báez S. M., Valdez T. B., (2012). Estado hídrico y cambios anatómicos en la calabacita (*Cucurbita pepo L.*) almacenada. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35, 221-228.
- Urrieta Aukar J. E. 2000. Jornada sobre manejo postcosecha de frutas. Universidad centro occidental "Lisandro Alvarado" Decanato de agronomía-postgrado en Horticultura. Sociedad Venezolana para la fruticultura (SOVERFRU).
- Vela E. (2010). La calabaza, el tomate y el frijol. Septiembre 24, 2017, de *Arqueología Mexicana* Sitio web: <http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/origen-y-domesticacion-de-la-calabaza>
- Velázquez L. C. (2011). Evaluación de una cera de candelilla y carnauba en la postcosecha de calabacita Zucchini (*Cucurbita pepo L.*). Tesis de licenciatura en Ingeniería en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.
- Valladares F., Vilagrosa A., Peñuelas J., Ogaya R., Camarero J. J., Corcuera L., Sisó S. & Gil-Pelegrín E. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (163-190). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Villaseñor P. C. A., Chávez S. F. H., Saucedo V. C., Salazar Z. A. Landois P. L. & HernándezG. L. H. (2006). Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos

de melón (*Cucumis melo L.*) bajo compresión axial. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29, 157-162.

Vincent J. F. V. & Elices M. (2004). La textura de los alimentos. Un complemento al sabor. Marzo 3, 2018, de Universidad de Valencia Sitio web: <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/la-textura-de-los-alimentos-un-complemento-al-sabor.html>

Vinicio S. M. (2005). Sistemas poscosecha: Generalidades. En: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Sistemas poscosecha en frutas de mango, melón y sandía: conceptos y aplicaciones, Costa Rica.

Yáñez L. (2015). Preenfriamiento, tipos y aplicaciones. Noviembre 18, 2017, de *Mundo HVAC&R* Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/06/preenfriamiento-tipos-y-aplicaciones/>

Zúñiga H. L. A., Ciro V. H. J. & Osorio S. J. A. (2007). Estudio de la dureza del queso Edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60, 3797-3811.