

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Tesina:**

**“Evaluación de tratamientos térmicos en el proceso de maduración de aguacate (*Persea americana*)”**

**POR:**

**ALEMÁN DE DOMÍNGUEZ, KARINA YESENIA**

**REQUISITO PARTA OPTAR AL TÍTULO DE:**  
**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2025**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA**

**SECRETARIO GENERAL**

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

**MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO**

**SECRETARIO**

**M.Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**M.Sc HUMBERTO RUÍZ MEJÍA**

**COORDINADOR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN**

**M. Sc. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ**

**DOCENTE DIRECTOR**

**ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE**

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ**

## Resumen

Por medio de la presente tesina se evaluó el efecto del tratamiento térmico en aguacate Hass, buscando prolongar su vida útil sin comprometer sus atributos sensoriales. El proceso consistió en la inmersión en agua a temperaturas: 40°C, 50°C y 60°C durante 10 minutos, así mismo, se mantuvo un tratamiento control a temperatura ambiente. El estado de madurez de los aguacates estudiados es en madures fisiológica y con tres días de cortados. La evaluación fue realizada tomando en cuenta parámetros fisicoquímicos como peso, producción de CO<sub>2</sub>, pH, °Brix, acidez titulable, textura y color, además de una prueba sensorial al día seis después de iniciado el trabajo. Los aguacates tratados térmicamente se almacenaron en condiciones de temperatura ambiente.

Los resultados evidencian que los tratamientos térmicos moderados (40°C) permiten conservar mejor la calidad del fruto, mostrando menor pérdida de peso, buena firmeza y adecuada aceptación sensorial. En contraste, temperaturas más elevadas (50°C y 60°C) generaron mayores pérdidas de peso y alteraciones sensoriales. Se concluye que el tratamiento T2 (40°C) durante 10 minutos es eficaz para conservar la calidad del aguacate Hass hasta el día 6 y representa una alternativa técnica viable para su conservación poscosecha.

Palabras clave: aguacate Hass, tratamiento térmico, maduración, calidad sensorial, poscosecha.

## Índice

Resumen .....	i
Índice .....	ii
1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos .....	2
3. Marco teórico.....	3
3.1 Generalidades del cultivo .....	3
3.1.1 Aspectos botánicos del aguacate .....	3
3.1.2 Calidad del aguacate.....	4
3.1.3 Valor nutricional del aguacate.....	4
3.1.4 Variedad de interés .....	5
3.2 Manejo poscosecha .....	6
3.2.1 Aspectos a evaluar en la calidad del aguacate .....	6
3.3 Tratamientos térmicos.....	6
3.3.1 Antecedentes .....	6
3.3.2 Descripción.....	6
3.3.3 Importancia .....	7
3.3.4 Inducción de Termotolerancia .....	7
3.4 Efectos de los tratamientos térmicos .....	8
3.4.1 Tratamiento con vapor saturado .....	8
3.4.2 Tratamiento con agua caliente .....	8
3.5 Aplicación de pretratamientos en productos hortofrutícolas.....	9
3.5.2 Efectos de los tratamientos térmicos en la calidad del aguacate .....	11
3.5.3 Desafíos y consideraciones en los tratamientos térmicos .....	12
4 Metodología .....	13
4.1 Metodología de campo.....	13
4.2 Metodología de laboratorio.....	13

4.3 Metodología estadística.....	15
5 Análisis de resultados.....	17
5.1 Peso.....	17
5.2 Producción de CO <sub>2</sub> .....	18
5.3 Color externo (exocarpo) .....	19
5.3.1 Componente L* .....	19
5.3.2 Componente a* .....	20
5.3.3 Componente b* .....	21
5.4 Color interno (mesocarpo).....	23
5.4.1 Componente L* .....	23
5.4.2 Componente a* .....	24
5.4.3 Componente b* .....	25
5.5 Textura .....	26
5.5.1 Textura con cáscara.....	26
5.5.2 Textura sin cáscara .....	31
5.6 pH.....	35
5.7 °Brix.....	36
5.8 Acidez titulable .....	37
5.9 Sondeo sensorial.....	38
6 Conclusiones.....	40
7 Recomendaciones .....	41
8 Bibliografía .....	1
Anexos .....	4
A – 1 Aplicación de punzón 3/16 del texturómetro en corteza de aguacates .....	4
A – 2 Hoja de evaluación del sondeo sensorial .....	4
A – 3 Presentación interna de aguacate del Tratamiento 4 en el día seis .....	5
A – 4 Aguacates del Tratamiento 1 el día cuatro.....	5
A – 5 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 2 en el día seis .....	5
A – 6 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 3 día seis.....	5
A – 7 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 4 en el día seis .....	5

A – 8 Presentación de pulpa de aguacates tratados térmicamente con su respectivo código para el ejercicio del sondeo sensorial.....	6
---	---

### Índice de cuadros

Cuadro 1. Características de aguacate Hass.....	5
Cuadro 2. Tratamientos aplicados.....	13
Cuadro 3. Parámetros y equipos utilizados.....	14
Cuadro 4. Escala de valoración en el sondeo sensorial.....	15
Cuadro 5. Peso promedio de los aguacates .....	17
Cuadro 6. Datos de pérdida de peso en porcentaje.....	18
Cuadro 7. Datos de producción de CO <sub>2</sub> en aguacates.....	19
Cuadro 8. Datos de luminosidad (L*) del exocarpo .....	20
Cuadro 9. Datos de componente cromático a* del exocarpo.....	21
Cuadro 10. Datos del componente b* del exocarpo.....	22
Cuadro 11. Datos del componente L* del mesocarpo .....	23
Cuadro 12. Datos del componente a* del mesocarpo .....	24
Cuadro 13. Datos del componente b* del mesocarpo.....	25
Cuadro 14. Datos de PL con cáscara.....	27
Cuadro 15. Datos de D con cáscara .....	28
Cuadro 16. Datos de W con cáscara .....	29
Cuadro 17. Datos de FL con cáscara .....	30
Cuadro 18. Datos de PL sin cáscara .....	31
Cuadro 19. Datos de D sin cáscara .....	32
Cuadro 20. Datos de W sin cáscara .....	33
Cuadro 21. Datos de FL sin cáscara .....	34
Cuadro 22. Datos de pH de tratamientos.....	36
Cuadro 23. Datos de °Brix de tratamientos.....	36
Cuadro 24. Datos de acidez titulable.....	37
Cuadro 25. Datos del sondeo sensorial .....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Composición del aguacate.....	3
Figura 2. Espacio de color Cielab .....	14
Figura 3. Gráfico de L* del exocarpo .....	20
Figura 4. Gráfico de componente a* del exocarpo .....	21
Figura 5. Gráfico de componente b* del exocarpo .....	22
Figura 6. Gráfico de L* del mesocarpo .....	24
Figura 7. Gráfico de componente a* del mesocarpo .....	25
Figura 8. Datos del componente b* del mesocarpo .....	26
Figura 9. Gráfico de PL con cáscara .....	27
Figura 10. Gráfico de D con cáscara .....	28
Figura 11. Gráfico de W con cáscara .....	29
Figura 12. Gráfico de FL con cáscara .....	30
Figura 13. Gráfico de PL sin cáscara .....	32
Figura 14. Gráfico de D sin cáscara.....	32
Figura 15. Gráfico de W sin cáscara.....	33
Figura 16. Gráfico de FL sin cáscara.....	35
Figura 17. Gráfico de pH.....	36
Figura 18. Gráfico de °Brix.....	37
Figura 19. Gráfico de radar de los resultados del sondeo sensorial .....	38
Figura 20. Análisis de conglomerados con el método Average linkage y Euclidea .....	39



## 1. Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto de alto valor nutricional y comercial, ampliamente consumido por su textura cremosa y su riqueza en aceites naturales (Kader 1997). Sin embargo, su naturaleza climatérica lo hace particularmente sensible al etileno, lo que acelera su maduración y reduce significativamente su vida útil (Yahia 2006). Esta situación plantea un desafío tanto para productores como para comercializadores, quienes enfrentan pérdidas por deterioro durante el almacenamiento y la distribución. En este contexto, los tratamientos térmicos emergen como una alternativa viable y sostenible para prolongar la vida del fruto, reducir el uso de químicos como el bromuro de metilo y mantener la calidad sensorial del producto (Astudillo-Ordóñez & Rodríguez 2018). Esta investigación se centra en evaluar los efectos de diferentes tratamientos térmicos sobre aguacates de la variedad Hass, con el objetivo de identificar las condiciones óptimas para su conservación y aceptación sensorial de los consumidores.

## 2. Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el efecto de los tratamientos térmicos en el proceso de maduración del aguacate Hass (*Persea americana*).

### Objetivos específicos

- Determinar los efectos en los atributos fisicoquímicos de los aguacates al aplicar tratamientos térmicos a temperatura de 40, 50 y 60 °C por 10 minutos.
- Desarrollar una evaluación sensorial descriptiva de los aguacates tratados térmicamente.
- Identificar los efectos que tiene el uso de los diferentes tratamientos empleados para la conservación de aguacates sobre la calidad sensorial.

### 3. Marco teórico

#### 3.1 Generalidades del cultivo

##### 3.1.1 Aspectos botánicos del aguacate

Según Rodríguez Cedillos (2003), el árbol típico por lo general es alto, a veces erecto, es un cultivo perenne, de 6 – 20 metros de altura, el tronco generalmente torcido y de ramas, con corteza áspera, y a veces surcado longitudinalmente, la corona es ovoide-globosa, irregular y densamente foliada.

El fruto es una drupa globosa, generalmente periforme, ovoide o globoso de color verde amarillento hasta marrón y púrpura de tejido esclerificado en la semilla y su pericarpo está compuesto por endocarpo, exocarpo y mesocarpo (Yahia 2006) (Figura 1).

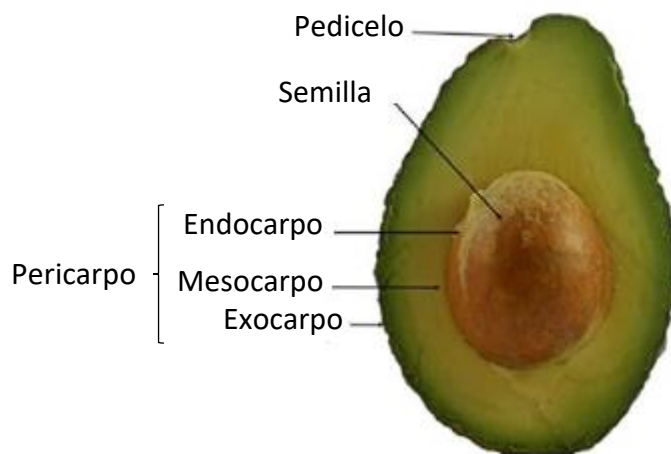


Figura 1. Composición del aguacate

La piel puede ser notablemente rugosa, gruesa y quebradiza, delgada o gruesa. La pulpa es de color amarillo claro verdoso de consistencia amantequillada, rica en aceite (25 – 28%).

El aguacate es un fruto climatérico que puede ser cortado y seguir su proceso de maduración. La madurez fisiológica es el estado de desarrollo en el que el fruto puede continuar con su ontogenia una vez separada de la planta. La madurez comercial es el estado de desarrollo donde el fruto posee las características sensoriales adecuadas para su consumo.

En cambio, la maduración se refiere a la composición de los procesos que ocurren en el último estado de crecimiento y desarrollo, a través del inicio del estado de la senescencia y que resulta

en cambios en composición, color, textura u otros atributos sensoriales, químicos o físicos (Kader, 1997). Se sabe que el etileno tiene un papel importante en su maduración y controla los cambios durante el crecimiento hasta su senescencia.

### **3.1.2 Calidad del aguacate**

Según Hass Avocado Board (s.f.), la calidad del aguacate se puede evaluar mediante una serie de aspectos que incluyen:

- **Madurez:** El aguacate debe estar en su punto óptimo de madurez. Un aguacate maduro debe ser firme, pero ceder ligeramente a la presión cuando se aprieta suavemente.
- **Tamaño y forma:** Los aguacates de buena calidad tienen una forma redondeada y simétrica, sin abolladuras ni deformaciones.
- **Piel:** debe ser lisa y sin manchas, raspones o cortes. Los aguacates con manchas oscuras pueden indicar que están sobre maduros o dañados.
- **Color:** el color de la piel puede variar según la variedad, pero generalmente los aguacates de calidad tienen una piel verde oscuro uniforme.
- **Textura:** La pulpa del aguacate debe ser cremosa y suave, sin fibras ni grumos.
- **Sabor:** El sabor del aguacate debe ser suave, mantecoso y ligeramente dulce.
- **Frescura:** Un aguacate de buena calidad debe estar fresco y tener un aroma fresco y agradable.
- **Libre de defectos:** Los aguacates de calidad no deben tener ninguna clase de defectos como manchas, daños, hendiduras, deformidades.

### **3.1.3 Valor nutricional del aguacate**

El fruto de aguacate es considerado como alimento 'funcional', ya que previene el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. Contiene todos los aminoácidos esenciales y en mayor cantidad que otros frutos (1-3% de contenido proteico), así como una mezcla de fibra soluble (2.1%) e insoluble (2.7%) ideal para las dietas (Cowan y Wolstenholme, 2016). La pulpa contiene entre 70% y 78% de agua y de 9-15% de aceite al momento de la cosecha y en madurez de consumo entre 77% y 67% de agua y de 10-19% de aceite (Herrera-González *et al.*,

2013) y por cada gramo de agua perdida aumenta el contenido de aceite en 1 g (Cowan y Wolstenholme, 2016). La pulpa de aguacate también es rica en ácidos grasos y se componen de: lípidos neutros (tri, di y mono-acil-gliceroles), fosfolípidos y glicolípidos y ácidos grasos libres; también, es rico en ácidos grasos mono y poliinsaturados (oleico-C18:1, linoleico-C18:2 y palmitoleico-C16:1) y no contienen colesterol (Herrera-González et al., 2020).

### 3.1.4 Variedad de interés

Cerdas Araya et al. (2006) explican que la variedad Hass, es actualmente, la preferida en el mercado internacional, otras variedades importantes son la Fuerte y la Bacon, pero estas se comercializan solamente para cubrir períodos del año en que no está disponible el aguacate Hass.

El aguacate Hass es originario de la raza guatemalteca; sus principales características se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de aguacate Hass

<b>Característica</b>	<b>Guatemalteca</b>
Clima	Subtropical
Altitud sobre el nivel del mar	1000 – 2000 m
Resistencia al frío	Intermedia
Hoja	Tamaño: intermedio Color: verde oscuro
Maduración	Tardía
De flor a fruto	10 a 16 meses
Tamaño de la fruta	De pequeña a grande
Forma de la fruta	Mayormente redondeada
Color de la cáscara	Negra o verde
Superficie de la cáscara	Rugosa
Grosor de la cáscara	Delgada
Sabor de la pulpa	A menudo rica
Contenido de aceite	Mediano (20%)
Fibras distinguibles	Poco común

Fuente: Baiza 2003

## **3.2 Manejo poscosecha**

### **3.2.1 Aspectos a evaluar en la calidad del aguacate**

La calidad del aguacate tiene una estrecha relación con sus características sensoriales. Es tanta su importancia que el sabor es un el criterio de clasificación de calidad entre las diferentes variedades de *Persea americana*. En ese sentido el sabor del aguacate Hass es considerado como uno de los mejores.

El fruto presenta una gran variedad de tamaño, peso y composición química, que dependen en gran parte de las condiciones climáticas y prácticas de manejo en el campo.

Los desórdenes fisiológicos más frecuentes en la pulpa del aguacate son el oscurecimiento de haces vasculares, la pulpa gris y la mancha negra de la pulpa. La aparición de estas fisiopatías se incrementa cuando los frutos son almacenados en refrigeración usualmente 5.5°C por más de dos o tres semanas.

Otros factores que afectan el almacenamiento y transporte del aguacate como es la antracnosis, Rhizopus, Alternaria, oscurecimiento, ablandamiento, daño por frío, por mencionar algunos.

## **3.3 Tratamientos térmicos**

### **3.3.1 Antecedentes**

Los tratamientos térmicos (TT) surgieron como posibles alternativas no químicas de desinfección contra insectos de la fruta. Aunque el objetivo inicial fue reducir la población de insectos en las frutas y hortalizas, por accidente se observó que los tratamientos térmicos poscosecha podían conferir protección al aguacate y otros vegetales durante su almacenamiento en frío y su posterior maduración a temperatura ambiente.

### **3.3.2 Descripción**

Algunos de los tratamientos térmicos que se han aplicado al aguacate son: aire caliente, vapor caliente, agua caliente, exposición a luz solar y radiofrecuencia; a pesar de que cada uno tiene su característica particular, se ha observado que otros factores, como la variedad, el grado de

maduración del fruto y la estación del año en que se realiza la cosecha, pueden limitar la eficacia de los mismos (Kritzinger y Kruger, 1997).

### **3.3.3 Importancia**

IICA y CETEPRO (2010) destacan que el manejo de la temperatura es la herramienta más eficaz para mantener la calidad y la inocuidad, así como para prolongar la vida poscosecha de los productos hortícolas frescos. El manejo de la humedad relativa, junto con la temperatura, es esencial para reducir la pérdida de agua. Los procedimientos tecnológicos se utilizan comercialmente como complemento al manejo de la temperatura y la humedad relativa, de forma específica, los tratamientos térmicos (agua caliente, aire caliente, vapor caliente) son de mucho interés.

La susceptibilidad del aguacate a las bajas temperaturas promueve que la refrigeración sea un proceso con limitaciones en cuanto a su uso por períodos prolongados. Un tratamiento que permite reducir el daño por bajas temperaturas es exponiendo el fruto a temperaturas elevadas antes de almacenarlo en refrigeración. Los tratamientos térmicos pueden ser aplicados a frutas y vegetales en diversas formas: exposición en agua caliente, vapor saturado, aire seco, radiación infrarroja y radiación de microondas.

Todos son sugeridos y usados experimentalmente, pero comercialmente son de mayor uso el vapor saturado y el agua caliente.

### **3.3.4 Inducción de Termotolerancia**

La gran mayoría de los organismos responden ante el estímulo de temperaturas elevadas, con la Síntesis de Proteínas de Choque Térmico (HSP) que, ayudan a inducir termotolerancia (Vierling, 1991). El aguacate posee genes responsables de la síntesis de la HSP; cuando la temperatura se eleva en los frutos, el RNAm de los genes de la maduración desaparece y aumenta la concentración de RNAm para la síntesis de las HSP (Lurie, 1998). Woolf y Lay-Yee. (1997) reportan que temperatura de 38 °C puede inducir la producción de genes de las PST (HSP17 y HSP70) en la piel del aguacate e incrementar la termotolerancia, e incluso este puede

servir como un pretratamiento para aumentar la termotolerancia a temperaturas de hasta 50 °C.

Al parecer la termotolerancia es una respuesta de protección orgánica como una manera de adaptación a temperaturas elevadas. Sin embargo, se ha observado que temperaturas superiores a 42 °C pueden atenuar la síntesis de HSP, dejando desprotegido al fruto y predispuesto a los daños por calor. Aunque se conocen algunos aspectos de la termotolerancia, el mecanismo completo todavía no es dilucidado (Ferguson et al., 1994). La aplicación de calor a frutos (37 a 38 °C) por algunos días (2 a 4 días) y posteriormente almacenados a temperaturas frías (0 a 2 °C), se observa que pueden reducir la fuga de electrolitos y disminuir los Daños por Frío (DF).

Esto es atribuido a un acondicionamiento térmico, inducido por cambios en la composición de lípidos de la membrana, produciendo un aumento en los fosfolípidos y de ácidos grasos insaturados, haciendo más fluida la membrana celular (Lurie, 1998).

### **3.4 Efectos de los tratamientos térmicos**

#### **3.4.1 Tratamiento con vapor saturado**

El vapor saturado puede ser utilizado en procesos de pasteurización o desinfección para prolongar la vida útil de los productos, en la conservación de frutas y verduras, se puede utilizar vapor saturado para reducir la humedad, lo que disminuye la proliferación de hongos y bacterias. Para ello, suele ser necesario un nivel de temperatura de entre 100°C y 250°C. El vapor saturado o ligeramente sobrecalentado es un medio de transferencia de calor óptimo que ofrece muchas ventajas, por ejemplo; alta densidad energética, excelente transferencia de calor durante la condensación, adecuado para el calentamiento directo e indirecto, buena controlabilidad, el agua o vapor no es tóxico.

#### **3.4.2 Tratamiento con agua caliente**

Los tratamientos con agua caliente abordan una variedad de desafíos poscosecha, desde el control de insectos hasta la prevención del desarrollo de hongos y trastornos del almacenamiento, como los DF.



Estos tratamientos implican diversas condiciones de tiempo y temperatura, que van desde una exposición prolongada a temperaturas de entre 35 y 39 °C en aire caliente hasta breves períodos a temperaturas de hasta 63 °C en agua caliente.

### **3.5 Aplicación de pretratamientos en productos hortofrutícolas**

Según Rosas Flores et al. (2016), la máxima producción de etileno disminuye conforme se incrementa la temperatura, con una disminución significativa entre los 25 y 30°C y producciones trazas a 35°C; mientras que a 40°C no se detecta. La calidad de la fruta es excelente a 20, 25, y 30°C, deficiente a 35°C y anormal e inaceptable a 40°C. La aplicación de dichos tratamientos también brinda termotolerancia a frutos, como aguacate 'Hass', para ser expuestos a temperaturas mayores a las anteriormente aplicadas o crear tolerancia a temperaturas bajas. En todas estas respuestas se ven involucradas las proteínas de choque térmico o HSP.

Según el documento de Academia.edu (sf), la respuesta del choque térmico es una reacción conservada de las células y organismos a temperaturas elevadas, provocando protección contra daños más severos, restablecimiento de las actividades fisiológicas de la célula y un aumento en los niveles de termotolerancia. La respuesta al choque térmico se encuentra ligada a otros tipos de estrés, ya que produce protección contra deshidratación, DF, por congelamiento, por metales pesados y estrés oxidativo. Los tratamientos térmicos están teniendo atención especial como medios de reducción de DF en algunos frutos.

Tratamientos con aire o agua caliente han reducido el DF en mango, naranja y jitomate. McDonald et al (1999), concluyen que los frutos tratados no sufren DF, mientras que los no tratados sufren DF en el 63% del lote. Woolf et al (1991) concluyen que los tratamientos a base de aire caliente confieren una protección significativa contra los daños provocados por las bajas temperaturas en el aguacate 'Hass'. En un experimento similar a base de hidrotermia (38°C) en frutos de aguacate 'Hass' tratado por hasta 120 min y posteriormente almacenados a 0.5°C por 28 días y madurados a 20°C, se concluyó que el tratamiento óptimo es de 60 min, resultando en una mejor calidad con respecto a los otros tratamientos y disminuyendo el DF.

Otro estudio reveló que la temperatura óptima de expresión de HSP por un tratamiento térmico era de 38°C por períodos de al menos 120 minutos, aunque para lograr los efectos de retraso en la maduración y reducción de DF son necesarios entre 6 y 12 horas, mientras que la expresión de las HSP en forma natural por la incidencia de la luz solar fue demostrada cuando el fruto tiene al menos 4 horas con temperaturas internas mínimas de 37°C, Paull y Chen (2000), reportaron que el aguacate sometido a 49°C por 70 min disminuye la respiración en el climaterio. Trejo et al (2015), reportan que un tratamiento con agua a 35 y 45°C, reduce la Polifenol Oxidasa (PPO) que es la responsable del pardeamiento enzimático, además de que los tratamientos por debajo de 50°C no afectan la calidad del fruto y que tratamientos superiores a 50°C causan un notable oscurecimiento en el exocarpio del fruto, debido a una degradación en clorofilas y antocianinas. Sharon-Raber y Khan (2015), no encontraron relación alguna entre la actividad de la enzima PPO, el contenido de carotenoides y el oscurecimiento en el mesocarpio.

Woolfy Lay-Yee (1997) aplicaron pretratamientos térmicos a frutos de la variedad 'Hass' con agua caliente a 38°C por hasta 120 min y después a 50°C por hasta 10 min, almacenaron los frutos por 1 semana a 6°C y se maduraron a 20°C. Se evaluó el oscurecimiento externo una vez que el fruto se retiró del almacenamiento en frío y la calidad del mismo fue evaluada hasta que llegó a su maduración. El pretratamiento a 38°C reduce los niveles de oscurecimiento externo y endurecimiento y disminuye los desórdenes fisiológicos internos como la pudrición en el extremo terminal del pedúnculo y pudrición del tejido, síntomas asociados con los tratamientos térmicos prolongados; siendo el de 60 min el más útil para disminuir el oscurecimiento y el endurecimiento externo.

Frutos de aguacates 'Hass' fueron calentados en aire a 25 a 46°C en periodos de 0.5 y hasta 24 horas y almacenados posteriormente a temperaturas entre 0, 2 y 6°C, después de los tratamientos, se maduraron a 20°C. Los mejores resultados para reducir el daño por frío y extender la vida de anaquel almacenando a 2°C fue lograda por los tratamientos a 38°C por 3, 6 y 10 horas, así como el aplicado a 40°C por 0.5 horas.

Donkin y Wolstenholme (1995), aplicaron tratamientos con calor seco, vapor y agua sobre variedad 'Fuerte' con la finalidad de encontrar la relación tiempo-temperatura la cual

podiera brindar la mayor resistencia al Daño por Frío. El tratamiento con aire caliente seco se utilizó manteniendo entre 36 y 38°C por 48 horas, los que causaron oscurecimiento en exocarpio, pero aumentaron el tiempo de maduración hasta después de 28 días de almacenamiento a 6.5, 5.5 y 3.5°C. Los tratamientos con agua caliente causaron oscurecimiento en el exocarpio en forma severa aún y antes del almacenamiento en frío e inhibieron la maduración después del almacenamiento. El tratamiento a base de vapor por 1.5 o 3 horas a 40°C redujo en forma externa el oscurecimiento del mesocarpio comparado con el control, sin reducir el tiempo de maduración después del almacenamiento.

Nishijima et al (1995), optimizaron el tiempo de tratamiento térmico para la desinfestación de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en aguacate variedad 'Sharwill' además de reducir los daños por frío al almacenar a 2.2°C. Los mejores tratamientos fueron a 37 o 38°C por un tiempo entre 8 y 12 horas (óptimo 10 horas), enfriando por 4 horas a 23°C antes de ser almacenados a 2.2°C.

Yahia (2006) concluye que frutos expuestos a 50°C por 4 horas fueron severamente dañados por el tratamiento térmico y durante su almacenamiento presentaron olor fermentativo, necrosis interna e incapacidad para madurar, mientras que los expuestos a 42°C por 4 horas presentaron mejor maduración y daño de menor severidad y aún los tratados a 38°C por 8 horas presentaban un daño muy ligero.

### **3.5.2 Efectos de los tratamientos térmicos en la calidad del aguacate**

Los tratamientos térmicos, si bien son eficaces para ralentizar la maduración, pueden tener efectos secundarios en la calidad organoléptica del aguacate. Estos efectos incluyen alteraciones en la textura, color, sabor y aroma. Sin embargo, estudios han demostrado que los tratamientos térmicos bien controlados, como el escaldado y el enfriamiento rápido, pueden reducir la pérdida de firmeza y mantener las características organolépticas del aguacate por más tiempo. Estas características son:

- **Textura:** El tratamiento térmico puede mantener la firmeza del aguacate durante más tiempo, lo que es esencial para su comercialización, especialmente en mercados donde se consume fresco.
- **Color:** El tratamiento térmico ayuda a prevenir el pardeamiento enzimático que puede hacer que la fruta pierda su color verde vibrante, lo cual es un atributo importante para los consumidores.
- **Sabor y aroma:** La aplicación de calor puede modificar la volatilidad de los compuestos responsables del aroma y sabor, pero con un control adecuado, estos cambios pueden ser mínimos, manteniendo la aceptación del consumidor.

En el caso del aguacate, el principal proceso que afecta su vida útil es la maduración, que implica una serie de cambios metabólicos que afectan la textura, el sabor, el color y la integridad de la fruta. Durante la maduración, se produce la descomposición de almidones a azúcares, la degradación de pectinas que afectan la textura y la liberación de etileno, una hormona que acelera estos procesos. Los tratamientos térmicos aplicados al aguacate pueden intervenir en estos procesos.

### 3.5.3 Desafíos y consideraciones en los tratamientos térmicos

Aunque los tratamientos térmicos ofrecen beneficios significativos para prolongar la vida de anaquel del aguacate, es importante tener en cuenta varios factores antes de su implementación a gran escala. Estos factores incluyen:

- **Tiempo y temperatura adecuados:** la temperatura y el tiempo deben ser cuidadosamente controlados para evitar efectos adversos en la textura y sabor.
- **Costos:** La implementación de estos tratamientos requiere inversiones en infraestructura y tecnología, lo que podría aumentar los costos de producción y transporte de los aguacates.
- **Preferencias del consumidor:** La calidad sensorial es fundamental para la aceptación del aguacate en los mercados internacionales. Las alteraciones en la textura o el sabor pueden afectar negativamente la percepción del consumidor.

## 4 Metodología

### 4.1 Metodología de campo

Los aguacates utilizados fueron producidos en la Finca Selva Negra ubicada en Las Pilas Chalatenango.

Los productores cortan sus aguacates dos veces por semana, haciendo uso de Buenas Prácticas de Higiene y Transporte. Los aguacates cortados son transportados en jabas y posteriormente trasladados a las zonas de distribución. Una de ellas está ubicada sobre la 7ª calle poniente colonia Escalón, San Salvador y es ahí donde se retiraron los aguacates tratados. Por aspectos logísticos el montaje se realizó tres días después de la cosecha.

### 4.2 Metodología de laboratorio

El montaje del proyecto se realizó en el cubículo de Agroindustria de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador del sábado 7 de diciembre al viernes 13 de diciembre de 2024, con 37 unidades experimentales, es decir 37 aguacates de variedad Hass, se aplicaron cuatro tratamientos, por cada tratamiento se tomaron 9 aguacates, tal como se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos aplicados

Tratamiento	Temperatura
Tratamiento 1 (T1)	Temperatura ambiente
Tratamiento 2 (T2)	40 °C
Tratamiento 3 (T3)	50 °C
Tratamiento 4 (T4)	60 °C

El tratamiento aplicado consiste en someter los aguacates a estrés térmico, sumergiendo los aguacates en agua a las temperaturas descritas en el cuadro 2 durante diez minutos. Se colocó una olla en una cocina eléctrica, de manera que, habiendo alcanzado la temperatura objetivo se introdujeron los aguacates. Con la llama constante, buscando que la temperatura fuese la descrita se mantuvo el termómetro dentro de la olla, colocando agua fría.

El día del montaje (día cero), con el objetivo de conocer el comportamiento fisicoquímico de los aguacates se tomaron datos a un aguacate sin tratar térmicamente (T1). Los parámetros tomados durante todo el proceso son: peso, producción de CO<sub>2</sub>, color externo (exocarpio), color interno (mesocarpio), textura, ph, °Brix y acidez titulable.

Los parámetros fueron tomados con equipo especializado, diseñado para tal fin (cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros y equipos utilizados

Parámetro	Equipo	Descripción
Peso	Báscula digital semianalítica	
Producción de CO <sub>2</sub>	Oxímetro	Dansensor CheckPoint 4 de Ametek Mocon
Color externo Color interno	Colorímetro	Konica Minolta
Textura	Texturómetro	Brookfield CT3
pH	pHmetro digital	Portátil
°Brix	Brixómetro digital	
Acidez Titulable	Proceso de titulación haciendo uso de equipo de laboratorio	

Cada uno de los aguacates se pesaron en fresco, antes de someterlos a los tratamientos, se registraron los resultados en el cuadro 5 para definir los porcentajes de pérdida de peso.

Los datos de CO<sub>2</sub> se tomaron cada 5 minutos durante 25 minutos para cada una de las muestras de los diferentes tratamientos.

Para la definición de color de los aguacates, se utilizó el método CieLab (figura 2). Se tomaron datos del color externo (cáscara o exocarpio) y del color interno (pulpa o mesocarpio).

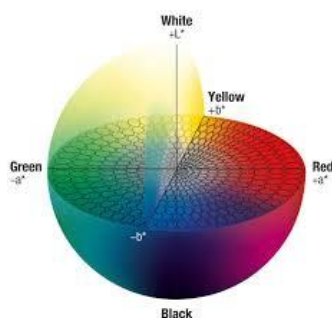


Figura 2. Espacio de color CieLab

Para la textura o compresión se tomaron cinco repeticiones por cada tratamiento. Haciendo uso del punzon de 3/16 mm. Se ajustó la tarima del equipo para darle fijeza a los aguacates y se evaluó en la zona abultada del fruto para tener resultados representativos (Anexo 1).

El pH se obtuvo de manera convencional, por medio de una dilución de 10 gramos de pulpa y 10 mililitros de agua destilada, sumergiendo los electrodos del pHmetro en la dilución de cada muestra de los tratamientos.

Los grados Brix se obtuvieron macerando una muestra de pulpa de manera que se obtuviese una gota de jugo de aguacate.

La acidez titulable se obtuvo haciendo uso del proceso habitual de titulación; a la alícuota obtenida de la pulpa y agua destilada se le agrega Hidróxido de Sodio (NaOH) y fenolftaleína (como indicador) hasta alcanzar el viraje de color.

El día seis, con los últimos aguacates, se realizó un sondeo sensorial, con un grupo de panelistas no entrenados. Para el sondeo de cada parámetro se desarrolló una escala de evaluación, considerando la apariencia visual, textura en el paladar, aroma, sabor y aceptación, valorando cada uno en la escala del 1 al 5 (cuadro 4). El anexo 2 responde a la hoja entregada a cada participante del sondeo.

Cuadro 4. Escala de valoración en el sondeo sensorial

Valor	Corresponde a
1	muy malo
2	deficiente
3	aceptable
4	es bueno
5	Excelente

### 4.3 Metodología estadística

Para cada tratamiento se tomaron tres repeticiones por día, se toma el promedio de todos los resultados para realizar los diferentes gráficos y así, tener representatividad y mejor referencia del comportamiento de cada parámetro medido.

Todos los parámetros fueron tomados el día dos, cuatro y seis y se tabularon en hojas de Excel. Al tener todos los datos se analizaron con el software InfoStat aplicando el análisis de varianza, con un nivel de significancia del 5%, para definir si entre los resultados de cada parámetro existían diferencias estadísticas.

A todos los parámetros, excepto el sondeo sensorial, se les aplicó el Análisis de Varianza para medidas repetidas y la prueba de Tukey que revela Diferencia Honestamente Significativa. Al no existir diferencia estadística alguna, no se aplica alguna otra prueba de comparación de medias o posho. Para el sondeo sensorial se utilizó el análisis de conglomerados con el método Average linkage y Euclidea.



## 5 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos para cada parámetro evaluado no presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el valor de  $p$  fue mayor que el nivel de significancia establecido ( $p > 0.05$ ).

A pesar de ello, se analizó la evolución de las variables durante el proceso de maduración del fruto, con el objetivo de evaluar los efectos del estrés térmico aplicado a los aguacates.

Cabe destacar que los resultados considerados en este análisis provienen de un montaje experimental en el que las unidades no fueron sometidas a refrigeración posterior al tratamiento térmico. Sin embargo, existió un primer montaje con condiciones más controladas: las unidades experimentales fueron cosechadas un día antes del tratamiento y posteriormente resguardadas en refrigeración. Esta diferencia en el manejo postratamiento permite contrastar los efectos del estrés térmico bajo distintas condiciones de conservación.

A continuación, se analizan los resultados de los parámetros estudiados en el segundo montaje:

### 5.1 Peso

Con el análisis de los datos obtenidos podemos verificar que T1 presentó la menor pérdida de peso (6.50 g), mientras que T3 mostró la mayor (8.33 g) tal como se presenta en el cuadro 5. La pérdida de peso está asociada a procesos fisiológicos como transpiración y respiración. T4, aunque no fue estadísticamente diferente, mostró la menor pérdida porcentual (2.86%), lo que sugiere una ralentización de la senescencia. Yahia (2006) señala que temperaturas superiores a 50 °C pueden inducir daño fisiológico, mientras que tratamientos moderados como el de 40 °C del T2 ayudan a conservar la integridad del fruto. Esto concuerda con los resultados observados en T2 y T4, donde la pérdida de peso fue menor.

Cuadro 5. Peso promedio de los aguacates

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso (g)
T1	216.83	210.33	6.50
T2	230.17	223.53	6.63
T3	267.40	259.07	8.33
T4	250.67	243.50	7.17

Se calcularon los porcentajes de pérdida de peso (%PP) con la siguiente ecuación:

Ec. 1

$$\% \text{ PP} = \frac{P(\text{inicial}) - P}{P(\text{inicial})} \times 100$$

Donde,

% PP: porcentaje de pérdida de peso

P (inicial): peso inicial del fruto

P: peso del fruto en el día de la evaluación

Se obtuvieron porcentajes que se detallan en el cuadro 6:

Cuadro 6. Datos de pérdida de peso en porcentaje

Tratamiento	Porcentaje (%)
T1	3.00
T2	2.88
T3	3.12
T4	2.86

Numéricamente el tratamiento 3 (T3) es el que presenta más pérdida de peso, y al aplicar la ecuación 1, no solo confirmamos eso, también sabemos cómo se está comportando, numéricamente la pérdida, por cada 100 gramos de peso fresco, se pierden 3.12 gramos.

Vemos que en el caso del tratamiento 4 (T4) es el que menos pérdida de peso presentó pues se han ralentizado sus procesos fisiológicos asociados a la senescencia, tal como lo presenta Yahia, E. M. (2006), y no es que se hayan detenido, sino que esto está vinculado a una menor tasa de transpiración y respiración, según se presenta a continuación.

## 5.2 Producción de CO<sub>2</sub>

T2 mostró un pico en la producción de CO<sub>2</sub> el día 6 (5.00% CO<sub>2</sub>), mientras que T4 se mantuvo en 0.00%, según el cuadro 7. T2 evidencia una fase climática activa, mientras que T4 presenta inhibición metabólica por estrés térmico. Esto indica que T4 redujo la actividad respiratoria. Paull y Chen (2000) reportan que tratamientos a 49 °C por 70 minutos disminuyen la

respiración en aguacate durante el climaterio. Los resultados de T4 responden a esta afirmación, mostrando una reducción de CO<sub>2</sub> significativa.

Cuadro 7. Datos de producción de CO<sub>2</sub> en aguacates

Día	Tratamiento	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Dato 5
2	T1	0.00	0.00	0.10	0.30	0.50
2	T2	0.00	0.10	0.30	0.40	0.60
2	T3	0.00	0.10	0.30	0.40	0.50
2	T4	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
4	T1	0.00	0.00	0.20	0.40	0.50
4	T2	0.00	0.10	0.20	0.40	0.50
4	T3	0.00	0.00	0.20	0.40	0.50
4	T4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	T1	0.00	0.00	0.10	0.10	0.30
6	T2	0.00	0.00	2.00	3.00	5.00
6	T3	0.00	0.00	0.10	0.30	0.40
6	T4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### 5.3 Color externo (exocarpo)

#### 5.3.1 Componente L\*

L\* corresponde a la luminosidad, es decir que tan claro (100) u oscuro (0) es el aguacate. Al no tener diferencias significativas, analizamos lo que nos arrojan los resultados. T1 presentó mayor luminosidad inicial (34.27), pero T2 mantuvo valores más estables hasta el día 6 (26.96), según el cuadro 8.

En la figura 3 confirmamos la disminución de L\* en T3 con 25.98 en el día 6, esto indica oscurecimiento progresivo, lo que sugiere degradación sensorial.

McGuire (1992) establece que L\* es un indicador directo de frescura visual. El mantenimiento de L\* en T2 respalda su eficacia para conservar la apariencia externa de los aguacates.

Cuadro 8. Datos de luminosidad (L\*) del exocarpo

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	34.27	24.44	27.99	26.75
T2	30.97	26.66	27.62	26.96
T3	28.10	25.54	26.10	25.98
T4	30.33	26.39	26.83	26.37

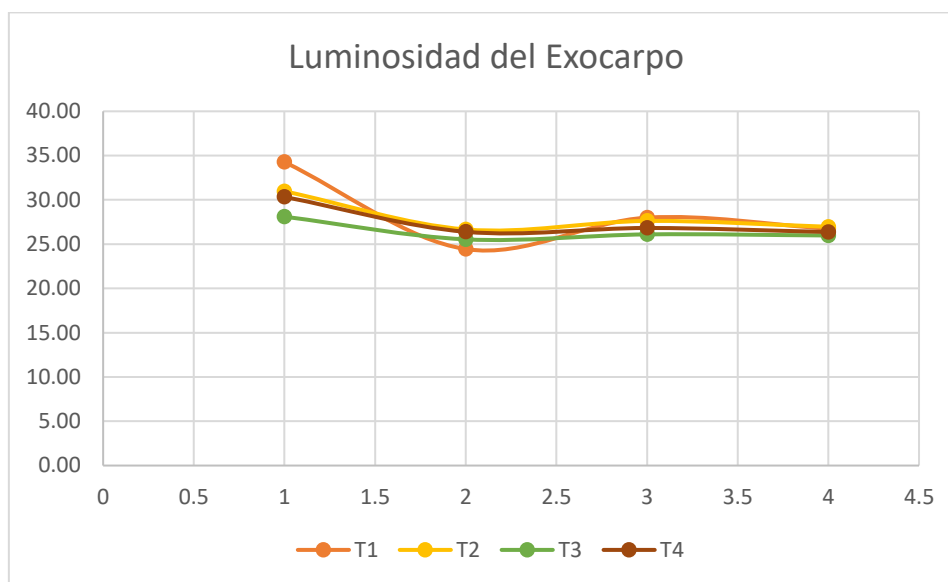


Figura 3. Gráfico de L\* del exocarpo

### 5.3.2 Componente a\*

El parámetro  $a^*$  indica la transición del color verde (valores negativos) al rojo (valores positivos). En el caso del exocarpo del aguacate, los valores cercanos a cero o ligeramente negativos son indicativos de una coloración verde más intensa, característica de frutos inmaduros, mientras que valores más positivos reflejan una tendencia hacia la pigmentación rojiza, asociada al proceso de maduración o daño térmico. T4 presentó los valores más altos en  $a^*$  (4.84), indicando mayor tendencia al rojizo, según el cuadro 9. El aumento de  $a^*$  sugiere oxidación de pigmentos y posible daño térmico. T1 y T2 mantuvieron valores más cercanos al verde, asociados a frutos menos maduros. Benito-Bautista et al. (2016) vinculan valores positivos de  $a^*$  con procesos de senescencia. El comportamiento de T4 confirma esta relación.

Cuadro 9. Datos de componente cromático a\* del exocarpo

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	-6.09	2.16	1.64	3.23
T2	-3.57	2.52	1.90	3.26
T3	0.01	3.13	3.88	2.32
T4	2.99	4.13	5.43	4.84

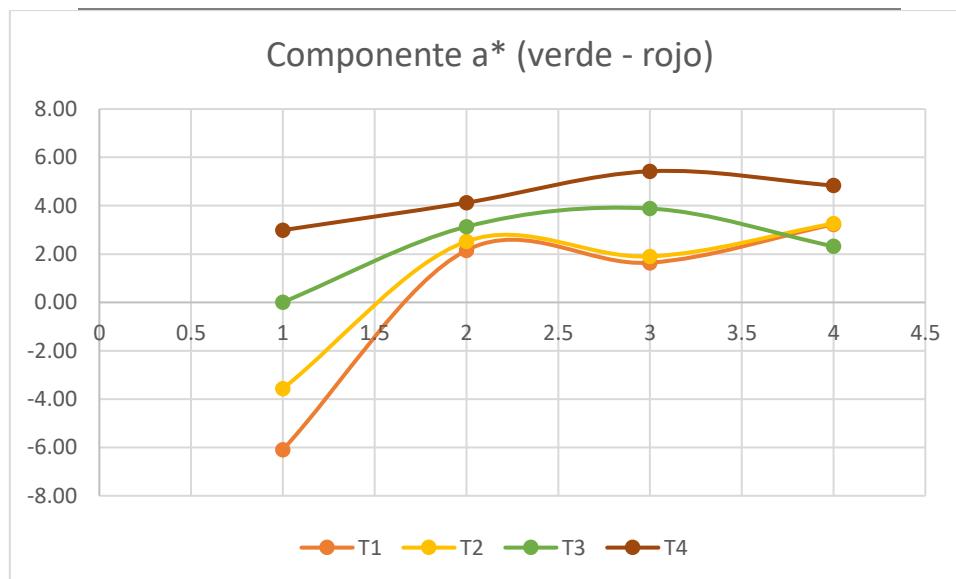


Figura 4. Gráfico de componente a\* del exocarpo

Considerando el espacio de color Cielab y los datos obtenidos alojados en el cuadro 9, el componente cromático a\* muestra una tendencia hacia tonos más rojos en el transcurso del tiempo de estudio, tal como se muestra en la figura 4. Se observan matices rojos en los aguacates del T4, donde el exocarpo sufrió cambios de color después de ser sometidos a 60 °C, lo que, evidentemente, afectó la calidad interna y externa del fruto (Anexo 3).

### 5.3.3 Componente b\*

T1 presentó el valor más alto en b\* al inicio (13.64), pero todos los tratamientos mostraron disminución hacia el día 6, según el cuadro 10.

El parámetro b\* representa la variación entre el azul (valores negativos) y el amarillo (valores positivos). En el mesocarpo, valores altos de b\* reflejan una tonalidad amarilla intensa, común

en aguacates maduros y sanos, según McGuire, R. G. (1992). La reducción de  $b^*$  indica pérdida de pigmentos amarillos, por oxidación o degradación térmica.

McGuire (1992) y Benito-Bautista et al. (2016) coinciden en que la disminución de  $b^*$  afecta la aceptabilidad visual. Un descenso significativo en  $b^*$  puede ser indicativo de procesos oxidativos o descomposición de pigmentos (Benito-Bautista et al., 2016), lo cual afecta directamente la apariencia y aceptabilidad del fruto.

Cuadro 10. Datos del componente  $b^*$  del exocarpo

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	13.64	3.61	4.50	3.00
T2	9.23	4.20	5.10	3.05
T3	6.71	3.10	3.56	2.56
T4	10.07	4.07	5.35	4.38

La disminución en el componente  $b^*$  (cuadro 10) revela una pérdida en la intensidad del amarillo en los frutos tratados térmicamente. Esto deja entrever una alteración en los pigmentos de la cáscara por efecto del calor.

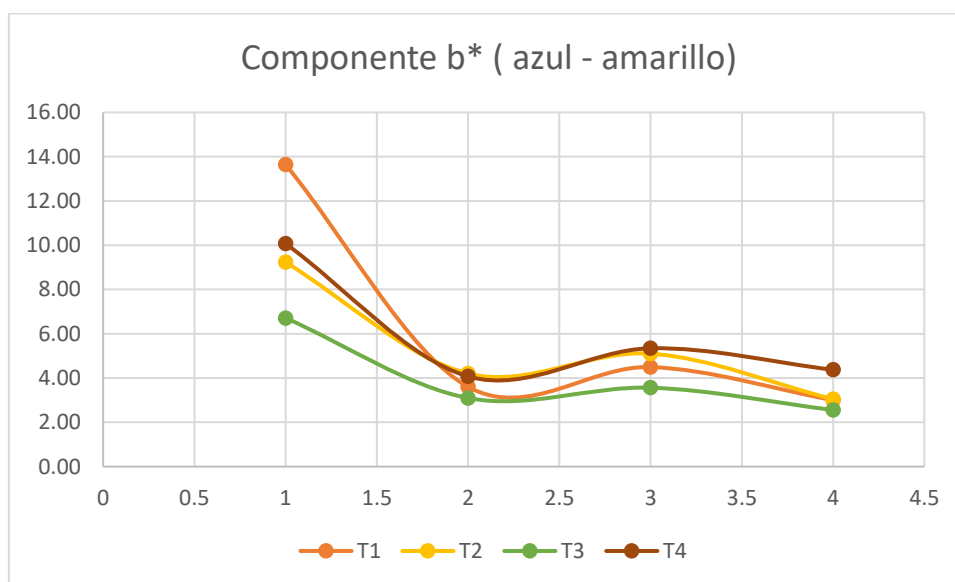


Figura 5. Gráfico de componente  $b^*$  del exocarpo

En la figura 5 se presenta el comportamiento casi uniforme del componente  $b^*$  en los tratamientos.

## 5.4 Color interno (mesocarpo)

### 5.4.1 Componente L\*

T4 mostró una caída significativa en L\* (de 76.57 a 71.88), según el cuadro 11. La pérdida de luminosidad interna indica alteración estructural de la pulpa, posiblemente por daño térmico. Trejo et al. (2015) reportan que temperaturas superiores a 50 °C afectan la estructura interna del aguacate. Los datos de T4 confirman esta tendencia.

Cuadro 11. Datos del componente L\* del mesocarpo

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	74.77	74.16	74.85	75.01
T2	77.22	74.51	75.01	75.75
T3	75.92	75.69	75.62	75.55
T4	76.57	73.27	68.69	71.88

En los T1 y T3 la luminosidad del mesocarpo se mantiene relativamente estable. En el anexo 3 se muestra el color de la pulpa de aguacates tratados a temperatura ambiente y aunque han pasado cuatro días del montaje el color de la pulpa es visualmente aceptable, en uno de ellos es evidente una zona necrótica que puede ser por daños mecánicos en el momento de la cosecha o la acción de bacterias que se alojaron en el exocarpo, mientras que T4 mostró una disminución más pronunciada. Esto indica los cambios de color desde la aplicación del tratamiento a 60 °C, sin duda, hay cambios estructurales en la pulpa de T4 que lo hacen poco atractivo al consumo. En la figura 6 se confirma la pérdida de luminosidad de los aguacates del T4.

La luminosidad en el mesocarpo se mantiene relativamente constante en T1 y T3, en el caso de los aguacates del tratamiento 1 se perciben con tonos verdes visualmente agradables (ver anexo A4) T2 presenta un color más amarillo, indicativo de madurez (ver anexo 5) mientras que T4 presentó una reducción más notable en el componente de la luminosidad.

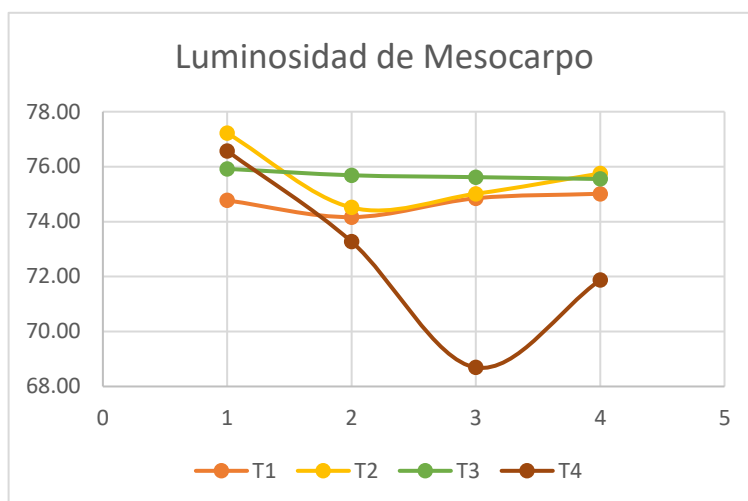


Figura 6. Gráfico de L\* del mesocarpio

#### 5.4.2 Componente a\*

T4 pasó de -6.41 a -1.13, indicando pérdida de tonalidad verde, según el cuadro 12. La transición hacia valores negativos refleja maduración acelerada o daño oxidativo. Riverón (2025) explica que los miRNA regulan genes relacionados con pigmentación. El comportamiento de T4 sugiere alteración de estos mecanismos por estrés térmico.

Cuadro 12. Datos del componente a\* del mesocarpio

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	-10.27	-6.55	-6.83	-6.78
T2	-7.17	-6.51	-5.91	-6.94
T3	-8.15	-4.57	-4.68	-4.78
T4	-6.41	-3.79	-2.63	-1.13

En el cuadro 12, se tienen los valores negativos de a\*, que reflejan la presencia de tonos verdes en el mesocarpio, siendo un color habitual en las características físicas del aguacate, pero se observa una disminución muy marcada en T4, lo que evidencia un deterioro en el color natural del fruto (Figura 7).



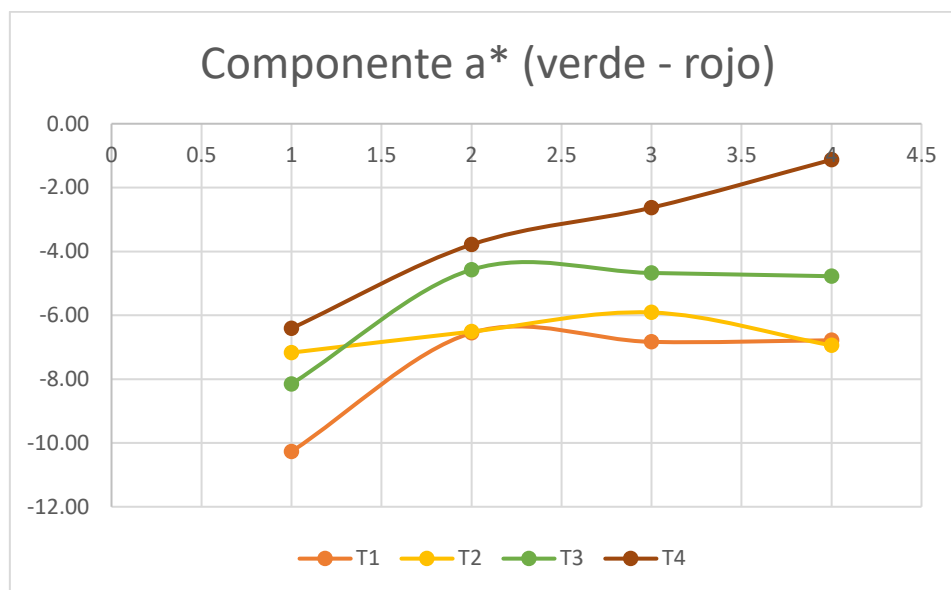


Figura 7. Gráfico de componente a\* del mesocarpio

#### 5.4.3 Componente b\*

T4 mostró la mayor caída en b\* (de 40.55 a 32.36), según el cuadro 13. La pérdida de amarillo en la pulpa indica degradación de carotenoides, afectando la calidad visual y nutricional. Yahia (2006) advierte que temperaturas elevadas pueden reducir la concentración de carotenoides. Los datos de T4 respaldan esta afirmación.

Cuadro 13. Datos del componente b\* del mesocarpio

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	43.43	41.77	41.68	42.45
T2	40.32	40.16	40.54	42.55
T3	38.60	39.28	39.98	40.69
T4	40.55	38.66	36.91	32.36

El cuadro 13 presenta la reducción en el componente b\* y se acentúa en los tratamientos más agresivos, especialmente en T4, lo que indica una alteración en los pigmentos de la pulpa (Figura 8). La presentación interna del mesocarpio de los aguacates de los tratamientos 1, 2 y 3 mantienen una constante en la escala cromática b\*, tal como se presenta en la figura 8, en el caso del T3, para el día 6, se observaban con un tono verde claro (ver anexo A6). Caso

contrario en el tratamiento 4 que se nota el descenso en los valores y visualmente no se ven atractivos (Figura 8 y Anexo A7)

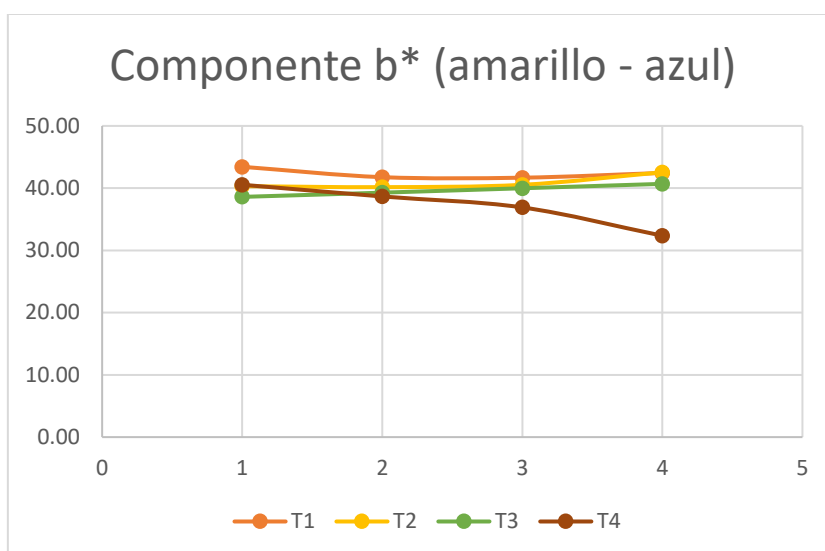


Figura 8. Datos del componente b\* del mesocarpio

## 5.5 Textura

### 5.5.1 Textura con cáscara

- Fuerza máxima de penetración (PL)

La fuerza máxima de penetración (PL) indica la resistencia de la cáscara del aguacate y se expresa en unidades de gramos (g).

T4 mostró un incremento significativo en los valores de PL en el día seis, lo que indica mayor dureza del fruto con este tratamiento (Figura 9). Por otro lado, T2 y T3 mantuvieron valores intermedios, mientras que T1 mostró una disminución gradual, eso quiere decir que posee la cáscara más blanda.

La regulación del desarrollo del fruto es un proceso altamente coordinado que involucra diversos factores, como fitohormonas, factores de transcripción, alteraciones epigenéticas y que los miRNA también están involucrados en los cambios estructurales de la fruta y pueden regular la expresión de genes al codificar enzimas modificadoras de la pared celular, como las pectinasas y las expansinas, que son esenciales para el ablandamiento de la fruta (Riverón,

2025). Lo anterior permite comprender la respuesta a lo ocurrido en el T4, auxiliándose de estudios sobre biología molecular.

En el cuadro 14, se puede confirmar la PL, siendo T4 el exocarpo que mayor fuerza requirió para ser penetrado, en los días dos, cuatro y seis del estudio.

Cuadro 14. Datos de PL con cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	3378.33	1305.00	1298.33
T2	2935.00	843.33	1303.33
T3	3108.33	1763.33	1568.33
T4	1700.00	5396.67	5435.00

Es relevante destacar el giro que presenta T4, después de tener una cáscara más blanda que los otros tratamientos, en los días posteriores, es la más resistente (ver figura 9).

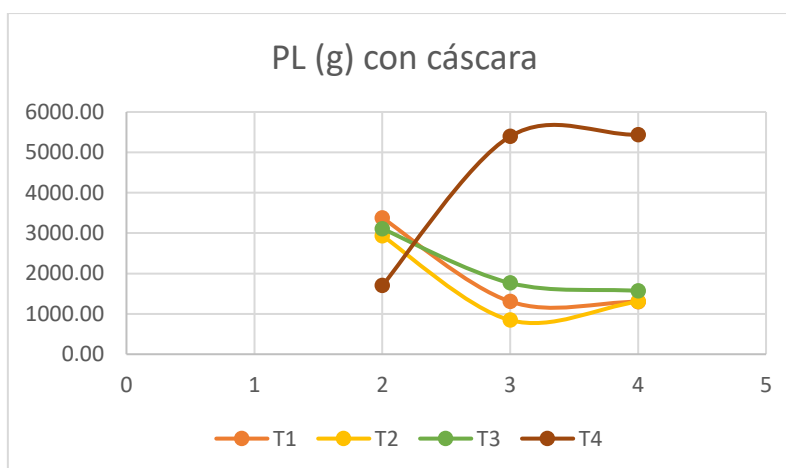


Figura 9. Gráfico de PL con cáscara

- Deformación (D)

La deformación (D) es un parámetro clave para evaluar la elasticidad del aguacate y se expresa en unidades de milímetros (mm). T4 presentó valores relativamente estables, lo que indica que el fruto conservó su resistencia estructural durante el estudio, tal como se muestra en el cuadro 15. T3 mostró una disminución considerable en los valores de D, lo que indica que se redujo la capacidad de deformación, T3 cede más rápido a la fuerza ejercida por el equipo, se puede observar esa baja en la figura 10.

Cuadro 15. Datos de D con cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	8.60	6.53	5.70
T2	8.77	7.23	5.27
T3	9.03	4.73	4.37
T4	6.47	6.60	6.20

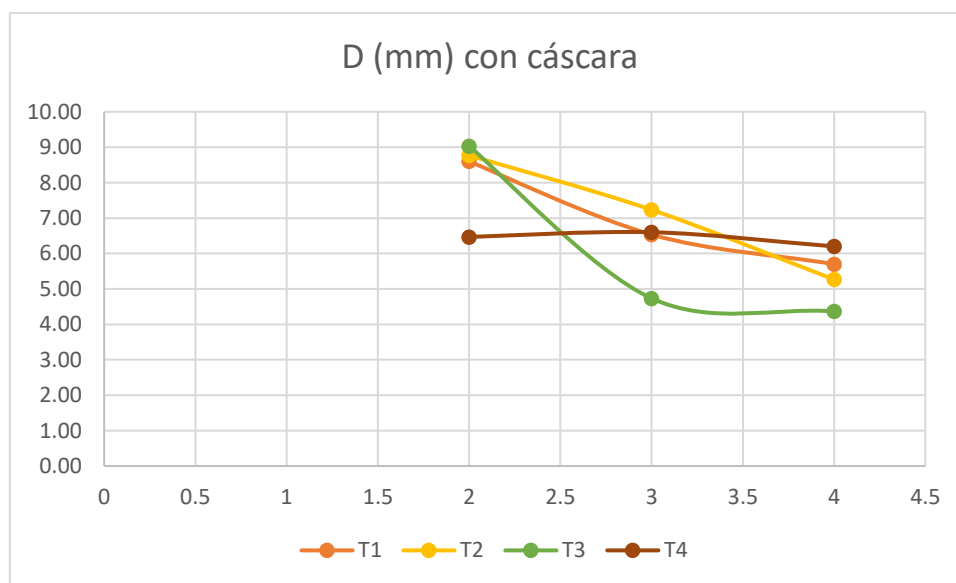


Figura 10. Gráfico de D con cáscara

- Trabajo total de penetración (W)

El trabajo total de penetración (W) mide la energía necesaria para atravesar la cáscara del aguacate y se expresa en unidades de milijoules (mJ). T4 mostró un aumento significativo en este parámetro, especialmente en el día seis, lo que indica una mayor rigidez del fruto tratado a 60°C. Riverón (2025) señala que los miRNA regulan enzimas como pectinasas y expansinas. La inhibición de estas enzimas en T4 explica la mayor resistencia observada.

En cambio, T1 y T2 registraron menores valores (ver cuadro 16), lo que indica que estos tratamientos mantuvieron una textura más blanda en comparación a T4. Lo confirmamos en el gráfico de la figura 11, la línea café, que representa T4, despunta de la tendencia de los otros tratamientos.

Cuadro 16. Datos de W con cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	151.50	30.67	45.50
T2	106.50	35.17	57.83
T3	104.00	60.00	52.50
T4	67.83	253.83	298.50

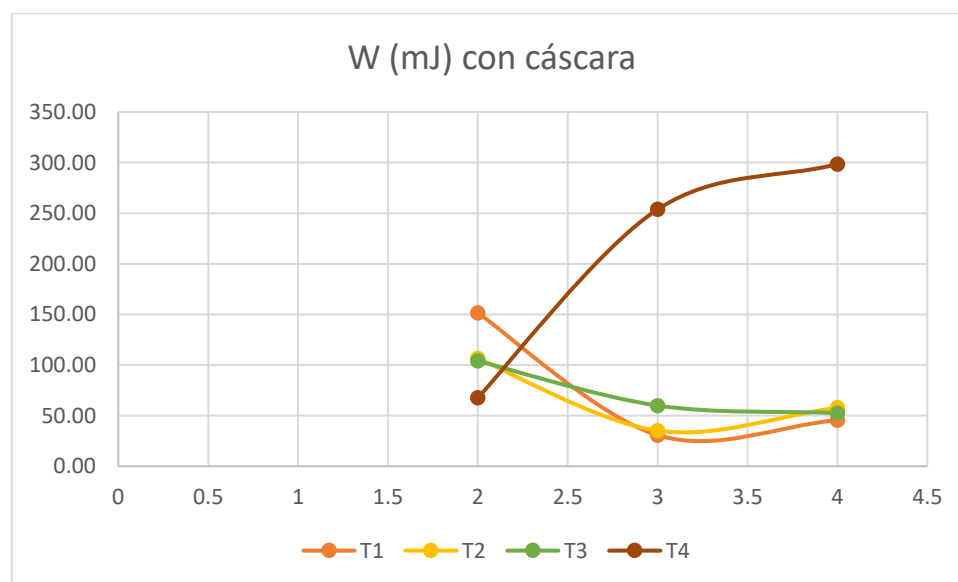


Figura 11. Gráfico de W con cáscara

- Fuerza máxima de fractura (FL)

La fuerza máxima en la fractura (FL) permite evaluar la resistencia del aguacate a la presión y se expresa en unidades de mm (milímetros). T4 presentó valores elevados, indicando que los frutos sometidos a estrés térmico presentan una estructura dura. Riveron, 2025 expresa que las moléculas de miRNA pueden regular la expresión de genes al codificar enzimas modificadoras de la pared celular, como las pectinasas y las expansinas, que son esenciales para el ablandamiento de la fruta, eso quiere decir que las condiciones brindadas a T4 llevaron a los frutos a modificar su pared celular, haciéndola más resistente a la fractura, excepto los T1 y T3 que presentaron valores más bajos (ver cuadro 17), esto indica, numéricamente, una textura más suave y posiblemente más fácil de fracturar. En la figura 12 se puede apreciar de una manera más clara el cambio de T4.

Cuadro 17. Datos de FL con cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	2643.33	130.00	185.00
T2	2148.33	226.67	275.00
T3	2428.33	206.67	266.67
T4	1775.00	3840.00	3271.67

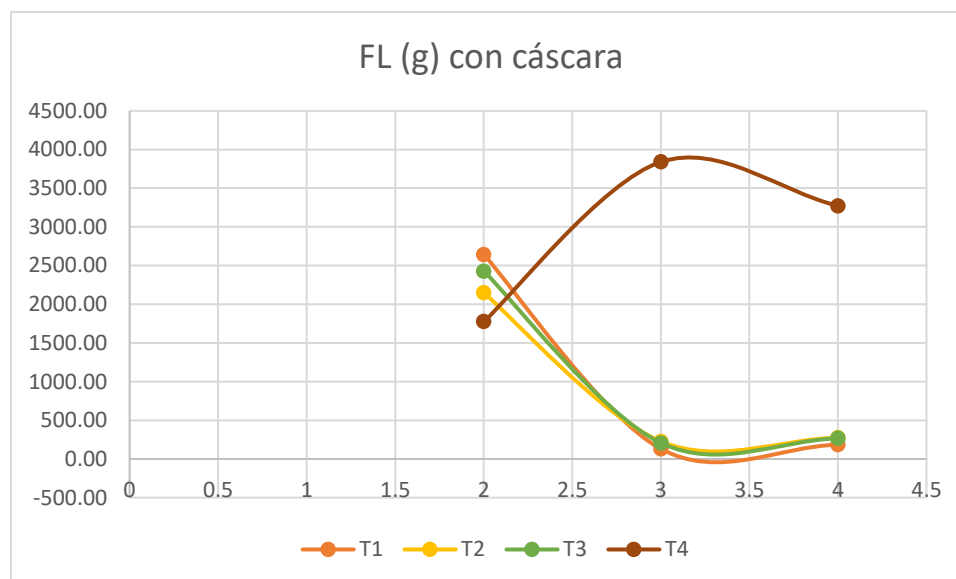


Figura 12. Gráfico de FL con cáscara

Los tratamientos T1, T2 y T3 mantienen la tendencia, en cambio, T4 presentan una salida de la misma, dejando evidencia de que la resistencia del aguacate aumentó.

La fuerza máxima de penetración (PL) en el tratamiento T4 mostró un aumento significativo de la resistencia de la cáscara con el paso del tiempo, indicando una textura más dura y compacta. En contraste, T1 fue el más blando al final del ensayo. En el caso de la deformación (D) fue más baja en T4, lo que evidencia menor elasticidad en la cáscara, mientras que T1 y T2 mostraron mayor capacidad de deformarse antes de fracturarse. Por otra parte, el trabajo (W) necesario para penetrar la cáscara fue significativamente mayor en T4, lo que confirma su mayor rigidez. T1 y T2 requirieron menos energía, lo que sugiere una textura más suave y conservada.

T4 registró los valores más elevados en fuerza de fractura (FR), demostrando una cáscara más resistente. T1, T2 y T3 mantuvieron valores bajos, asociados a mayor suavidad superficial.

En resumen, los resultados confirman que el tratamiento a 60 °C (T4) incrementó significativamente la dureza de la cáscara, dicho en otras palabras, T4 ralentizó su maduración de consumo al haberlo sometido a alta temperatura, en cambio, los T1 y T2 fueron más efectivos para conservar una textura deseable, óptima para el consumo.

Podemos confirmar que las condiciones de altas temperaturas a las que fueron sometidos los frutos han surtido su efecto, modificando su metabolismo, como plantea Riveron (2025) los miRNA pueden variar significativamente en diferentes etapas del desarrollo y en respuesta a estímulos externos, como la temperatura y la luz, capaces de influir en la dinámica de la maduración y la calidad del fruto.

### 5.5.2 Textura sin cáscara

- Fuerza máxima de penetración (PL)

La fuerza máxima de penetración (PL) reveló cambios más drásticos en la textura interna del fruto. T4 mantuvo los valores altos, lo que se traduce en una pulpa más ahulada, desde el sondeo sensorial, quitando la cremosidad característica del aguacate y confirmando los cambios del miRNA por efecto de la temperatura. En contraste, T1 presentó los valores más bajos y T2 y T3 presentaron valores muy parecidos, lo que indica que mantuvieron una textura más suave, en comparación a T4, tal como se muestra en el cuadro 18 y en la figura 13 de forma gráfica.

Cuadro 18. Datos de PL sin cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	4983.33	3615.33	1336.67
T2	2935.00	2135.83	1548.33
T3	3108.33	2328.33	1548.33
T4	1700.00	3079.17	4458.33

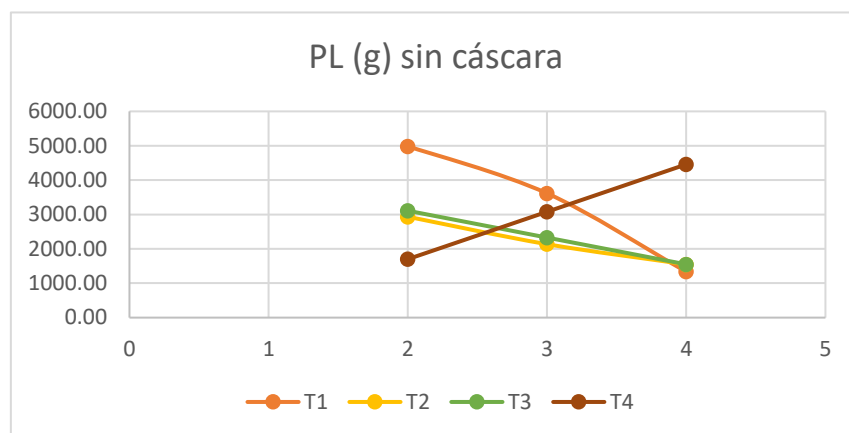


Figura 13. Gráfico de PL sin cáscara

▪ Deformación (D)

La deformación (D) sin cáscara muestra diferencias en la resistencia interna del aguacate. Los valores de T1 disminuyeron significativamente a lo largo del estudio, lo que indica una pérdida de estructura y un ablandamiento del mesocarpo (ver cuadro 19). T4 mostró valores relativamente estables, tal como se presenta en la figura 14, lo que indica que el tratamiento térmico más agresivo generó dureza en la pulpa, más no firmeza deseable en el fruto.

Cuadro 19. Datos de D sin cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	7.90	6.53	3.87
T2	4.43	4.33	6.10
T3	5.70	5.90	6.10
T4	5.57	6.03	5.10

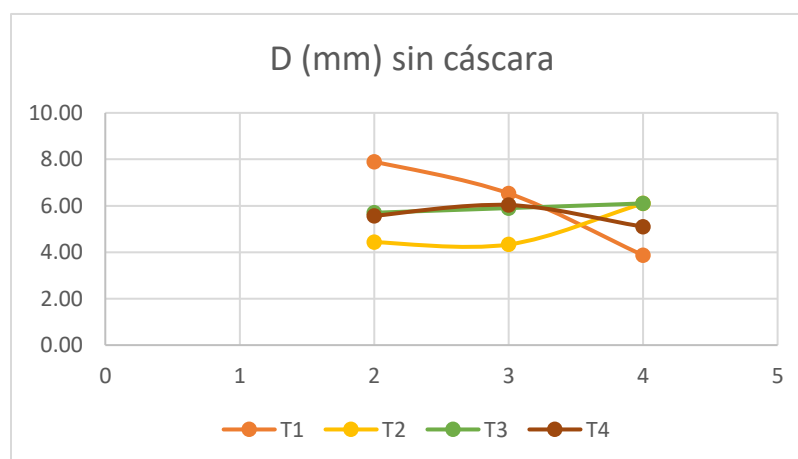


Figura 14. Gráfico de D sin cáscara



- Trabajo total de penetración (W)

La energía necesaria para atravesar la pulpa de los aguacates en milijoules se presenta en el cuadro 20, y T4 tiene el valor más alto de todos los tratamientos, indicando así que el trabajo requerido para romper la pulpa es cuatro veces mayor a la de los otros tratamientos.

Cuadro 20. Datos de W sin cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	232.00	251.67	55.83
T2	37.50	43.17	67.17
T3	56.58	44.00	67.17
T4	156.50	277.83	234.00

T4 presentó un incremento notable en este parámetro hacia el día seis, lo que confirma la tendencia de mayor resistencia en frutos sometidos a temperaturas más elevadas, en el caso de aguacate Hass. En contraste, la figura 15 nos ilustra que el T1 mostró valores más bajos, indicando una textura más blanda y fácil de atravesar. T2 y T3 mostraron valores intermedios, lo que sugiere una ligera firmeza sin perder su estructura natural.

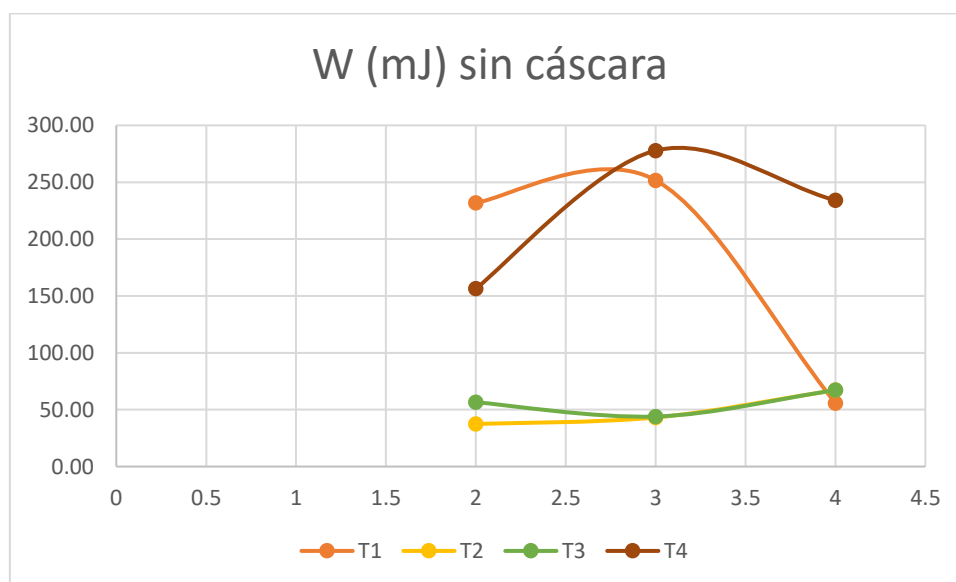


Figura 15. Gráfico de W sin cáscara

En la figura 15 se observa que T4 presenta los valores más elevados, lo que sugiere una mayor dureza de la pulpa con este tratamiento. En contraste, T1 y T2 tienen valores más bajos, indicando una textura más suave y agradable para el consumo. T3 mantiene valores intermedios, lo que sugiere cierta firmeza sin comprometer la calidad sensorial.

- Fuerza máxima de fractura (FL)

Comprender las funciones específicas y los mecanismos reguladores de los miRNA en el desarrollo y la maduración del fruto puede proporcionar información valiosa para mejorar la calidad y la vida útil de las frutas mediante enfoques biotecnológicos (Riveron, 2025). T1, T2 y T3 presentaron valores reducidos, lo que sugiere que estos tratamientos lograron mantener una textura más cremosa y adecuada para el consumo.

T3 mostró un comportamiento moderado, indicando cierta firmeza sin llegar a los niveles de T4. El T4 reflejó valores elevados, lo que confirma que la pulpa de los frutos sometidos a 60°C adquirió una estructura más compacta, citando a Riveron, los mecanismos reguladores de los miRNA, proporcionan información valiosa para mejorar la vida útil de aguacate, específicamente.

En el cuadro 21 y la figura 16 podemos confirmar los gramos fuerza requeridos para fracturar la pulpa de aguacate tratado con agua a 60 °C.

Cuadro 21. Datos de FL sin cáscara

Tratamiento	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	2826.67	1477.00	178.33
T2	2935.00	400.00	178.33
T3	2183.33	633.33	178.33
T4	3264.17	4055.00	2473.33

Los valores de T1 disminuyeron significativamente a lo largo del estudio, lo que indica una pérdida de estructura y un posible reblandecimiento del mesocarpo. Por otro lado, T4 mostró valores relativamente estables, lo que sugiere que el tratamiento térmico más agresivo generó

una pulpa más firme y menos propensa a la deformación. T2 y T3 reflejaron valores moderados, lo que podría traducirse en una textura aceptable para el consumo.

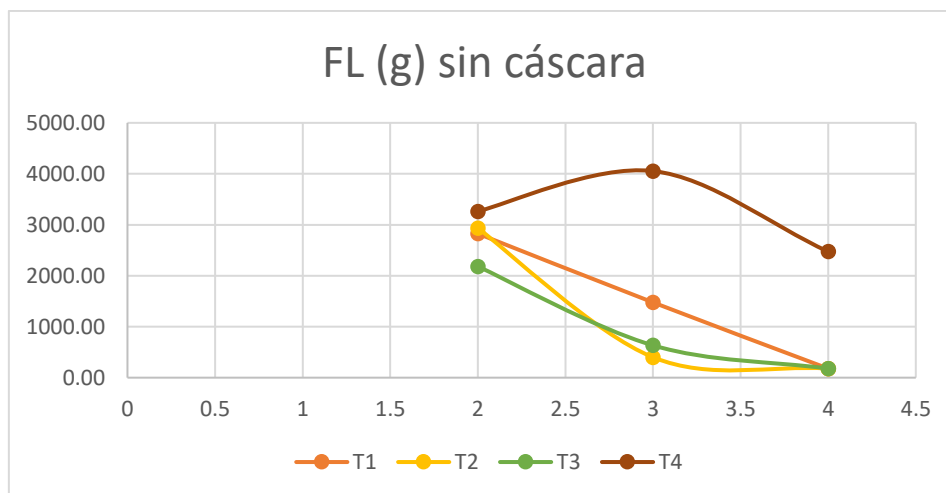


Figura 16. Gráfico de FL sin cáscara

## 5.6 pH

No hubo diferencias significativas. T2 y T4 mostraron incrementos leves hacia el día 6 (ver cuadro 22). El aumento de pH puede estar relacionado con la degradación de ácidos orgánicos durante la maduración, según Astudillo-Ordóñez & Rodríguez (2018) afirman que el pH varía según el estado de madurez y manejo poscosecha. Los datos obtenidos confirman esta relación.

Como se observa en el cuadro 22 el pH se mantuvo relativamente estable, aunque se observa un leve incremento en T4 y T2 (ver figura 17). Según estudios realizados, los °Brix, acidez y pH pueden variar su comportamiento según las condiciones brindadas en campo, el tiempo de corta y las condiciones que se les brinde después de la cosecha (Astudillo – Ordoñez et al 2018).

En los resultados obtenidos se puede apreciar el comportamiento descrito por Astudillo – Ordóñez et al 2018 y con ello afirmar que los leves cambios de pH de la pulpa de los aguacates están relacionados a los cambios bioquímicos en el proceso de maduración.

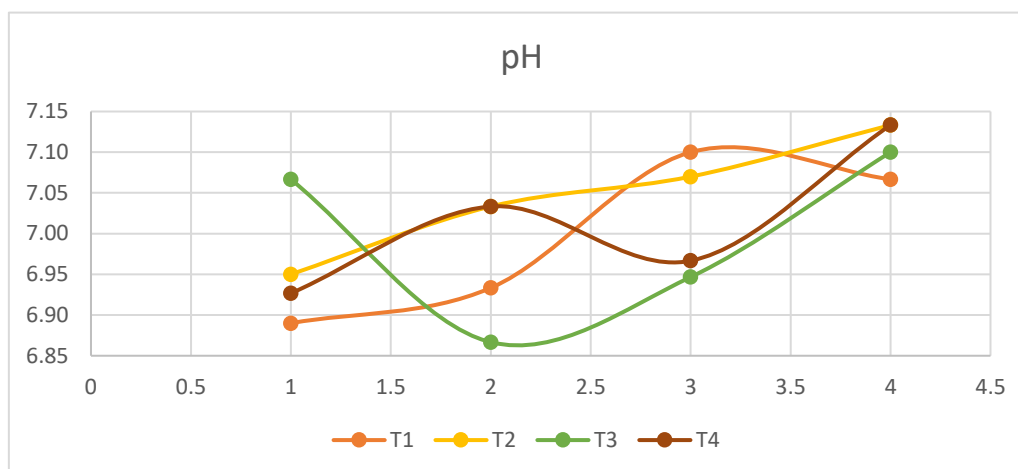


Figura 17. Gráfico de pH

Cuadro 22. Datos de pH de tratamientos

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	6.89	6.93	7.10	7.07
T2	6.95	7.03	7.07	7.13
T3	7.07	6.87	6.95	7.10
T4	6.93	7.03	6.97	7.13

### 5.7 °Brix

T4 registró la mayor reducción en Sólidos Solubles Totales (SST), según estudios realizados por Astudillo Ordóñez (2018) hay pérdida de azúcares en aguacates llevados a estrés por temperatura bajas. Lo anterior confirma la respuesta de los frutos sometidos a estrés. En el cuadro 23 el T4 presentó una caída abrupta en °Brix (de 8.60 a 3.85)

Los valores de °Brix, en este caso, reflejan variaciones, según Caparrotta et al., 2015; el incremento de los grados Brix está relacionado con la conversión de polisacáridos y ácidos orgánicos en azúcares o ácidos de cadena corta. La disminución de SST indica pérdida de azúcares, posiblemente por estrés térmico o alteración metabólica. Caparrotta et al. (2015) vinculan el descenso de °Brix con conversión de azúcares en respuesta al estrés.

Cuadro 23. Datos de °Brix de tratamientos

Tratamiento	Día cero	Día dos	Día cuatro	Día seis
T1	7.70	9.77	10.35	10.45
T2	8.00	9.48	7.10	10.40
T3	8.30	9.77	8.35	9.10
T4	8.60	8.70	7.15	3.85

El gráfico de la figura 18 nos presenta una baja en los SST del T4, indicando que, por cada 100 gramos de jugo de aguacate, solo tenemos 4 °Brix, es decir 4 gramos de sólidos solubles. Siendo el tratamiento que menos SST presenta. Según Astudillo-Ordóñez (2018) el aguacate Hass al momento de cosecha presenta 5,07 a 7,26 °Brix y aumenta en el tiempo de almacenamiento, aunque también puede disminuir según el manejo poscosecha.

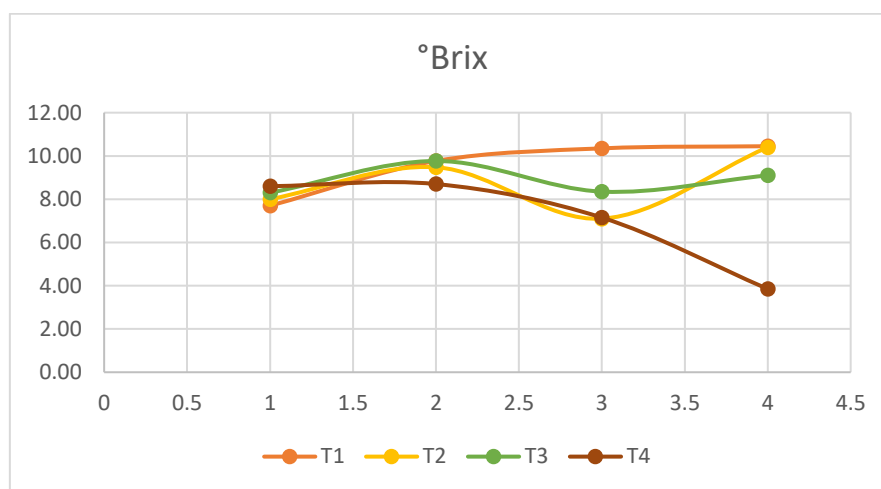


Figura 18. Gráfico de °Brix

### 5.8 Acidez titulable

El tratamiento T2 muestra una caída abrupta de acidez el día 2, pero se recupera el día seis. T4 inicia con el valor más alto, pero baja sus valores notablemente. En estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia (2018) se observó que la acidez disminuye cuando los grados Brix y el pH tienden a aumentar. Ciertamente esto es lo que está ocurriendo en los datos presentados en el cuadro 24.

Cuadro 24. Datos de acidez titulable

Tratamiento	Día cero (%)	Día dos (%)	Día cuatro (%)	Día seis (%)
T1	0.16	0.17	0.10	0.15
T2	0.23	0.06	0.09	0.20
T3	0.17	0.06	0.14	0.15
T4	0.24	0.14	0.08	0.14

## 5.9 Sondeo sensorial

Evaluando la apariencia, textura, aroma, sabor y aceptación del aguacate, se calculan los promedios en puntuación de cada tratamiento del sondeo. El cuadro 25 presenta los resultados de los criterios evaluados por el grupo de panelistas.

Cuadro 25. Datos del sondeo sensorial

Tratamiento	Apariencia	Textura	Aroma	Sabor	Aceptación
T1	3.50	4.67	4.67	4.67	4.33
T2	4.67	4.33	4.33	4.17	4.50
T3	4.50	4.17	4.17	4.00	4.17
T4	2.67	1.50	2.17	1.17	1.33

Luego del montaje de muestras para el sondeo sensorial (ver anexo 8), en el gráfico de la figura 19 se muestran gráficamente los resultados del panel sensorial. Predominando los resultados favorables para el tratamiento 1 y 2.

T1 y T2 se agrupan primero, lo que indica una alta similitud entre estos tratamientos. Ya que comparten características similares en parámetros como textura. Lo que implica que T1 y T2 podrían ser intercambiables o complementarios en términos de calidad poscosecha. T3 se une posteriormente al grupo T1–T2, lo que sugiere que tiene afinidad con ellos, aunque con diferencias más marcadas.

T4 se incorpora al final, a una mayor distancia Euclídea, lo que indica que es el tratamiento más diferente respecto a los demás. La posición de T4 indica que su efecto sobre el fruto fue más drástico o menos favorable, lo cual podría coincidir con resultados sensoriales o físico-químicos menos deseables.

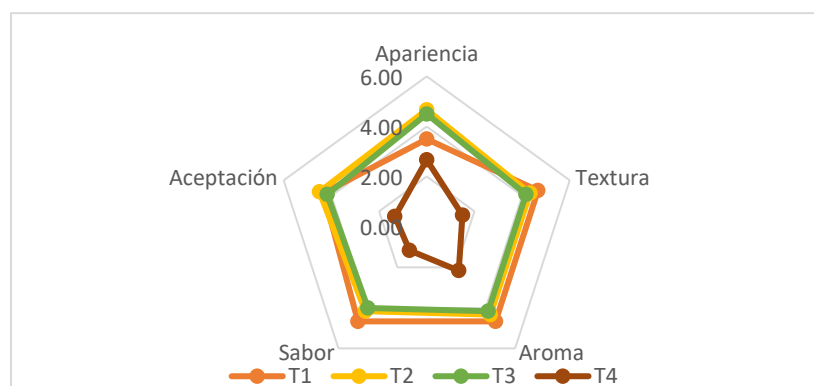


Figura 19. Gráfico de radar de los resultados del sondeo sensorial

Para reducir la complejidad experimental, se agrupan los tratamientos con comportamiento similar y facilitando la toma de decisiones tecnológicas se presenta el siguiente dendograma (figura 20)

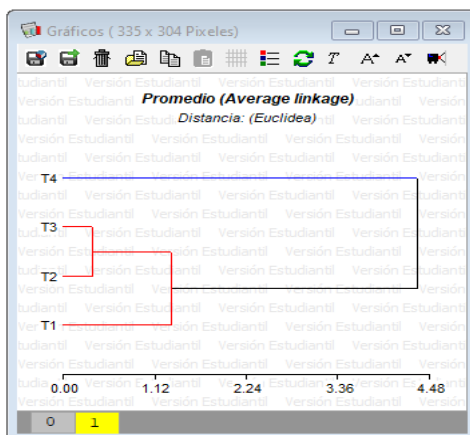


Figura 20. Análisis de conglomerados con el método Average linkage y Euclídea

T2 posee mayor ponderación en la apariencia visual de la pulpa y la aceptación en general. López-Mata et al. (2013) concluyen que tratamientos térmicos bien controlados pueden preservar la calidad organoléptica. T2 se alinea con esta afirmación.

## 6 Conclusiones

- El sondeo sensorial evidenció que los aguacates tratados a 40 °C durante 10 minutos obtuvieron la mayor aceptación, destacando por conservar una textura agradable y comercialmente viable. Este resultado respalda su aplicación en cadenas de valor orientadas al mercado fresco. En contraste, el tratamiento T4 provocó endurecimiento de la pulpa y un aspecto visual poco atractivo, lo que afectó negativamente su aceptación.
- Los resultados físico-químicos, como la producción de CO<sub>2</sub>, la firmeza, el pH y los °Brix, reflejan el impacto de la temperatura sobre el metabolismo del fruto, evidenciando que el estrés térmico puede acelerar o ralentizar la maduración según las condiciones aplicadas. En cuanto al análisis de color, se aclara que los valores negativos en los parámetros CIELAB no indican deterioro, sino que corresponden a la posición del croma en la escala numérica, lo cual es normal en frutos con tonalidades verdes o amarillas.
- Cabe señalar que el tratamiento térmico puede tener efectos positivos o negativos, dependiendo de factores como el estado de madurez inicial y las condiciones de refrigeración posteriores. En este estudio, al no contar con refrigeración tras el tratamiento, se observó una aceleración del proceso de maduración, influyendo en los resultados sensoriales y físicos.
- Finalmente, al someter los datos a análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento a 40 °C durante 10 minutos mostró una tendencia favorable en la conservación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del aguacate Hass. Por el contrario, temperaturas más agresivas como 50 °C y 60 °C provocaron mayores pérdidas de peso y deterioro sensorial, lo que evidencia que no son recomendables para preservar la calidad del fruto.



## 7 Recomendaciones

- Utilizar equipos adecuados que permitan regular con precisión la temperatura y mantener condiciones controladas durante la aplicación del tratamiento térmico.
- Realizar la cosecha directamente en el sitio experimental para asegurar el control del estado fisiológico del fruto y registrar el tiempo exacto desde la corta hasta el tratamiento.
- Para evaluar correctamente la respiración de los frutos, se recomienda mantener una temperatura de almacenamiento constante y controlada, evitando fluctuaciones que puedan alterar el metabolismo.
- Implementar el tratamiento a 40 °C durante 10 minutos como estrategia de conservación poscosecha en sistemas de producción orientados a la exportación o con cadenas de distribución prolongadas, dado su eficacia en preservar la calidad sensorial y fisicoquímica del aguacate Hass.
- Evitar tratamientos térmicos superiores a 50 °C sin pruebas previas específicas, ya que se ha evidenciado que pueden provocar deterioro sensorial y pérdida de calidad comercial.
- Establecer metodologías claras y reproducibles para la medición de parámetros fisicoquímicos y sensoriales en futuras investigaciones sobre tratamientos poscosecha en frutos climatéricos, garantizando comparabilidad y rigor científico.

## 8 Bibliografía

- Academia.edu. (s.f.). *Tratamientos térmicos: propiedades en frutas y verduras*. [https://www.academia.edu/36809133/Tratamientos termicos propiedades frutas ver duras](https://www.academia.edu/36809133/Tratamientos_termicos_propiedades_frutas_ver_duras)
- Astudillo-Ordóñez, C. E., & Rodríguez, P. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 383–394. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:694](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:694)
- Baíza, V. (2003). *Guía técnica del cultivo del aguacate*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa MAG–Frutales.
- Benito-Bautista, P., Arellanes-Juárez, N., & Pérez-Flores, M. E. (2016). Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*.
- Biotecnia. (2016). Efecto de tratamientos térmicos en calidad de mango Ataulfo. *Revista Biotecnia*, 18(1), 34–39. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/download/154/146/305>
- Boiler Planning. (s.f.). *Tecnología del vapor*. <https://www.boiler-planning.com/es/tecnologia/vapor/#:~:text=Para%20ello%2C%20suele%20ser%20necesario,Alta%20densidad%20energ%C3%A9tica>
- Cerdas Araya, M. del M., Montero Calderón, M., & Díaz Cordero, E. (2006). *Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (Persea americana)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9029.pdf>
- Donkin, D. J., & Wolstenholme, B. N. (1995). Heat treatments in avocado postharvest management. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 18, 12–17.
- Hass Avocado Board. (s.f.). *Manual de calidad del aguacate*. <https://hassavocadoboard.com/wp-content/uploads/Hass-Avocado-Board-Quality-Manual-Spanish.pdf>
- IICA & CETEPRO. (2010). *Buenas prácticas de manejo poscosecha para productos hortícolas frescos: Guía técnica para manipuladores y comercializadores*. Instituto Interamericano de

Cooperación para la Agricultura.

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2616/BVE2009329569e.pdf>

López-Mata, M. A., Ruiz-Cruz, S., Ornelas-Paz, J. J., & Gassos-Ortega, L. E. (2013). Aplicación de tratamientos térmicos a frutos de aguacate para prolongar su vida de anaquel. *Biotecnia*, 15(3), 23–28. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971124004.pdf>

McDonald, R. E., et al. (1999). Hot water treatment reduces chilling injury in mango. *HortScience*, 34(6), 1056–1059.

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254–1255. <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/27/12/article-p1254.xml>

Paull, R. E., & Chen, N. J. (2000). Heat treatment effects on avocado respiration. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(4), 548–553.

Poscosecha.com. (s.f.). *Tratamientos térmicos en poscosecha en frutos*. <https://www.poscosecha.com/tratamientos-termicos-en-poscosecha-en-frutos>

Redalyc. (2007). El aguacate: situación actual y perspectivas. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169818107001.pdf>

Redalyc. (s.f.). Tratamientos térmicos en poscosecha y su efecto en la calidad de frutos tropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <https://www.redalyc.org/journal/4499/449955961011/html/>

Riverón, B. (2025). Regulación del desarrollo y la maduración del tomate. *Tecnología Hortícola*. <https://www.tecnologiahorticola.com/regulacion-desarrollo-maduracion-tomate/>

Rodríguez Cedillos, M. (2003). *Guía técnica: Cultivo de aguacate*. CENTA. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/DOCUMENTOS%20WEB/0002858-ADDOCCC.pdf>

Rosas Flores, N., Saucedo Veloz, C., García Osorio, C., & Saucedo Reyes, D. (2016). Producción de etileno y cambios asociados a la maduración de frutos de aguacate 'Hass' y 'Carmen Hass'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 24–29

- SciELO México. (2020). El fruto del aguacate se considera funcional por su valor nutricional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1647–1659. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342020000701647](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000701647)
- Trejo, R., et al. (2015). Efecto de tratamientos térmicos en calidad de mango Ataulfo. *Biotecnia*, 18(1), 34–39.
- Woolf, A. B., & Lay-Yee, M. (1997). Postharvest responses of avocado fruit to heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 10(1), 1–10.
- Yahia, E. M. (2006). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Woodhead Publishing.
- Yara España. (s.f.). *Aguacate poscosecha*. Yara International. <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/aguacate/poscosecha>
- Yara México. (s.f.). *Calidad poscosecha en aguacate*

## Anexos

### A – 1 Aplicación de punzón 3/16 del texturómetro en corteza de aguacates



### A – 2 Hoja de evaluación del sondeo sensorial

**Apariencia:**

¿Qué tan atractiva considera la apariencia del producto (color, uniformidad)?

1	2	3	4	5

**Textura:**

¿Qué tan adecuada considera la textura del aguacate

1	2	3	4	5

**Aroma:**

¿Qué tan agradable le resulta el aroma del aguacate procesado?

1	2	3	4	5

**Sabor:**

¿Qué tan satisfactorio le resulta el sabor del aguacate procesado?

1	2	3	4	5

**Aceptación general:**

¿Qué tan satisfecho está con la calidad del aguacate procesado?

1	2	3	4	5

**A – 3 Presentación interna de aguacate del Tratamiento 4 en el día seis**



**A – 4 Aguacates del Tratamiento 1 el día cuatro**



**A – 5 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 2 en el día seis**



**A – 6 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 3 día seis**



**A – 7 Presentación interna de aguacates del Tratamiento 4 en el día seis**



**A – 8 Presentación de pulpa de aguacates tratados térmicamente con su respectivo código para el ejercicio del sondeo sensorial**

