

**Efecto del empaque y temperatura de  
almacenamiento en las características  
poscosecha del chile dulce (*Capsicum annuum*  
var. Aristóteles)**

**Susana Lissette Andrade Segura  
Mariela Gissele Murillo Ortega**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Octubre, 2014

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del empaque y temperatura de  
almacenamiento en las características  
poscosecha del chile dulce (*Capsicum annuum*  
var. *Aristóteles*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieras en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por

**Susana Lissette Andrade Segura  
Mariela Gissele Murillo Ortega**

**Zamorano, Honduras**

Octubre, 2014

# **Efecto del empaque y temperatura de almacenamiento en las características poscosecha del chile dulce (*Capsicum annuum* var. *Aristóteles*)**

Presentado por:

Susana Lissette Andrade Segura  
Mariela Gissele Murillo Ortega

Aprobado:

---

Jorge Cardona, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Mayra Márquez, Ph.D.  
Asesora

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Dennis Ramírez, Ph.D.  
Asesor

## **Efecto del empaque y temperatura de almacenamiento en las características poscosecha del chile dulce (*Capsicum annuum* var. *Aristóteles*)**

**Susana Lissette Andrade Segura  
Mariela Gissele Murillo Ortega**

**Resumen:** Las pérdidas poscosecha en vegetales frescos se deben a daños mecánicos o de almacenamiento, una alternativa de mejora es el uso de empaques que crean atmósferas modificadas. El objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de chile morrón durante la cosecha y poscosecha. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial de  $2 \times 3 \times 2$  con dos formas de cosecha (halado y cortado), tres empaques (sin bolsa, con bolsa de polietileno de baja densidad y bolsas con micro-perforaciones) y dos ambientes de almacenamiento ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  - 70% HR y  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  - 85% HR) evaluados a través del tiempo (28 días). Se realizó separación de medias ajustadas LSMEANS con nivel de significancia de 95% ( $P < 0.05$ ). El halado causó mayores pérdidas de peso, pudrición y arrugas. Las condiciones de almacenamiento afectaron la mayoría de las variables. Chiles almacenados a  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  en bolsas (independientemente de la presencia o ausencia de micro-perforaciones) presentaron mínimos daños por frío sin reportar pudrición. Además, mantuvieron peso, firmeza y el color original (verde) durante 28 días. Las bajas temperaturas retardaron los procesos de maduración y respiración de los frutos y las bolsas sirvieron de barrera al vapor de agua evitando su deshidratación. Chiles cosechados por halado, almacenados 28 días a  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  en bolsas micro-perforadas presentaron alto contenido de mesófilos aerobios, hongos y levaduras. Se sugiere evaluar la carga microbiana del chile desde la cosecha hasta la comercialización y el uso de diferentes micro-perforaciones.

**Palabras clave:** Cadena de valor, micro-perforaciones, morrón, pimienta, polietileno.

**Abstract:** The postharvest loss in fresh vegetables can be for mechanical damage or storage, an alternative is the use of packaging which creates modified atmosphere conditions. The objective of this study was to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics during harvest and postharvest of bell pepper. Used completely randomized block (CRB) with factorial of  $2 \times 3 \times 2$  with two methodology of harvest (pulled and cut) three packages (without bags, with bags low density polyethylene and bags with micro perforations) and two environments ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  -70% HR and  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  - 85% HR) evaluated over time (28 days). Conducted a LSMEANS separation and significance level 95% ( $P < 0.05$ ). The pull caused greater weight loss, decay and wrinkling. Storage conditions affected the most variables. Bell peppers storage at  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  in bags (with or without micro perforations) presented minimum chilling injury without decay. Also, maintained the weight, firmness and original color (green) during 28 days. Low temperatures retarded the ripening process and fruit respiration and bags served as water vapor barrier avoiding dehydration of fruits. Bell peppers harvested by pulling stored 28 days at  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  in micro perforated bags presented high count of aerobic mesophilic, fungi and yeasts. It's suggested evaluate the microbial load of the value chain of bell peppers and using different micro perforations

**Keywords:** Bell, micro perforations, pepper, polyethylene, value chain.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>22</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>24</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos de los chiles cosechados de dos formas y almacenados a dos temperaturas en canastas plásticas.....	3
2. Porcentaje de pudrición (PP), daños por frío y por arrugamiento (DA) para chiles.....	9
3. Separación de medias para el análisis de la pérdida de peso (%) de chiles....	11
4. Separación de medias para el análisis de dureza (N) para chiles.....	12
5. Separación de medias para el análisis de color de luminosidad (L*).....	13
6. Separación de medias para el análisis de color (a*) para chiles.....	14
7. Separación de medias para el análisis de color (b*) para chiles.....	15
8. Separación de medias para el análisis del ángulo de matiz del color (grados) para chiles.....	16
9. Descripción con imágenes de los cambios de color y firmeza de chiles almacenados a dos temperaturas 14 o 28 días.....	17
10. Separación de medias para el análisis de °Brix para chiles.....	18
11. Separación de medias para el análisis de pH para chiles.....	19
12. Separación de medias para el análisis de mesófilos aerobios (log UFC/g) para chiles.....	20
13. Separación de medias para el análisis de hongos y levaduras (log UFC/g) para chiles.....	21
Figuras	Página
1. Tijera manual de corte.....	4
2. Presencia de pudrición (A), daño por arrugamiento (B) y daño por frío (C) en chiles.....	9
3. Análisis del cambio de coloración de chiles almacenados en tres empaques a 27 °C - 70% HR.....	16
Anexos	Página
1. Comportamiento de temperatura y humedad relativa al ambiente.....	29
2. Comportamiento de temperatura y humedad relativa en refrigeración.....	29
3. Resumen de las probabilidades de suma de cuadrado tipo III para las variables respuestas evaluadas.....	30
4. Resumen de las probabilidades de suma de cuadrado tipo III para las interacciones de las variables respuestas evaluadas (forma de cosecha × tipo de empaque × temperatura × tiempo de almacenamiento) .....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los mayores productores de chiles dulces (morrón) o pimientos (*Capsicum annuum*) son China con el 36% de la superficie del mundo sembrada (12 millones de toneladas) y México con 7% del volumen de producción (FAO 2008). Las zonas productoras en Honduras son: Ocotepeque, Intibucá, Comayagua, Francisco Morazán, El Paraíso y Olancho (FHIA 2013).

La planta del chile es un semiarbusto de forma variable, tiene de dos a cinco flores por ramificación, su fruto es una baya de dos a cuatro lóbulos con forma globulosa, rectangular, cónica o redonda, de color verde en la cosecha y que cambia con la madurez a amarillo o rojo (Orellana *et al.* s.f.). La variedad de mayor preferencia es Aristóteles o Aristotle, por su forma, coloración y firmeza (FHIA 2011). El fruto tiene tres o cuatro lóbulos, paredes gruesas y alto rendimiento (Gowan 2010). Además, el fruto es altamente perecedero, con vida útil de dos a cuatro semanas con manejo adecuado (Pelayo y Castillo 2003).

Los productos hortofrutícolas presentan pérdidas poscosecha de 5 a 25% en los países desarrollados y de 20 a 50% en los países en vías de desarrollo (Fallik s.f.). Las pérdidas poscosecha en chiles pueden llegar al 100% por daños mecánicos o de almacenamiento presentando pudrición, maduración o deshidratación (USAID 2006). Las causas más comunes son: manejo inapropiado del producto, incorrecto flujo de proceso poscosecha o uso de empaques inadecuados (Kitinoja y Kader 1995). La calidad en poscosecha está determinada por la similitud de forma, firmeza o por la ausencia de daños mecánicos y biológicos (CAMAGRO 2005). Además, para aumentar la vida útil de frutas y vegetales en almacenamiento, se debe evitar pérdida de agua, arrugamiento o daño por frío (Cantwell 2013).

La función del empaque es proteger al producto de daños mecánicos y de las condiciones ambientales durante su manipulación, almacenamiento y/o transporte (Sáenz *et al.* 1991). El uso de empaques con polímeros crea condiciones de atmósferas modificadas manteniendo alta humedad relativa y ayuda a reducir daños, contaminación y pérdida de agua del fruto durante el almacenamiento, transporte o manipulación (Kader 1992). Además, las atmósferas modificadas inhiben los cambios de: color, firmeza, pérdida de peso, ácido ascórbico o fenoles totales de los frutos (Ornelas *et al.* 2012).

En Israel, por la alta demanda y posibilidad de exportación de chiles rojos se evaluaron dos factores que afectan la calidad y vida útil en almacenamiento: temperatura de  $7.5 \pm 3.0 \pm 0.5$  °C con humedad relativa de 85 a 90% y cinco empaques: bolsas de polietileno de baja densidad sin perforar o con micro-perforaciones de: 0.064, 0.23 o 0.42% o sin

bolsas, por un período de 15 días. Además, fueron almacenados sin bolsas por 3 días más a 17 °C con humedad relativa de 80 a 85% para simular el ambiente después de la comercialización y observar el comportamiento de los chiles en este ambiente (Meir *et al.* 1995).

Actualmente, la unidad de Olericultura Intensiva de producción bajo invernaderos de Zamorano produce semanalmente cerca de 500 kg de chiles dulces para cubrir la demanda de la Planta de Poscosecha. Sin embargo, existe 10% de pérdidas poscosecha de chiles en la planta por daños mecánicos y de almacenamiento como: deshidratación o daño por frío. Los altos costos de los análisis fue el principal limitante del estudio. Con el fin de mejorar: la eficiencia de los procesos de cosecha y poscosecha del chile dulce, reducir el porcentaje de pérdidas por daños, aumentar la vida útil de éste fruto y cumplir con las exigencias de calidad del consumidor se evaluaron formas de cosecha y de almacenamiento estableciéndose los siguientes objetivos.

- Evaluar los efectos de la cosecha, empaque, temperatura y tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas y microbiológicas del chile morrón.
- Establecer el manejo de cosecha y poscosecha para el chile morrón.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; en el Departamento de Ingeniería Agronómica, en la unidad de Olericultura Intensiva de producción bajo invernaderos y en el Departamento de Agroindustria Alimentaria, en las instalaciones de la Planta de Poscosecha y en los laboratorios de Análisis de Alimentos Zamorano y Microbiología de Alimentos.

**Diseño experimental.** Se realizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial de  $2 \times 3 \times 2$  con dos formas de cosecha (halado y cortado), tres tipos de empaques usando bolsas de polietileno de baja densidad (sin bolsa, con bolsa o bolsas con micro-perforaciones de 0.05 cm de diámetro) y dos temperaturas promedio (ambiente de 27 °C - 70% HR y refrigeración de 9 °C - 85% HR) (Cuadro 1). Con tres medidas repetidas en el tiempo (día 1, 14 y 28) y con tres repeticiones para cada una, obteniendo así 108 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de los chiles cosechados de dos formas y almacenados a dos temperaturas en canastas plásticas.

Forma de Cosecha	Bolsa de polietileno de baja densidad					
	Sin bolsa		Bolsa		Bolsas micro-perforadas	
	27 °C	9 °C	27 °C	9 °C	27 °C	9 °C
Halado	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Cortado	T7	T8	T9	T10	T11	T12

**Forma de cosecha.** En los invernaderos de Olericultura Intensiva se cosechó en tres lunes consecutivos del mes de julio los chiles con más del 50% de coloración verde, peso mayor a 100 g y firmeza del fruto con ausencia de defectos como grietas, pudriciones o quemaduras por el sol (Cantwell 2013). Los chiles se cosecharon usando canastas de cosecha limpias, implementado las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y usando dos metodologías de cosecha: halado o cortado del fruto.

La primera forma de cosecha se hizo halando el chile hacia arriba, al contrario de la caída del pedúnculo para facilitar su desprendimiento. En la segunda forma se cortó dejando aproximadamente 2 cm de distancia desde la base del pedúnculo, de manera plana con tijeras manuales de corte (Figura 1), para evitar posteriores daños al producto durante el transporte o almacenamiento. Las tijeras pueden causar contaminación cruzada en plantas

de un mismo invernadero o entre invernaderos. Para prevenir esto, se desinfectaron las tijeras en cada cambio de cama con solución clorada a 100 ppm (Carvajal s.f.).

Los chiles se colocaron en canastas desinfectadas provenientes de la Planta de Poscosecha para evitar contaminación cruzada del campo a la planta. Se transportó en carro y se evitó la exposición directa al sol, colocándolos en lugares sombreados y ventilados (Castellanos *et al.* 2012).

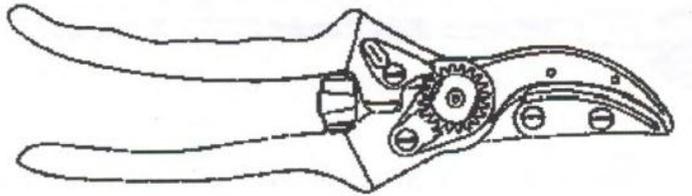


Figura 1. Tijera manual de corte.  
Fuente: (Pelayo y Castillo 2003).

**Proceso poscosecha.** Los chiles siguieron el flujo de proceso utilizado por la Planta de Poscosecha<sup>1</sup>:

- Recibo de materia prima y pesaje: se pesaron los chiles con las canastas y se determinó el peso total de los chiles por diferencia.
- Selección y clasificación: se eliminaron los frutos con daños mecánicos, por insectos, virus, enfermedades o quemaduras por el sol.
- Lavado: se realizó por inmersión con agua a temperatura ambiente (25 °C) para reducir el calor de campo y la contaminación de la superficie.
- Secado: los frutos son secados en cestas a temperatura ambiente por medio de escurrido. Para efecto de la investigación los chiles se secaron con papel toalla.
- Pesaje individual y codificación: se pesaron individualmente y se codificaron los chiles según los tratamientos. El peso promedio de los chiles fue de 150 g.

**Metodología de almacenamiento.** Cada tratamiento constó de cinco chiles y fueron almacenados en la Planta de Poscosecha en canastas plásticas sin empaque primario (bolsas) o con bolsas de polietileno de baja densidad con o sin micro-perforaciones. A dos temperaturas: 27 °C (al ambiente) o 9 °C (refrigeración en cuarto frío), con humedad relativa alta, superior a 70 o 85% respectivamente. Se almacenaron durante 14 o 28 días. Se monitoreó la temperatura y humedad relativa cada 12 horas utilizando el dispositivo Data Logger.

---

<sup>1</sup> Canales, I. 2014. Flujo de proceso poscosecha de chiles dulces y condiciones de almacenamiento. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

Se usaron canastas plásticas de material resistente (policarbonato) para facilitar el estibado durante el almacenamiento (USAID 2006). Como empaque primario se emplearon bolsas de polietileno de baja densidad de 10 × 16 pulgadas (25.4 × 40.6 cm), atóxicas y transparentes que mantienen una atmosfera con alta humedad relativa y evitan la deshidratación del fruto (Barés *et al.* 1997). Las micro-perforaciones fueron realizadas de manera artesanal con agujas de 0.05 cm de diámetro a distancia de 2.50 × 2.50 cm.

**Análisis visuales.** Se observó en todos los chiles la presencia de grietas resultantes de daño por frío o por arrugamiento y pudriciones en los mismos. Se tomaron datos cualitativos y se calculó el porcentaje de daños por frío, arrugamiento o pudrición (Ecuación 1).

- Daño por frío: Zonas hundidas sobre la superficie del fruto que posteriormente pueden ser colonizadas por patógenos deterioradores. Se observaron los chiles almacenados a 9 °C.
- Daño por arrugamiento: Se observó flacidez y encogimiento en los chiles almacenados a 27 °C.
- Pudrición: Ablandamiento, acuosos y superficie de color oscuro (Camelo 2003).

$$\Delta Pd = \frac{P_{di}}{P_{dt}} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

$\Delta Pd$  = Daño por frío, arrugamiento o pudrición (%).

$P_{di}$  = Número de chiles con indicios de daño por frío, arrugamiento o pudrición.

$P_{dt}$  = Número total de chiles por tratamiento.

**Análisis de pérdida de peso.** Todos los chiles se pesaron individualmente al inicio y final del almacenamiento. El porcentaje de pérdida de peso se determinó con la ecuación 2.

$$\Delta Pp = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

$\Delta Pp$  = Pérdida de peso (%).

$P_i$  = Peso inicial de cada chile (g).

$P_f$  = Peso de cada chile después del almacenamiento (g).

**Análisis de firmeza.** Se usaron dos chiles por tratamiento, se cortaron tres cuadrados de 2 × 2 cm y se colocaron en el texturómetro Brookfield CT3 mediante el método de punción con un émbolo de 0.06 cm de diámetro. Los resultados se reportaron en dureza con unidades de Newton. En promedio, el grosor de los chiles fue de 0.60 cm.

**Análisis de color.** Se utilizó una nueva tecnología, mediante una aplicación en iPad, Apple Inc. llamada mColorMeter, producida por Yanmei He y actualizada en el 2013. Esta aplicación es un inspector de color de fotografías con notación Munsell y apoyada con otros métodos de color como: RGB (rojo, verde, azul), HEX (hexadecimal) que son modelos de lenguaje de programación y por formatos de impresión de colores CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) por sus siglas en inglés. Se puede usar en fotos tomadas y en tiempo real en la superficie de algún objeto brindando la facilidad de intercambiar la información obtenida por redes sociales (iTunes 2014).

Se codificó cada Chile y se marcaron dos áreas de evaluación de color, las cuales fueron fotografiadas antes y después del almacenamiento para obtener un color promedio. Los datos obtenidos fueron en RGB y convertidos a  $L^*$   $a^*$   $b^*$  con una plantilla elaborada por Boronkay (2007). Además, se realizó el análisis del ángulo de matiz o Hue angle por su traducción en inglés y del croma para evaluar el cambio de color y la pureza durante el almacenamiento.

Los parámetros colorímetros indicaron:  $L^*$ , brillantez o luminosidad con valores de 0 a 100,  $a^*$  con valores positivos con dirección a los rojos y negativos a los verdes,  $b^*$  con valores positivos hacia los amarillos y negativos a los azules (Calvo y Durán 1997), con estos valores se obtuvieron el ángulo de matiz y croma del color. El ángulo del matiz es la forma en que el ojo humano percibe el color de cualquier objeto, se deriva mediante las coordenadas de  $a^*$  y  $b^*$ , siendo representadas en un plano cartesiano de  $360^\circ$  donde:  $0^\circ$  es rojo,  $60^\circ$  amarillo,  $120^\circ$  verde,  $180^\circ$  cian,  $240^\circ$  azul y  $300^\circ$  magenta (Leyva 2009). El ángulo corresponde a la distinción en color o tono que el ojo humano entrenado puede notar u observar mientras que el croma o pureza del color es la medida de intensidad o falta de brillo del color (Radzevičius *et al.* 2009), es decir, que tan cerca está del color gris o matiz puro. Se obtuvo el ángulo de matiz y el croma con las ecuaciones 3 y 4.

$$H^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{a^*}{b^*} \right) \quad [3]$$

Donde:

$H^\circ$  = Ángulo de matiz en grados

$\tan^{-1}$  = Inversa de tangente

$a^*$ ,  $b^*$  = Coordenadas obtenidas de  $L^*$   $a^*$   $b^*$

$$Cr = \sqrt{\left( (a^{*2}) + (b^{*2}) \right)} \quad [4]$$

Donde:

$Cr$  = Índice de saturación (croma métrico)

$a^*$ ,  $b^*$  = Coordenadas obtenidas de  $L^*$   $a^*$   $b^*$

**Análisis de sólidos solubles (°Brix).** Se cortaron los chiles sobrantes del análisis de firmeza y se maceraron en un mortero por 2 min. El jugo extraído de cada chile se colocó en el sensor óptico del refractómetro ATAGO®. Cada tratamiento se evaluó por duplicado y los resultados se reportaron en °Brix (Hernández *et al.* 2010).

**Análisis de pH.** Se determinó el pH analizando la concentración del ion hidrógeno con un potenciómetro digital. En un vaso de precipitado de 50 mL, se colocó 20 mL del jugo extraído de los chiles. El análisis de pH se hizo por duplicado para cada tratamiento.

**Preparación de muestras microbiológicas.** Se siguió el procedimiento de la norma oficial mexicana NOM-110-SA1-1994<sup>2</sup> (NOM 1995b). Se enjuagó un chile de cada tratamiento en bolsas estériles con 100 mL de agua peptonada estéril (0.1%). Para obtener 10<sup>-1</sup> se utilizó la ecuación 5.

$$D = \frac{pp + ap}{pp} \quad [5]$$

Donde:

D= dilución (10<sup>-1</sup>)

pp = peso promedio de los chiles

ap = cantidad de agua peptonada estéril usada

**Análisis de mesófilos aerobios.** Se hizo vaciado en placa (1 mL de disolución), se colocaron de 12 a 15 mL del medio de cultivo agar cuenta estándar en cajas Petri de 15 × 100 mm y se agitó dejándolas solidificar. Por último se incubaron en posición invertida a 35 ± 2 °C por 48 ± 2 horas (NOM 1995a), se realizó el conteo de colonias, los resultados fueron en unidades formadoras de colonias UFC/g y se reportaron en unidades de logaritmos de UFC/g.

**Análisis de hongos y levaduras.** Se utilizó la técnica de vaciado en placa con agar papa dextrosa acidificado con ácido tartárico (pH = 3.5). Los platos Petri se incubaron sin invertir en la oscuridad a 25 °C por 5 días y luego se realizó el conteo de UFC/g. Los resultados se reportaron en logaritmos de UFC/g.

**Análisis estadístico.** Se analizó en el programa Statistical Analysis System (SAS®) versión 9.3 con separación de medias DUNCAN y separación de medias ajustadas LSMEANS con nivel de significancia de 95% (P<0.05).

---

<sup>2</sup> Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis visuales.** Más del 33% de los chiles almacenados a 27 °C empezaron a pudrirse desde el día 14, estos presentaron el mayor porcentaje de pudrición. Sin embargo, se observó que a temperaturas bajas el proceso de pudrición se retrasó reportando 0% de chiles podridos durante los 28 días de almacenamiento (Cuadro 2). La temperatura de almacenamiento influyó significativamente en la tasa de deterioro de los productos frescos, un aumento de 10 °C por encima de la temperatura óptima de almacenamiento, puede aumentar de 2 a 3 veces la tasa de deterioro (Kader 1992). Además, algunos microorganismos como: las bacterias, hongos y levaduras son causantes del deterioro de los frutos en almacenamiento (Rivera 2008). Las temperaturas óptimas de crecimiento para las bacterias mesófilos aerobios son de 25 a 40 °C (Aquihuatl y Pérez 2004) y para los hongos y levaduras es de 20 a 25 °C, aunque algunos responden óptimamente temperaturas más altas (Rivera 2008).

La forma de cosecha por halado en los chiles causó 75% más pudrición durante el almacenamiento, independientemente de la temperatura y del empaque (Cuadro 2). Una ventaja del halado es la rapidez de cosecha pero la planta y/o el fruto pueden ser dañados, debido a la fuerza aplicada, dando lugar a una infección poscosecha (Castellanos *et al.* 2012). Mientras que el uso de tijeras manuales de corte en la cosecha, ayudan a disminuir la susceptibilidad de la pérdida de agua y la entrada de bacterias, hongos y levaduras a través del pedúnculo (USAID 2006).

Se observó que las bolsas y bolsas micro-perforadas causaron en los chiles una tendencia a pudrirse (Figura 2). Sin embargo, éste comportamiento sólo se presentó en los chiles almacenados a temperatura ambiente (Cuadro 2). En el empaque normalmente la humedad se condensa en su interior, promoviendo el desarrollo de pudriciones o mohos superficiales (Rivera 2008). La condensación puede ser causada por las fluctuaciones de la temperatura a una humedad relativa cercana al 100% (FAO 2014). Debido a que cuando el aire está 100% saturado, el agua adicional se condensa (FAO 1993).

El 100% de los chiles almacenados sin bolsas reportaron daños por arrugamiento (Figura 2). El arrugamiento y la marchitez son daños en apariencia de los frutos. La pérdida de agua afecta la calidad de la textura y está representada por ablandamiento y flacidez en los chiles (Kader 2002). Un estudio demostró que los chiles almacenados a humedad relativa menores de 90% presentan mayor arrugamiento, pérdida de firmeza y de peso (Nuñez *et al.* 2012).

El daño por frío se presentó únicamente en los chiles almacenados sin bolsa (Figura 2). Se reportó aproximadamente un aumento del 19% de daño por frío al día 28 (Cuadro 2). Los

chiles frescos en comparación a los maduros son los más sensibles al daño por frío (Kader 2002). Éste problema se da en vegetales y frutas de origen tropical y subtropical que son sensibles a exposiciones prolongadas de bajas temperaturas (Cáceres *et al.* s.f.). Los chiles son considerados frutos tropicales en donde el daño por frío se presenta a temperaturas de 0 a 15 °C (Camelo 2003). Los síntomas del daño por frío están dados por la presencia de zonas acuosas, pudriciones y coloración anormal en la cavidad interna del chile (Cantwell 2013). El daño puede ser reversible reconstituyendo la condición inicial con una breve elevación de la temperatura (Camelo 2003).

Cuadro 2. Porcentaje de pudrición (PP), daños por frío y por arrugamiento (DA) para chiles <sup>Φ</sup>.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>£</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)			
			14		28	
			PP	DA	PP	DA
Halado	Sin bolsa	27	0.00	100	13.0	100
		9	0.00	0.00	0.00	26.6
	Bolsa	27	33.3	0.00	47.0	0.00
		9	0.00	0.00	0.00	0.00
	BMP <sup>¥</sup>	27	33.3	0.00	40.0	6.60
		9	0.00	0.00	0.00	0.00
Cortado	Sin bolsa	27	0.00	100	0.00	100
		9	0.00	6.60	6.66	33.3
	Bolsa	27	0.00	0.00	13.3	0.00
		9	0.00	0.00	0.00	0.00
	BMP <sup>¥</sup>	27	0.00	0.00	20.0	0.00
		9	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>Φ</sup> En el día 1, los chiles presentaron 0% de pudrición, daño por frío o por arrugamiento.

<sup>£</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones.



Figura 2. Presencia de pudrición (A), daño por arrugamiento (B) y daño por frío (C) en chiles.

**Análisis de pérdida de peso.** El análisis estadístico indicó que todos los factores tuvieron efecto significativo sobre la variable pérdida de peso ( $P < 0.01$ ). Se observó que los chiles sin bolsa presentaron mayor porcentaje de pérdidas de peso (33%) al final de su almacenamiento. Además, a 9 °C las bolsas y las bolsas micro-perforadas permitieron que los frutos no perdieran peso significativamente durante los 28 días de almacenamiento (Cuadro 3).

La transpiración es la pérdida de agua de los tejidos vivos y ésta puede reducirse al aumentar la humedad relativa, bajando la temperatura del aire, reduciendo el movimiento del aire o usando envolturas protectoras (Hardenburg *et al.* 1988). La diferencia de presión del vapor de agua en el interior y exterior de los frutos, determinan la velocidad de pérdida de agua (FAO 1993). Esta diferencia entre presiones de vapor de agua provoca desplazamiento del agua desde el protoplasma de las células a través de las membranas y células hasta la superficie del tejido de las frutas y vegetales (Vargas 1987).

La humedad relativa en el almacenamiento de chiles debe ser entre 90 y 95% para mantener la calidad de producto fresco (Nuñez *et al.* 2012). Las bolsas de polietileno sirven de barreras al vapor de agua y evitan la deshidratación de las frutas y vegetales (Raimondo y Espejo 2002). Mientras que las bolsas micro-perforadas evitan la acumulación del calor producido por la respiración de los chiles y permiten la aireación eficiente, el intercambio gaseoso y facilitan la refrigeración de los mismos (Castellanos *et al.* 2012). Además, las micro-perforaciones crean condiciones de atmósfera modificada por la variación de la relación  $O_2 / CO_2$  alargando la vida útil de los chiles (Raimondo y Espejo 2002).

El almacenamiento a 27 °C causó que los chiles reporten 33% de pérdida de peso. Se observó que durante los 28 días de almacenamiento los chiles presentaron en promedio 23% más pérdida de peso en comparación a los almacenados a 9 °C (Cuadro 3). Sin embargo, el uso de bolsas y bolsas micro-perforadas benefició reduciendo el 75% de la pérdida de peso en los frutos almacenados a 27 °C, sin mostrar diferencias significativas con los frutos a 9 °C. Durante el almacenamiento y el proceso de respiración de las frutas y vegetales tienden a aumentar la temperatura superficial, produciendo mayores pérdidas de peso relacionadas a la evaporación y generación de  $CO_2$  (Orrego 2001). La temperatura está directamente relacionada con la tasa de respiración, es decir, a mayor temperatura, mayor es la tasa de respiración (Wilson *et al.* 1995). Es por ello, que a temperaturas frías se reducen los procesos fisiológicos y por ende la pérdida de vapor de agua (Sáenz *et al.* 1991).

La forma de cosecha por halado provocó en promedio 13% más pérdidas de peso en comparación con la cosecha por cortado, independientemente del empaque y la temperatura de almacenamiento (Cuadro 3). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, a excepción de los chiles almacenados a 27 °C en bolsas micro-perforadas. Los daños mecánicos como magulladuras o cortes aceleran la pérdida de agua en los frutos (Kader 2002). Los daños físicos ocasionan que las estructuras celulares y superficies internas de los tejidos queden expuestas al aire, causando una evaporación hacia la atmósfera (Vargas 1987). Esta susceptibilidad al daño de los chiles

depende de su fisiología, mayormente en las zonas con mayor curvatura del fruto o turgencia (García-Ramos *et al.* 2000).

Cuadro 3. Separación de medias para el análisis de la pérdida de peso (%) de chiles. <sup>Φ</sup>

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)	
			14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	18.1 ± 3.56 <sup>a(y)</sup>	33.0 ± 5.64 <sup>a(z)</sup>
		9	5.71 ± 1.12 <sup>b(y)</sup>	9.52 ± 2.87 <sup>b(z)</sup>
	Bolsa	27	1.06 ± 0.29 <sup>de(xy)</sup>	2.28 ± 0.39 <sup>e(y)</sup>
		9	0.16 ± 0.22 <sup>e(x)</sup>	0.31 ± 0.25 <sup>f(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	3.69 ± 2.69 <sup>c(y)</sup>	7.55 ± 5.89 <sup>c(z)</sup>
		9	0.67 ± 1.14 <sup>e(x)</sup>	0.78 ± 0.30 <sup>ef(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	17.7 ± 3.03 <sup>a(y)</sup>	31.6 ± 5.22 <sup>a(z)</sup>
		9	4.21 ± 1.27 <sup>c(y)</sup>	8.65 ± 3.03 <sup>bc(z)</sup>
	Bolsa	27	1.35 ± 2.15 <sup>de(xy)</sup>	1.70 ± 0.30 <sup>ef(y)</sup>
		9	0.15 ± 0.19 <sup>e(x)</sup>	0.51 ± 0.29 <sup>f(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	2.14 ± 0.44 <sup>d(y)</sup>	4.82 ± 1.75 <sup>d(z)</sup>
		9	0.48 ± 0.16 <sup>e(x)</sup>	0.73 ± 0.73 <sup>ef(x)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			40.0	33.1

<sup>Φ</sup> En el día 1, los chiles presentaron  $0.00 \pm 0.00^{a(x)}$  de pérdida de peso. <sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-f</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-z)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

**Análisis de firmeza.** La temperatura y el tiempo en almacenamiento tuvieron efecto significativo en la variable firmeza (P<0.01), a diferencia del tipo de empaque (P=0.20) y la forma de cosecha (P=0.96). Los chiles almacenados a 9 °C reportaron mayor firmeza, independientemente del empaque y la forma de cosecha. Además, se observó que la firmeza de los chiles fluctuó a través del tiempo. La firmeza de los chiles presentó un aumento del 23% al día 14 y disminuyó el 15% al final del almacenamiento (Cuadro 4).

Las condiciones óptimas de refrigeración permiten reducir las pérdidas de firmeza en frutos y vegetales debido a desórdenes fisiológicos, deshidratación o podredumbres que retrasan la senescencia o maduración, alargando la vida útil (Cáceres *et al.* s.f.). Los cambios en firmeza y el arrugamiento en la superficie de las frutas y vegetales son problemas causados por la pérdida de peso (Blandón-Navarro 2012). La suavidad en chiles es visible al presentar pérdidas de peso mayores al 3% (Fernández *et al.* 1997). La firmeza también tiene relación con el estado de madurez del fruto, dado por la degradación de protopectinas insolubles a pectinas solubles, causando menos dureza (Blandón-Navarro 2012). La unión de los compuestos de las paredes celulares de los frutos se pierden durante la maduración, y el etileno activa las enzimas hidrolíticas

(poligalacturonasa y celulasa) que rompen los enlaces entre los polisacáridos de la pared (Asenjo *et al.* s.f.).

Los chiles reportaron pérdida de firmeza en los tres tipos de empaque. La menor firmeza se observó en chiles sin bolsas seguido de los chiles en bolsas micro-perforadas. Sin embargo, este comportamiento se observó solamente en los chiles almacenados con 70% de humedad relativa a 27 °C. La humedad relativa es importante debido a que existe una relación directamente proporcional con pérdida de agua en chiles (Cantwell 2013). Para mantener el vigor y disminuir la senescencia en frutas y vegetales es necesario alta humedad relativa, debido a la minimización de la transpiración y pérdida de agua (Ardila y Parra 1999).

Cuadro 4. Separación de medias para el análisis de dureza (N) para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ±DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ±DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ±DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	11.4±1.11 <sup>de(x)</sup>	7.78±1.44 <sup>f(y)</sup>
		9	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	13.4±1.15 <sup>a(y)</sup>	13.3±1.36 <sup>abc(y)</sup>
	Bolsa	27	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	12.6±2.08 <sup>abc(y)</sup>	10.3±1.60 <sup>e(x)</sup>
		9	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	12.6±1.20 <sup>abcd(y)</sup>	12.1±1.13 <sup>cd(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	12.0±1.60 <sup>cde(y)</sup>	8.65±3.24 <sup>f(z)</sup>
		9	10.6±0.96 <sup>a(x)</sup>	12.2±1.13 <sup>bcde(y)</sup>	12.5±0.95 <sup>bc(y)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	11.1±1.83 <sup>e(x)</sup>	8.73±2.35 <sup>f(y)</sup>
		9	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	12.1±1.83 <sup>bcde(y)</sup>	14.0±1.19 <sup>a(z)</sup>
	Bolsa	27	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	12.5±0.70 <sup>abcd(y)</sup>	10.9±1.06 <sup>de(x)</sup>
		9	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	11.2±1.77 <sup>e(x)</sup>	13.6±1.27 <sup>ab(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	11.9±1.32 <sup>cde(y)</sup>	9.90±1.51 <sup>e(x)</sup>
		9	10.2±0.47 <sup>a(x)</sup>	13.3±1.23 <sup>ab(y)</sup>	12.6±1.23 <sup>bc(y)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			4.61	11.7	14.0

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-f</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-z)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

**Análisis de color.** El tiempo y la forma de cosecha afectaron significativamente la variable luminosidad (P<0.05), seguido del empaque (P=0.008), a diferencia de la temperatura de almacenamiento (P=0.61). Se observó que a través del tiempo los valores de luminosidad no cambian significativamente al día 14. Sin embargo, los chiles a 27 °C sin bolsas reportaron una disminución en luminosidad al final del almacenamiento (Cuadro 5). La luminosidad o brillo del objeto se cuantifica por L\*, donde 0 es negro y 100 es blanco (Viñas *et al.* 2013).

La estructura y la pigmentación de los productos son las características que determinan el color y la luminosidad (Serrano-Martínez 2009). El envejecimiento y el posible deterioro

de los chiles está indicado por una superficie opaca, cáliz y pedúnculo pálidos (Fernández *et al.* 1997). Por tanto, la reducción reportada por dichos chiles pudo deberse al arrugamiento o deterioro causado por la alta temperatura o pérdida de agua durante el almacenamiento.

El 84% de los chiles reportaron luminosidad promedio de 39.9, sin diferencias significativas entre ellos. No obstante, los chiles almacenados sin bolsas a 27 °C reportaron menor luminosidad (Cuadro 5). Un estudio en pimiento verde reportó valores promedio para L\* de 40.4 a los 30 días de almacenamiento y menor luminosidad (37.5) para los pimientos almacenados sin bolsas (Hernández *et al.* 2010).

Cuadro 5. Separación de medias para el análisis de color de luminosidad (L\*).

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	42.5 ± 9.59 <sup>abc(x)</sup>	42.8 ± 11.9 <sup>ab(x)</sup>	35.5 ± 10.6 <sup>e(y)</sup>
		9	40.3 ± 6.81 <sup>abc(x)</sup>	38.6 ± 9.09 <sup>b(x)</sup>	43.0 ± 11.1 <sup>ab(x)</sup>
	Bolsa	27	42.2 ± 7.67 <sup>abc(x)</sup>	46.3 ± 6.35 <sup>a(x)</sup>	42.8 ± 8.54 <sup>abc(x)</sup>
		9	41.8 ± 5.33 <sup>abc(x)</sup>	42.1 ± 9.77 <sup>ab(x)</sup>	43.7 ± 8.23 <sup>a(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	43.5 ± 5.30 <sup>ab(x)</sup>	46.1 ± 7.27 <sup>a(x)</sup>	36.7 ± 12.3 <sup>cde(y)</sup>
		9	45.5 ± 5.92 <sup>a(x)</sup>	41.1 ± 5.92 <sup>ab(x)</sup>	41.8 ± 11.5 <sup>abcd(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	41.3 ± 5.84 <sup>abc(x)</sup>	42.1 ± 6.67 <sup>ab(x)</sup>	23.6 ± 11.18 <sup>f(y)</sup>
		9	42.2 ± 4.86 <sup>abc(x)</sup>	39.6 ± 5.90 <sup>b(x)</sup>	39.9 ± 6.43 <sup>abcde(x)</sup>
	Bolsa	27	42.4 ± 5.88 <sup>abc(x)</sup>	43.1 ± 4.47 <sup>ab(x)</sup>	40.3 ± 12.1 <sup>abcde(x)</sup>
		9	38.3 ± 3.96 <sup>bcd(x)</sup>	42.2 ± 6.80 <sup>ab(x)</sup>	38.0 ± 7.28 <sup>bcdde(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	37.1 ± 6.60 <sup>cd(x)</sup>	40.0 ± 5.31 <sup>b(x)</sup>	36.0 ± 12.5 <sup>de(x)</sup>
		9	34.3 ± 5.03 <sup>d(x)</sup>	42.0 ± 6.98 <sup>ab(y)</sup>	36.3 ± 9.93 <sup>de(xy)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			10.9	15.1	22.6

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con microperforaciones. <sup>a-f</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

El tipo de empaque, la temperatura y el tiempo de almacenamiento tuvieron mayor efecto significativo sobre el eje a\* (P < 0.01), pero no la forma de cosecha (P = 0.07). A 9 °C se observó menores valores de a\* en todos los chiles, sin importar el tipo de empaque o la forma de cosecha (Cuadro 6). A ésta temperatura los valores promedio fueron de -30.1, sin mostrar diferencias significativas entre ellos. El eje a\* va de verde (-60) a rojo (+60) (Viñas *et al.* 2013). Las tasas de producción de etileno en productos frescos se reducen al utilizar bajas temperaturas de almacenamiento (Kader 1992).

El efecto del empaque se observó en los chiles almacenados a 27 °C, donde mantuvieron su coloración verde reportando menores valores de a\*. Sin embargo, los frutos sin bolsas

presentaron valores positivos, siendo evidente su maduración. El uso de bolsas independientemente de la presencia o ausencia de micro-perforaciones permitieron un equilibrio entre las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (Plank *et al.* 2005). Al disminuir los niveles de O<sub>2</sub> y aumentar los de CO<sub>2</sub> permitieron reducir la respiración de los productos frescos (Kader 1992). En una investigación se observó que los chiles empacados en bolsas perforadas a 25 °C desarrollaron un color rojo en su totalidad al finalizar 12 días de almacenamiento sin afectar la calidad de los mismos (Meir *et al.* 1995).

Al día 14 se reportaron valores promedio de a\* de -29.7, sin diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6). Además, a 27 °C el 100% de los chiles mostraron un aumento a través del tiempo, reportando valores más positivos al final del almacenamiento. Un estudio mostró que la tendencia del parámetro del eje a\* es aumentar conforme avanza la maduración del chile, pasando de valores bajos (verde) a valores altos (rojo), por efecto de la degradación de la clorofila (Serrano-Martínez 2009).

Cuadro 6. Separación de medias para el análisis de color (a\*) para chiles.

Forma de cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	-31.8 ± 4.40 <sup>a(x)</sup>	-24.5 ± 16.9 <sup>a(y)</sup>	37.9 ± 27.3 <sup>a(z)</sup>
		9	-30.9 ± 2.84 <sup>a(x)</sup>	-28.0 ± 8.26 <sup>ab(x)</sup>	-29.1 ± 5.64 <sup>e(x)</sup>
	Bolsa	27	-31.9 ± 2.89 <sup>a(x)</sup>	-30.1 ± 7.47 <sup>ab(x)</sup>	-14.7 ± 18.6 <sup>d(y)</sup>
		9	-31.9 ± 2.86 <sup>a(x)</sup>	-30.2 ± 4.41 <sup>ab(x)</sup>	-32.1 ± 5.19 <sup>e(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	-32.6 ± 3.08 <sup>a(x)</sup>	-30.0 ± 6.72 <sup>ab(x)</sup>	-12.6 ± 25.7 <sup>b(y)</sup>
		9	-31.5 ± 4.40 <sup>a(x)</sup>	-30.3 ± 4.17 <sup>ab(x)</sup>	-31.1 ± 6.15 <sup>e(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	-31.4 ± 3.52 <sup>a(x)</sup>	-27.5 ± 4.22 <sup>ab(x)</sup>	18.8 ± 19.9 <sup>b(y)</sup>
		9	-30.9 ± 2.73 <sup>a(x)</sup>	-30.4 ± 3.62 <sup>ab(x)</sup>	-29.5 ± 4.85 <sup>e(x)</sup>
	Bolsa	27	-32.2 ± 2.83 <sup>a(x)</sup>	-31.1 ± 8.83 <sup>ab(x)</sup>	-15.6 ± 18.5 <sup>d(y)</sup>
		9	-31.5 ± 2.75 <sup>a(x)</sup>	-30.9 ± 6.85 <sup>ab(x)</sup>	-29.5 ± 6.35 <sup>e(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	-30.1 ± 3.99 <sup>a(x)</sup>	-30.0 ± 7.16 <sup>ab(x)</sup>	-0.39 ± 24.6 <sup>c(y)</sup>
		9	-29.0 ± 3.65 <sup>a(x)</sup>	-32.9 ± 3.46 <sup>b(x)</sup>	-29.2 ± 7.47 <sup>e(x)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			3.17	7.30	12.7

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-e</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-z)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

La forma de cosecha y el tiempo de almacenamiento tuvieron mayor efecto significativo en el eje b\* (P<0.01), seguido del tipo de empaque (P=0.013), a excepción de la temperatura de almacenamiento (P=0.49). El 90% de los chiles reportaron valores promedio de 35.1, sin mostrar diferencias significativas entre ellos (Cuadro 7). El halado reportó mayores valores de b\*, sin importar la temperatura ni el tipo de empaque. Estos valores son mayores a los obtenidos en una investigación, donde reportaron valores de 5.40 a 8.00 en chiles almacenados a 5 ± 1 °C (Hernández *et al.* 2010). Dicha diferencia se

puede atribuir al uso de temperaturas mayores de  $5 \pm 1$  °C, presentando colores amarillos en los chiles.

Cuadro 7. Separación de medias para el análisis de color ( $b^*$ ) para chiles.

Forma de cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	36.7 ± 5.87 <sup>abc(x)</sup>	32.1 ± 13.4 <sup>cd(x)</sup>	36.3 ± 8.97 <sup>abcd(x)</sup>
		9	35.8 ± 3.39 <sup>abc(x)</sup>	31.0 ± 6.86 <sup>d(y)</sup>	37.6 ± 6.79 <sup>abc(x)</sup>
	Bolsa	27	36.5 ± 4.84 <sup>abc(x)</sup>	38.7 ± 5.71 <sup>a(x)</sup>	39.4 ± 5.91 <sup>a(x)</sup>
		9	37.7 ± 3.08 <sup>ab(x)</sup>	34.5 ± 7.79 <sup>abcd(x)</sup>	37.9 ± 5.27 <sup>ab(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	38.3 ± 3.21 <sup>ab(x)</sup>	38.4 ± 6.13 <sup>ab(x)</sup>	33.1 ± 8.55 <sup>cde(y)</sup>
		9	39.7 ± 5.18 <sup>a(x)</sup>	35.9 ± 3.72 <sup>abc(x)</sup>	38.2 ± 7.80 <sup>ab(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	37.5 ± 4.25 <sup>ab(x)</sup>	34.1 ± 6.20 <sup>bcd(x)</sup>	19.2 ± 14.2 <sup>ff(y)</sup>
		9	36.7 ± 3.35 <sup>abc(x)</sup>	34.5 ± 3.71 <sup>abcd(x)</sup>	34.2 ± 4.52 <sup>bcde(x)</sup>
	Bolsa	27	37.5 ± 3.92 <sup>ab(x)</sup>	34.6 ± 10.3 <sup>abcd(xy)</sup>	32.9 ± 8.64 <sup>de(y)</sup>
		9	35.9 ± 3.62 <sup>abc(x)</sup>	34.1 ± 8.70 <sup>bcd(x)</sup>	32.4 ± 7.86 <sup>de(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	34.1 ± 4.44 <sup>bc(x)</sup>	36.1 ± 5.07 <sup>abc(x)</sup>	32.3 ± 10.6 <sup>de(x)</sup>
		9	32.8 ± 3.81 <sup>c(x)</sup>	37.9 ± 4.58 <sup>ab(y)</sup>	31.4 ± 7.62 <sup>e(x)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			2.22	4.54	4.79

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-f</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento ( $P < 0.05$ ).

El tipo de empaque, la temperatura y el tiempo de almacenamiento tuvieron efecto significativo sobre la variable del ángulo de matiz del color ( $P < 0.01$ ), a excepción de la forma de cosecha ( $P = 0.05$ ). Al día 14 los chiles reportaron valores promedio de  $130^\circ$ , sin mostrar diferencias significativas entre ellos. Se observó que a  $9^\circ\text{C}$  éste valor se mantuvo a través del tiempo. No obstante, a  $27^\circ\text{C}$  los valores de ángulo de matiz del color durante el almacenamiento fueron disminuyendo (Cuadro 8). Además, se observaron niveles cercanos al ángulo de color verde para bolsas, al color lima en bolsas micro-perforadas y al color naranja en frutos sin bolsas (Figura 3, Cuadro 9). Los pigmentos verdes de la clorofila se degradan y desaparecen durante el proceso de maduración, dejando al descubierto otros pigmentos presentes en el tejido o sintetizados simultáneamente como: colores amarillos, anaranjados y rojizos provenientes de carotenoides (Barreiro y Sandoval 2006).

Cuadro 8. Separación de medias para el análisis del ángulo de matiz del color (grados) para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	130 ± 1.95 <sup>a(x)</sup>	124 ± 23.1 <sup>a(x)</sup>	46.5 ± 16.7 <sup>e(y)</sup>
		9	131 ± 1.55 <sup>a(x)</sup>	131 ± 8.61 <sup>a(x)</sup>	128 ± 4.77 <sup>a(x)</sup>
	Bolsa	27	131 ± 2.41 <sup>a(x)</sup>	128 ± 7.52 <sup>a(x)</sup>	110 ± 21.2 <sup>b(y)</sup>
		9	130 ± 1.79 <sup>a(x)</sup>	132 ± 6.26 <sup>a(x)</sup>	130 ± 2.82 <sup>a(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	130 ± 2.18 <sup>a(x)</sup>	128 ± 4.85 <sup>a(x)</sup>	69.1 ± 33.6 <sup>d(y)</sup>
		9	128 ± 2.78 <sup>a(x)</sup>	130 ± 4.38 <sup>a(x)</sup>	129 ± 3.34 <sup>a(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	129 ± 1.66 <sup>a(x)</sup>	129 ± 5.02 <sup>a(x)</sup>	42.4 ± 35.1 <sup>e(y)</sup>
		9	130 ± 2.69 <sup>a(x)</sup>	131 ± 4.27 <sup>a(x)</sup>	130 ± 4.38 <sup>a(x)</sup>
	Bolsa	27	130 ± 1.82 <sup>a(x)</sup>	132 ± 2.86 <sup>a(x)</sup>	108 ± 32.3 <sup>b(y)</sup>
		9	131 ± 1.83 <sup>a(x)</sup>	133 ± 6.60 <sup>a(x)</sup>	132 ± 5.34 <sup>a(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	131 ± 2.32 <sup>a(x)</sup>	129 ± 4.89 <sup>a(x)</sup>	89.5 ± 37.5 <sup>c(y)</sup>
		9	131 ± 3.06 <sup>a(x)</sup>	131 ± 3.18 <sup>a(x)</sup>	133 ± 4.43 <sup>a(x)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			1.70	5.98	17.6

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-e</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

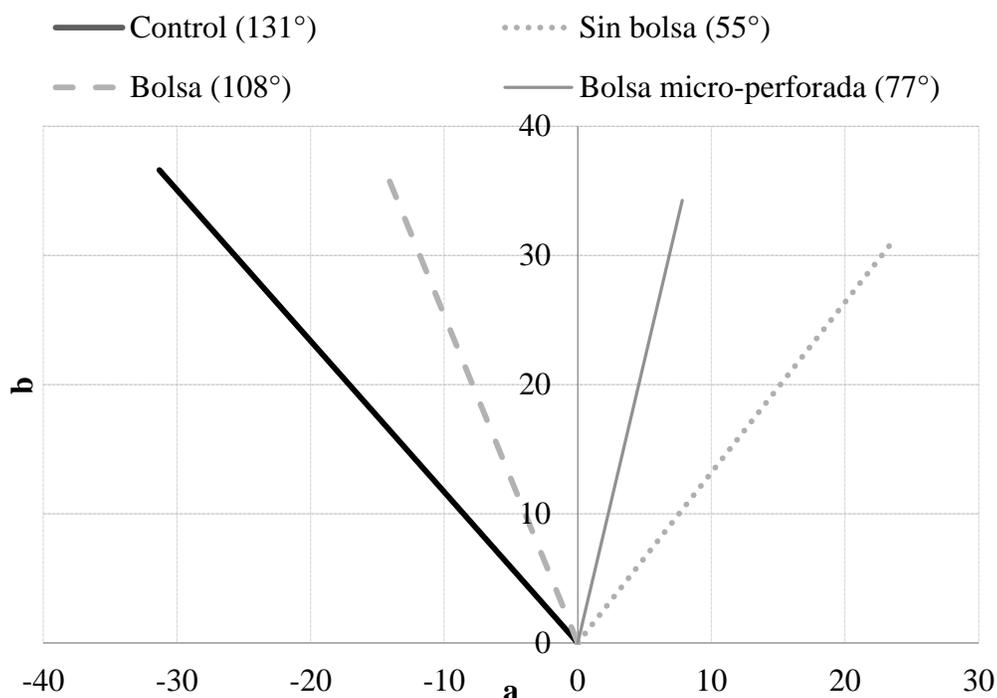


Figura 3. Análisis del cambio de coloración de chiles almacenados en tres empaques a 27 °C - 70% HR

Cuadro 9. Descripción con imágenes de los cambios de color y firmeza de chiles almacenados a dos temperaturas por 14 o 28 días.

Tiempo de almacenamiento (días)	Tipo de empaque	Sin bolsa		Bolsa		Bolsa micro-perforadas	
		°C		°C		°C	
		27	9	27	9	27	9
1							
14							
28							

**Análisis de sólidos solubles (°Brix).** El tipo de empaque, la temperatura y el tiempo de almacenamiento afectaron significativamente la variable de sólidos solubles ( $P < 0.01$ ), a excepción del tipo de cosecha ( $P = 0.62$ ). Se registraron mayores valores de °Brix para los chiles almacenados a 27 °C, siendo evidente que la alta temperatura aceleró el proceso de maduración (Cuadro 10). Sin embargo, el uso de empaques afectó la acumulación de sólidos solubles en los chiles. Se observó que en bolsa y bolsas micro-perforadas los chiles reportaron menor °Brix en comparación a los almacenados sin bolsa. Un estudio realizado con el fruto de mamoncillo demostró que a 15 o 30 °C éstos obtuvieron promedios de °Brix en mayor cantidad a diferencia de los almacenados a 4, 7 o 10 °C (Pérez *et al.* 2008).

Los chiles cosechados por la forma de cortado presentaron fluctuación en los sólidos solubles a través del tiempo, mostrando un aumento en °Brix al día 14 y una posterior disminución al final del almacenamiento (Cuadro 10). Sin embargo, los frutos en bolsas con esta misma forma de cosecha no reportaron cambios significativos a través del tiempo (Cuadro 10). Un estudio en naranjita china demostró que la disminución en el contenido de sólidos solubles se debió al alto consumo de azúcares y ácidos orgánicos causado por el proceso respiratorio (Guadarrama y Peña 2013). La velocidad de respiración determina la cantidad de sólidos solubles, a mayor velocidad de respiración menor sólidos solubles (Montalvo-González *et al.* 2009). Por tanto, los chiles almacenados sin bolsas y en bolsas

micro-perforadas cosechados por la forma de cortado presentaron mayor respiración al final del almacenamiento.

Cuadro 10. Separación de medias para el análisis de °Brix para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>£</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	7.50 ± 0.87 <sup>a(y)</sup>	7.72 ± 0.76 <sup>a(y)</sup>
		9	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	6.27 ± 0.51 <sup>b(y)</sup>	6.00 ± 1.00 <sup>b(y)</sup>
	Bolsa	27	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	5.87 ± 0.29 <sup>bc(y)</sup>	4.40 ± 1.20 <sup>g(z)</sup>
		9	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	5.76 ± 0.22 <sup>bc(y)</sup>	5.13 ± 0.53 <sup>def(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	5.98 ± 0.27 <sup>bc(y)</sup>	4.68 ± 1.06 <sup>fg(z)</sup>
		9	2.60 ± 0.00 <sup>a(x)</sup>	6.10 ± 0.77 <sup>bc(y)</sup>	5.90 ± 1.28 <sup>bc(y)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	7.02 ± 0.64 <sup>a(y)</sup>	7.75 ± 0.86 <sup>a(z)</sup>
		9	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	6.03 ± 0.41 <sup>bc(y)</sup>	5.38 ± 0.74 <sup>bcde(z)</sup>
	Bolsa	27	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	5.93 ± 0.51 <sup>bc(y)</sup>	5.08 ± 0.60 <sup>def(y)</sup>
		9	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	5.53 ± 0.26 <sup>c(y)</sup>	5.08 ± 0.54 <sup>def(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	6.08 ± 0.29 <sup>bc(y)</sup>	5.28 ± 0.72 <sup>cdef(z)</sup>
		9	2.60 ± 0.22 <sup>a(x)</sup>	6.20 ± 0.50 <sup>b(y)</sup>	4.83 ± 0.51 <sup>efg(z)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			4.32	8.37	12.7

<sup>£</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-g</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-z)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

**Análisis de pH.** Durante el almacenamiento el pH de los chiles osciló entre 5.91 y 6.57 siendo éstos valores similares a 5.80 y 6.70, datos reportados en una investigación (Hernández *et al.* 2010). Dicha diferencia puede ser por la variedad del chile. Sin embargo, el pH al igual que el °Brix no mantuvo un comportamiento constante durante el almacenamiento (Cuadro 11). Un descenso de acidez podría ser por el proceso de maduración, dado que se caracteriza por la disminución de los ácidos orgánicos y compuestos fenólicos (Barreiro y Sandoval 2006).

El tipo de cosecha fue el único factor que ejerció efecto significativo en el pH de los chiles (P<0.01). En la forma de cosecha por halado se observó valores mayores en pH, sin mostrar diferencias significativas entre ellos (Cuadro 11). Los daños mecánicos, cortaduras, golpes y magulladuras en frutos y vegetales tienden a liberar más etileno (Barreiro y Sandoval 2006). Por tanto, a pesar de ser no climatéricos tuvieron una leve producción de etileno provocando un descenso de los ácidos orgánicos.

Cuadro 11. Separación de medias para el análisis de pH para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)		
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	14 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	5.65 ± 0.42 <sup>b(y)</sup>	6.12 ± 0.60 <sup>b(xy)</sup>
		9	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	6.05 ± 0.25 <sup>ab(x)</sup>	6.23 ± 0.66 <sup>ab(x)</sup>
	Bolsa	27	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	6.30 ± 0.67 <sup>a(x)</sup>	5.97 ± 0.65 <sup>ab(x)</sup>
		9	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	5.89 ± 0.29 <sup>ab(x)</sup>	6.46 ± 0.95 <sup>a(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	5.77 ± 0.17 <sup>b(x)</sup>	6.02 ± 0.85 <sup>ab(x)</sup>
		9	6.22 ± 0.02 <sup>a(x)</sup>	5.94 ± 0.29 <sup>ab(x)</sup>	6.21 ± 0.85 <sup>ab(x)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	6.07 ± 0.27 <sup>ab(x)</sup>	6.08 ± 0.77 <sup>ab(x)</sup>
		9	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	5.91 ± 0.13 <sup>ab(x)</sup>	6.37 ± 0.06 <sup>b(x)</sup>
	Bolsa	27	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	5.79 ± 0.27 <sup>b(x)</sup>	5.79 ± 0.66 <sup>b(x)</sup>
		9	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	6.02 ± 0.41 <sup>ab(x)</sup>	6.25 ± 0.87 <sup>ab(x)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	5.76 ± 0.36 <sup>b(x)</sup>	5.76 ± 0.41 <sup>b(x)</sup>
		9	5.81 ± 0.01 <sup>a(x)</sup>	5.82 ± 0.32 <sup>ab(x)</sup>	6.39 ± 0.85 <sup>a(y)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			0.18	4.28	3.84

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-b</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

**Análisis de mesófilos aerobios.** El tiempo, tipo de empaque y temperatura de almacenamiento fueron los factores que mayor efecto tuvieron sobre el crecimiento de mesófilos aerobios (P<0.01), a excepción del tipo de cosecha que no tuvo significancia estadística (P=0.06). En el día uno no hubo diferencias significativas entre los chiles evaluados, encontrándose todos en 4.19 log UFC/g. Además, se observó que a través del tiempo mostraron un aumento de 55% aproximadamente mostrando diferencias significativas, a excepción de los chiles cosechados por la forma de cortado, almacenados a 9 °C en bolsas micro-perforadas.

Al día 28, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, reportando valores promedios de 6.6 log UFC/g. Sin embargo, el mayor conteo de mesófilos aerobios (7.5 log UFC/g) se reportó en los chiles cosechados por halado y almacenado en bolsas micro-perforadas a 27 °C. Esto pudo deberse a la alta temperatura a la que estuvieron expuestos estos frutos. La temperatura ideal de crecimiento para bacterias mesófilas aerobias es de 25 a 40 °C, a menor temperatura la velocidad de crecimiento disminuye (Aquihuatl y Pérez 2004). Los frutos deben almacenarse a temperaturas de refrigeración para reducir el crecimiento de mesófilos aerobios (Fallik s.f.).

Los chiles almacenados en bolsas micro-perforadas mostraron mayor contenido de bacterias mesófilas aerobias (Cuadro 12). Esto se debe a la influencia de la humedad relativa creada por el empaque, ya que las bolsas favorecen a la multiplicación de microorganismos debido a que eleva la humedad relativa en su interior (Martínez 2011). Sin embargo, en general al final del almacenamiento se obtuvieron valores de mesófilos

aerobios similares a los reportados en un estudio en lechugas y pimientos, donde ambos vegetales frescos reportaron conteo mayor a 7 log UFC/g (Guchi y Ashenafi 2010).

Cuadro 12. Separación de medias para el análisis de mesófilos aerobios (log UFC/g) para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>£</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)	
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	5.53 ± 1.39 <sup>c(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	6.12 ± 1.40 <sup>bc(y)</sup>
	Bolsa	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	7.24 ± 1.60 <sup>bc(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	6.20 ± 1.48 <sup>bc(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	7.51 ± 0.21 <sup>a(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	7.43 ± 0.85 <sup>bc(y)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	5.84 ± 1.60 <sup>bc(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	6.25 ± 0.82 <sup>bc(y)</sup>
	Bolsa	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	7.09 ± 1.12 <sup>b(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	5.55 ± 0.83 <sup>c(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	7.54 ± 1.30 <sup>bc(y)</sup>
		9	4.19 ± 0.26 <sup>a(x)</sup>	6.67 ± 1.24 <sup>bc(x)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			0.00	9.57

<sup>£</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-c</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

**Análisis de hongos y levaduras.** El tiempo de almacenamiento y el tipo de empaque ejercieron efecto significativo sobre el crecimiento de hongos y levaduras (P<0.01). La temperatura (P=0.07) y el tipo de cosecha (P=0.29) no tuvieron significancia estadística. En el día uno se encontró una media de 2.67 log UFC/g en chiles frescos y mostró un aumento significativo a través del tiempo (Cuadro 13). La presencia de hongos y levaduras en frutas y vegetales se da después de actividad de bacterias y de los daños mecánicos, físicos o desorden fisiológico del chile (Fallik s.f.).

Al día 28 tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos, a excepción de los chiles cosechados por la forma de halado y almacenados en bolsas micro-perforadas a 27 °C que reportaron un mayor conteo de hongos y levaduras. Esto pudo deberse a la temperatura o condición de humedad dentro del empaque. La temperatura ideal de crecimiento para hongos y levaduras es de 20 a 25 °C. Además, el alto contenido de humedad crea condiciones favorables para el crecimiento de los mismos (Camacho *et al.* 2009).

Al final del almacenamiento el conteo de hongos y levaduras promedio para chiles almacenados sin importar empaque ni temperatura fue de 4.7 log UFC/g (Cuadro 13).

Estos valores que están dentro de los valores reportados en un estudio realizado en vegetales frescos mínimamente procesados, los cuales mostraron valores de 2.0 a 8.6 para levaduras y de 2.0 a 4.6 para hongos (Tournas 2005).

Cuadro 13. Separación de medias para el análisis de hongos y levaduras (log UFC/g) para chiles.

Forma de Cosecha	Tipo de Empaque	°C <sup>‡</sup>	Tiempo de almacenamiento (días)	
			1 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>	28 ME <sup>§</sup> ± DE <sup>¶</sup>
Halado	Sin bolsa	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.29 ± 1.26 <sup>d(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	5.03 ± 0.58 <sup>cd(y)</sup>
	Bolsa	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.78 ± 0.45 <sup>cd(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.66 ± 0.46 <sup>cd(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	6.81 ± 0.04 <sup>a(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	5.08 ± 0.76 <sup>bcd(y)</sup>
Cortado	Sin bolsa	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.81 ± 0.88 <sup>cd(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.78 ± 0.63 <sup>cd(y)</sup>
	Bolsa	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	5.39 ± 1.49 <sup>bc(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.44 ± 0.38 <sup>d(y)</sup>
	BMP <sup>¥</sup>	27	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.80 ± 1.05 <sup>cd(y)</sup>
		9	2.67 ± 0.27 <sup>a(x)</sup>	4.56 ± 0.58 <sup>d(y)</sup>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			0.00	13.5

<sup>‡</sup> Temperatura de almacenamiento. <sup>§</sup> Media aritmética. <sup>¶</sup> Desviación estándar. <sup>¥</sup> Bolsa con micro-perforaciones. <sup>a-c</sup> Letras distintas en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). <sup>(x-y)</sup> Letras distintas en la fila indican diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento (P<0.05).

#### **4. CONCLUSIONES**

- Los factores que afectaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de los chiles fueron: el tiempo, el tipo de empaque y la temperatura de almacenamiento.
- El mejor manejo del chile fue con el método de cosecha por cortado, en condiciones de almacenamiento a 9 °C en bolsas de polietileno de baja densidad sin micro-perforaciones.
- Los chiles cosechados por la forma de halado, almacenados a 27 °C sin bolsa presentaron mayores pérdidas de peso durante 28 días de almacenamiento.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Optimizar los procesos de cosecha y poscosecha para reducir pérdidas de chiles durante su almacenamiento.
- Realizar estudios con empaques de diferentes permeabilidades o densidades de micro-perforaciones durante el almacenamiento de chile morrón.
- Realizar los análisis microbiológicos desde la cosecha hasta el almacenamiento.
- Análisis las propiedades nutricionales de los chiles durante y al final del almacenamiento.
- Analizar la vida útil después de la comercialización exponiendo el producto a condiciones de tiempo, temperatura y humedad relativa similares a las de las góndolas.

## 6. LITERATURA CITADA

Ardila, L. R. y A. Parra-Coronado. 1999. Evaluación de tres tipos de empaque (bolsa de polietileno) para almacenamiento de guayaba manzana (*Psidium guajava* var. Klom sali). Revista Ingeniería e Investigación 43:40-45.

Aquihuatl, M. y M. Pérez. 2004. Manual de prácticas del laboratorio de microbiología general. México, D. F. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 123 p.

Asenjo, J., L. Morales de los Ríos, R. Sainz y L. Tapia. s.f. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. Universidad Complutense. Madrid, España. 11 p.

Barés, C., C. Baron, J. C. Guarascio, O. Liverotti, J. Fernández, F. Maradei, M. Peralta y N. Tello de Meneses. 1997. Uso de envases y embalajes en la comercialización de productos frutihortícolas: mercado central de Buenos Aires, Argentina. Imprenta de la Corporación de Mercado Central de Buenos Aires. 33 p.

Barreiro, José A. y Aleida J. Sandoval. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. Editorial Equinoccio. 365 p.

Blandón-Navarro, S. 2012. Fisiología de poscosecha. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. 24 p.

Boronkay, Gabor. 2007. Colour conversión centre (en línea). Consultado el 14 de agosto de 2014. Disponible en <http://ccc.orgfree.com/>

Cáceres, I., T. Mulkay, J. Rodríguez y A. Paumier. s.f. Conservación de productos hortofrutícolas. Cuba. Imprenta del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 19 p.

Calvo, C. y L. Durán. 1997. Temas en tecnología de alimentos: Óptica y color. Ed. J.M. Aguilera. México, D. F. Instituto Politécnico Nacional. 340 p.

Camacho, A., M. Gilces, A. Ortegón, M. Palao, B. Serrano y O. Velázquez. 2009. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 2 ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. 13 p.

CAMAGRO (Cámara Agropecuaria y agroindustrial de El Salvador). 2005. Manual de manejo poscosecha de hortalizas. Manejo poscosecha del chile dulce. Editorial Picado, Gibsa. 73 p.

Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Balcarce, Argentina. 15 p.

Cantwell, M. 2013. Pimiento (Pimentón, Chile dulce): recomendaciones para mantener la calidad poscosecha (en línea). Consultado el 09 de mayo de 2014. Disponible en [http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Pimiento\\_L%C3%A9gumes/Piment%C3%B3n\\_Chile\\_dulce/](http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Pimiento_L%C3%A9gumes/Piment%C3%B3n_Chile_dulce/)

Carvajal, L. E. s.f. Manejo higiénico de los alimentos (en línea). Consultado el 11 de octubre de 2014. Disponible en [http://www.vinv.ucr.ac.cr/docs/multimedia/Manejo\\_higinico\\_de\\_los\\_alimentos.pdf](http://www.vinv.ucr.ac.cr/docs/multimedia/Manejo_higinico_de_los_alimentos.pdf)

Castellanos, M., I. Vejarano y E. Flores. 2012. Manual de cosecha y mercadeo. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 50 p.

Fallik, E. s.f. Postharvest physiology, pathology and handling of fresh commodities. Israel. ARO-The Volcani Center. 28 p.

FAO. 1993. Manual de capacitación: Prevención de pérdidas de alimento poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Roma, Italia. 183 p.

FAO. 2008. Comisión del Codex Alimentarius: Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, comité del Codex sobre frutas y hortalizas frescas. México. 29 p.

FAO 2014. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Almacenamiento de frutas y hortalizas. Santiago de Chile. 87 p.

Fernández, J., O. Liverotti y G. Sánchez. 1997. Manejo poscosecha de pimiento. Corporación del mercado central de Buenos Aires, Argentina. 27 p.

FHIA. 2011. Fundación hondureña de investigación agrícola. Programa de hortalizas. Informe técnico 2011. Honduras. 159 p.

FHIA. 2013. Fundación hondureña de investigación agrícola. Informe técnico 2012. Honduras. 140 p.

García-Ramos, F., C. Valero-Ubierna y M. Ruiz-Altisent. 2000. Un caso práctico: detección de daños en líneas de clasificación de pimientos. Horticultura, Universidad Politécnica de Madrid. p 52-58.

Gowan. 2010. Gowan semillas S.A. de C.V: categoría chiles pimientos (en línea). Consultado el 03 de junio de 2014. Disponible en <http://www.gowansemillas.com.mx/productosd.php?producto=146&idioma=3&categoria=47>

Guadarrama, A e Y. Peña. 2013. Actividad respiratoria vs. variaciones físicas y químicas en la maduración de frutos de naranjita china (*Citrus microcarpa* Bunge). Universidad Central de Venezuela, Maracay. 63 p.

Guchi, B. y M. Ashenafi. 2010. Microbial Load, prevalence and antibiograms of *Salmonella* and *Shigella* in lettuce and green peppers. Ethiopian Journal of Health Science 20:41-48.

Hardenburg, R., E. Watada y Chien Yi Wang. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Editorial IICA. U. S. Departamento de agricultura. 150 p.

Hernández, A., R. Campos y J. Pinedo. 2010. Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L. var. California) por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 91 p.

iTunes. 2014. mColorMeter (en línea). Consultado el 02 julio de 2014. Disponible en <https://itunes.apple.com/us/app/mcolormeter/id503063690>

Kader, A. 1992. Biología y tecnología de poscosecha: una revisión general. Universidad de California, Davis. Postharvest technology of horticultural crops. p 311-324.

Kader, A. 2002. Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Universidad de California, Davis. CANR publications. 580 p.

Kitinoja, L. y A. Kader. 1995. Manual de prácticas de manejo poscosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala. Trad. G. López-Gálvez. 3 ed. Universidad de California, Davis y FAO. 173 p.

Leyva, D. 2009. Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de Mora. Tesis Ing. Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca, México. 80 p.

Martínez, M. M. 2011. Factores que influyen en el crecimiento y supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Universidad de Caldas, Departamento de Ingeniería de Alimentos. Colombia. 60 p.

Meir, S., I. Rosenberger, Z. Aharon, S. Grinberg y E. Fallik. 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. Maor) by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. Postharvest Biology and Technology 5:303-309.

Montalvo-González, E., N. González-Espinoza, H. García-Galindo, B. Tovar-Gómez y M. Mata-Montes de Oca. 2009. Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile 'Poblano' en poscosecha. *Revista Chapingo, serie Horticultura* 15(2):189-197.

Norma Oficial Mexicana (NOM). 1995a. NOM-092-SSA1-1994: bienes y servicios, métodos para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México. s.e.

Norma Oficial Mexicana (NOM). 1995b. NOM-110-SSA1-1994: bienes y servicios, preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México. s.e.

Nuñez, M. C. N., A. Delgado y J. P. Emond. 2012. Quality curves for green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) stored at low and recommended relative humidity levels. *ISHS Acta Horticulturae* 945(5):71-78.

Ornelas, J., P. Zamudio, C. Torres, R. Holguín, O. Ramos, S. Ruiz, J. Guevara, G. González y V. Santana. 2012. The barrier properties and potential use of recycled-LDPE films as a packaging material to preserve the quality of Jalapeño peppers by modified atmospheres. *Scientia Horticulturae* 135:210-218.

Orellana, E., J. Escobar, A. Morales, I. Méndez, R. Cruz y M. Castellón. s.f. Guía técnica: Cultivo de chile dulce. Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. 48 p.

Orrego, Carlos E. 2001. Calor de respiración de frutas y vegetales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. p 141-148.

Pelayo, C. y D. Castillo. 2003. Técnicas de manejo poscosecha a pequeña escala: Manual para los productos Hortofrutícolas. Trad. Gloria López-Gálvez. 4 ed. Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad de California. Iztapala, México y Davis, Estados Unidos. 269 p.

Pérez, C., M. Gómez y J. Vila. 2008. Evaluación de los parámetros de calidad en frutos de mamoncillo (*Melicoccus bijuaga* L.): Características químicas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha* 9:7-15.

Radzevičius, A., R. Karklelienė, P. Viškelis, Č. Bobinas, R. Bobinaitė y S. Sakalauskienė. 2009. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality and physiological parameters at different ripening stages of Lithuanian cultivars. *Revista de agronomía de Lithuania* 7(2):712-719.

Raimondo, E. y C. Espejo. 2002. Envases para frutas y hortalizas frescas. Universidad Nacional de Cuyo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 34:1-6.

Rivera, J. M. 2008. Deterioro poscosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias. 2 ed. La Lima, Cortés, Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 4 p.

Sáenz, M. V., L. Castro-Barquero y J. González. 1991. Efecto del empaque y la temperatura de almacenamiento sobre la vida poscosecha y la calidad de los frutos de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa). *Agronomía Costarricense* 15(1/2):79-83.

Serrano-Martínez, A. 2009. Efecto de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado, sobre parámetros objetivos de calidad en pimientos. Tesis doctoral de Alimentación y Nutrición. Universidad Católica San Antonio. Murcia, España. 185 p.

Plank, Rudolf, Rafael Usón y H. Engerth. 2005. El empleo del frío en la industria de la alimentación. Alemania. Editorial Reverte. 514 p.

Tournas, V. H. 2005. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts. *International Journal of Food Microbiology* 99:71-77.

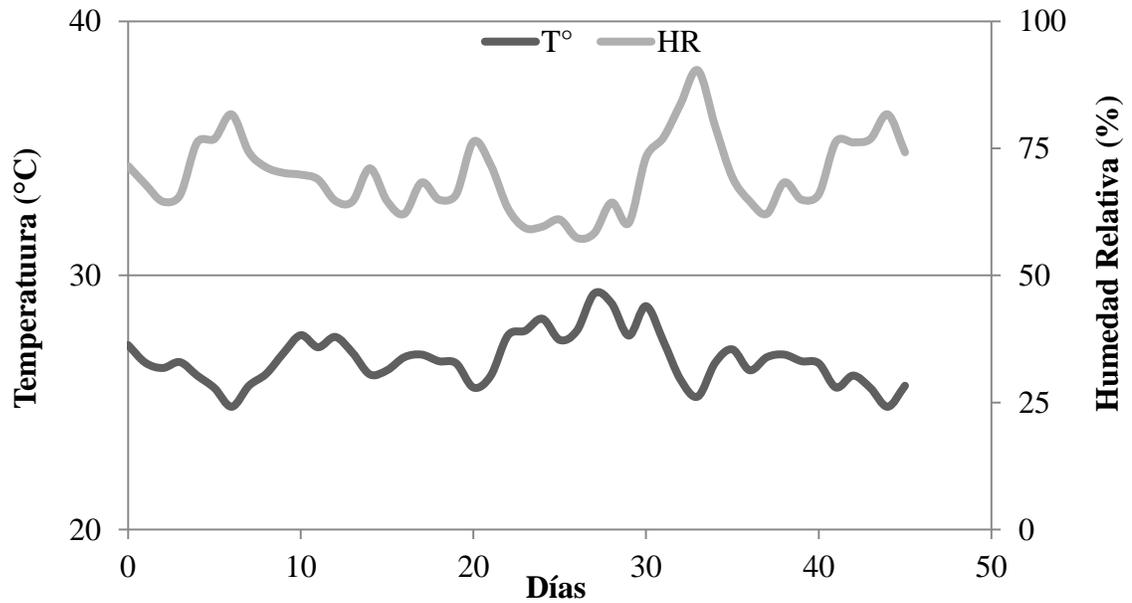
USAID. 2006. Boletín técnico de poscosecha: Manejo poscosecha de chile dulce. La Lima, Cortes, Honduras. 4 p.

Vargas, Wenceslao. 1987. Tecnología del Manejo de Post cosecha de Frutas y Hortalizas. Colombia. IICA. 239 p.

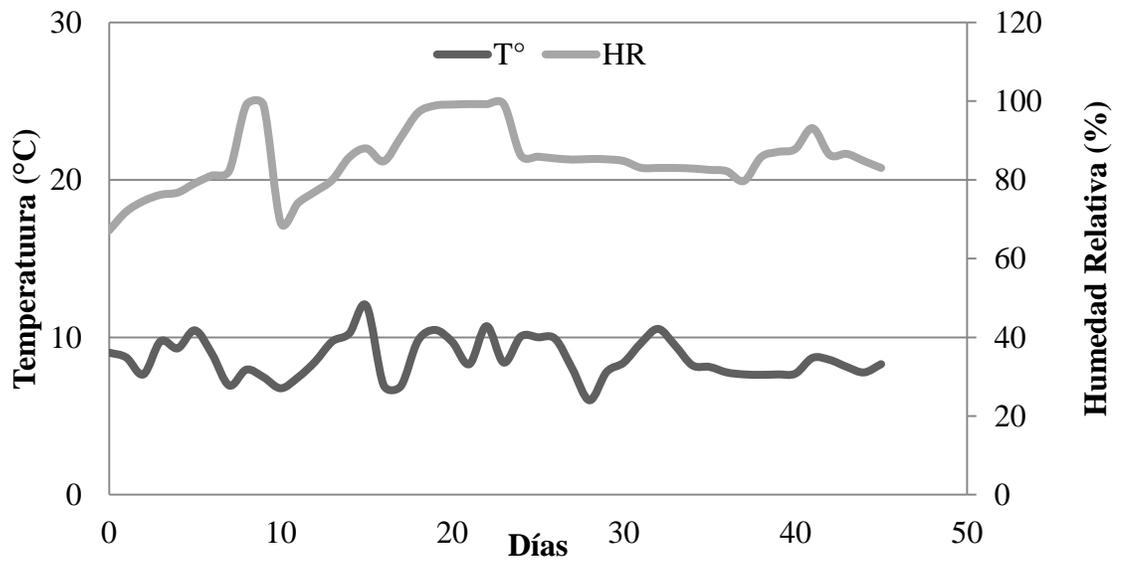
Viñas, M. I., J. Usall-Rodie, G. Echeverría-Cortada, J. Graell-Sarle, I. Lara Ayala y D. Recasens Ginjuan. 2013. Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Universidad de Lleida, España. Editorial Mundi-Prensa Libros. 335 p.

Wilson, L. G., M. D. Boyete y E. A. Estes. 1995. Postharvest handling and cooling of fresh fruits, vegetables and flowers for small farms. Departamento de ciencias de horticultura de la Universidad Estatal de Carolina del Norte. 2 p.

## 7. ANEXOS



Anexo 1. Comportamiento de temperatura y humedad relativa al ambiente



Anexo 2. Comportamiento de temperatura y humedad relativa en refrigeración.

Anexo 3. Resumen de las probabilidades de suma de cuadrado tipo III para las variables respuestas evaluadas.

Variables repuestas	Forma de cosecha	Almacenamiento		
		Tipo de empaque	Temperatura	Tiempo
Pérdida de peso	0.0046*	<.0001*	<.0001*	<.0001*
Firmeza	0.8982	0.1808	<.0001*	<.0001*
Luminosidad	<.0001*	0.0080*	0.6113	<.0001*
a*	0.0713	<.0001*	<.0001*	<.0001*
b*	<.0001*	0.0131*	0.4942	0.0034*
Ángulo de matiz	0.0503	<.0001*	<.0001*	<.0001*
°Brix	0.6177	<.0001*	0.0001*	<.0001*
pH	0.0012*	0.7299	0.0792	0.1868
Mesófilos aerobios	0.0590	<.0001*	0.0029*	<.0001*
Hongos y levaduras	0.1630	0.1937	0.0909	<.0001*

\* Significativamente diferentes, (P<0.05)

Anexo 4. Resumen de las probabilidades de suma de cuadrado tipo III para las interacciones de las variables respuestas evaluadas (forma de cosecha × tipo de empaque × temperatura × tiempo de almacenamiento).

Variables repuestas	Pr >F
Pérdida de peso	<.0001*
Firmeza	<.0001*
Luminosidad	<.0001*
a*	<.0001*
b*	<.0001*
Ángulo de matiz	<.0001*
°Brix	<.0001*
pH	0.4627
Mesófilos aerobios	0.1232
Hongos y levaduras	0.0402*

\* Significativamente diferentes, (P<0.05)