



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Evaluación del efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la calidad físico química y vida útil del aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass.

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

AUTOR: Juan Francisco Caiza Velasco

TUTORA: Dra. Jacqueline De Las Mercedes Ortiz Escobar

COTUTORA: Ing. Msc. Beatriz Dolores Brito Grandes

Ambato – Ecuador

Septiembre - 2020

APROBACIÓN DE LA TUTORA

Dra. Jacqueline De Las Mercedes Ortiz Escobar

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad

Ambato, 21 de agosto del 2020

Dra. Jacqueline De Las Mercedes Ortiz Escobar

CI: 180217135-3

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo, Juan Francisco Caiza Velasco, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y seguros; a excepción de las citas bibliográficas.



Juan Francisco Caiza Velasco

C.I. 172302565-4

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes Calificadores, aprueban el presente trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente de Tribunal

Dr. Milton Ruben Ramos Moya

CI: 180111963-5

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CI: 050187395-4

Ambato, 10 de Septiembre del 2020

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, que haga uso de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública; además, apruebo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Juan Francisco Caiza Velasco

C.I. 172302565-4

AUTOR

LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación forma parte del Proyecto FONTAGRO ATN/RF-16011-RG: Productividad y Competitividad Frutícola Andina. Este proyecto se encuentra a cargo del Programa Nacional de Fruticultura y el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Las muestras se obtuvieron de una huerta comercial en la provincia de Pichincha, la parte experimental se realizó en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y de la Carrera de Ingeniería de Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato.

Esta investigación está al beneficio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Técnica de Ambato (UTA).

DEDICATORIA

El presente trabajo representa todo el esfuerzo que mis padres Rud y Marco han hecho por brindarme el apoyo para disfrutar de la mejor oportunidad que un joven puede tener, el ser un profesional y un buen ser humano.

A mis abuelitas Delia y Adelaida que siempre estuvieron cuando más las necesitaba.

En el cielo se lo dedico a mi abuelito Benjamín, que sé que me cuida siempre y está muy orgulloso de este logro.

A mis hermanos Andrés y Daniel por siempre estar en todos los momentos difíciles y sacarme una sonrisa.

A mi enamorada Azalea que me ha apoyado en los momentos más importantes y siempre me ha brindado el aliento necesario en la culminación de mi carrera.

¡LOS AMO CON TODO MI CORAZÓN!

ESTE TRIUNFO TAMBIÉN ES DE USTEDES.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la mejor experiencia de mi vida, el vivir independientemente y aprender el valor de la vida en una ciudad que nunca imaginé pero que siempre la llevaré en mi corazón, Ambato. Por brindarme una familia maravillosa y una vida llena de experiencias que siempre las llevaré en el fondo de mi ser.

A mis padres Rud y Marco, que gracias a su apoyo este sueño profesional ha sido posible, todos los logros de mi vida llevarán su nombre porque son el motor que me impulsa a tener sueños y nunca rendirme a pesar de los obstáculos que me ponga la vida.

A mi abuelito Benjamín que se encuentra en el cielo, por ser ejemplo de humildad y perseverancia, sé que desde donde te encuentres siempre velas por mi bienestar y el de toda mi Familia, te extraño siempre.

A mis hermanos y mejores amigos Andrés y Daniel, que son una bendición en mi vida, en casa cada fin de semana fueron mi alegría a pesar de las dificultades siempre me sacaron esa sonrisa para afrontar este camino que no fue nada fácil.

A mis tí@s, Fabian, Enrique y Cecilia, por siempre alentarme a ser mejor y estar pendientes a cada instante en mi vida universitaria, gracias por siempre estar ahí y motivarme siempre a dar lo mejor de mí.

A Ligia Llerena, por ser una abuelita más en mi vida durante mi estancia en Ambato, por estar pendiente todos los días y siempre brindándome su apoyo. Dios la Bendiga siempre.

A mi enamorada Azalea, por siempre apoyarme al final de mi carrera y brindarme todo ese apoyo en los momentos más oscuros y difíciles de mi vida, por siempre acompañarme en todo momento y todo lugar a pesar de la distancia que nos tocó vivir. ¡Te amo! Sé que tú también lo lograrás.

A mi gran amigo Patricio Delgado, que me motivó a seguir esta carrera y enseñarme siempre que el esfuerzo y la dedicación valen la pena.

A mi mejor amigo Santiago, que desde el primer día en la UTA me acompañó en todos los momentos difíciles, apoyándome como todo buen amigo lo hace, gracias por esa lealtad.

A mi amigo y compañero de Tesis, Elvis por ser una gran persona con la que compartí toda mi parte experimental en mi estancia en el INIAP.

A mis amig@s Erick, Isaac, Ivan, Landy, Viviana, Mary, Guadalupe que fueron personas con las que compartí muchas experiencias bonitas en mi vida universitaria y fueron mi otra familia en Ambato.

A mis grandes amigos Carlos, Tatiana, Liz y Juan Diego, que a pesar de encontrarse en otra facultad siempre hemos tratado de compartir momentos bonitos e inolvidables, plantando una amistad fuerte y desinteresada.

A los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, por brindarme todos sus conocimientos para formarme como un gran profesional.

A mi tutora de Tesis, la Ing. PhD. Jacqueline Ortiz, por acogerme en su grupo como tesista y siempre brindarme apertura a todas mis inquietudes y soluciones.

A mi co-tutora en el INIAP, la Ing. Msc. Beatriz Brito, por brindarme la oportunidad de realizar mi investigación en el Departamento de Nutrición y Calidad, donde he aprendido mucho gracias a su buena voluntad y amistad. De igual manera al Ing. Msc. William Viera investigador del Programa Nacional de Fruticultura.

Al Ingeniero Javier Álvarez, por siempre aclarar mis dudas y nunca negarme su ayuda en mi estancia en el INIAP.

A LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR ACOGERME EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD EN DONDE TUVE LA OPORTUNIDAD DE FORMARME COMO UN BUEN PROFESIONAL.

“No temáis a la grandeza; algunos nacen grandes, algunos logran grandeza, a algunos la grandeza les es impuesta y a otros la grandeza les queda grande.”

William Shakespeare

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Variedad “Hass”	2
1.1.2. Clasificación taxonómica.....	3
1.1.3. Requerimientos hídricos	3
1.1.4. Poscosecha	4
1.1.5. Maduración	5
1.1.5.1. Madurez fisiológica	6
1.1.6. Composición nutricional.....	7
1.1.7. Conservación	8
1.1.7.3. Temperatura de almacenamiento	10
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo general.....	10
1.2.2. Objetivos específicos	10
1.3. Hipótesis	11
1.3.1. Hipótesis nula (Ho).....	11
1.3.2. Hipótesis alternativa (Ha)	11
1.4. Señalamiento de variables	11
1.4.1. Variables independientes	11
1.4.2. Variables dependientes	11
CAPITULO II	12
2. METODOLOGÍA	12
2.1. Materiales	12
2.1.1. Material vegetal	12
2.1.2. Reactivos, materiales y gases.....	12
2.1.3. Equipos	13
2.2. Unidad experimental	13
2.3. Factores en estudio	13
2.4. Tratamientos	14
2.5. Diseño experimental.....	15
2.6. Análisis Funcional	15

2.7. Evaluación de la calidad de la fruta durante el proceso de aplicación de las atmósferas modificadas, en la variedad Hass de aguacate.	16
2.8. Parámetros de calidad en el aguacate Hass que fueron sometidos a diferentes atmósferas modificadas.	16
2.8.1. Pérdida de peso (%)	16
2.8.2. Firmeza del fruto (Newton)	17
2.8.3. pH (adimensional).....	17
2.8.4. Acidez titulable (% ácido tartárico)	17
2.8.5. Materia Seca (%)	18
2.8.6. Grasa (%)	18
2.8.7. Color	19
CAPÍTULO III	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1 Análisis y discusión de resultados	20
3.1.1. Análisis experimental de la pérdida de peso.....	20
3.1.2. Análisis experimental de la firmeza.....	23
3.1.3. Análisis experimental del pH.....	24
3.1.4. Análisis experimental de la acidez titulable	27
3.1.5. Análisis experimental de la materia seca	29
3.1.6. Análisis experimental de la grasa	31
3.1.8. Análisis del Color	33
3.1.8.1. Índice de Oscurecimiento	35
3.1.8.2. Cromaticidad.....	36
3.1.8.3. Ángulo Hue.....	38
3.2. Tiempo en alcanzar la madurez de consumo de los frutos de aguacate variedad Hass, posterior al período de conservación en las atmósferas modificadas.	39
3.3. Selección de la mejor mezcla de gases, para la conservación de la calidad física química del aguacate variedad Hass	41
3.4. Verificación de las hipótesis.....	43
CAPITULO IV	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
4.1. CONCLUSIONES	44
4.2. RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS	52

ANEXO A: Valores obtenidos del análisis físico químico	52
ANEXO B: Imágenes de la parte experimental	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores en estudio para determinar la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la vida útil y calidad del aguacate variedad Hass.	14
Tabla 2. Tratamientos para determinar la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la calidad y la vida útil del aguacate, variedad Hass.	14
Tabla 3. Análisis de la fuente de variación y grados de libertad del diseño experimental para estudiar el efecto de las AM en la calidad, aguacate variedad Hass.	15
Tabla 4. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro pérdida de peso (%) del fruto de aguacate, variedad Hass.	20
Tabla 5. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro firmeza (N) del fruto de aguacate variedad Hass.	23
Tabla 6. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro pH del fruto de aguacate variedad Hass.	25
Tabla 7. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro acidez titulable (% ácido tartárico) del fruto de aguacate variedad Hass.	27
Tabla 8. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro materia seca (%) del fruto de aguacate variedad Hass.	29
Tabla 9. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro grasa (%) del fruto de aguacate variedad Hass.	31
Tabla 10. Parámetros CIE L*a*b* para el color externo e interno del aguacate Hass.	34
Tabla 11. Días en alcanzar la madurez de consumo del aguacate Hass, posterior al muestreo de cada tratamiento.	39
Tabla 12. Normativa Ecuatoriana para los requisitos de calidad del aguacate.	41
Tabla 13. Resumen de las diferencias entre los tratamientos de almacenamiento bajo atmósferas modificadas, variedad Hass.	42
Tabla 14. Selección del mejor tratamiento con base a la frecuencia de los mejores parámetros de control, en la variedad de aguacate Hass.	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Etapas de maduración del aguacate Hass.....	6
Gráfico 2. Curva de la pérdida de peso (%) del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.....	22
Gráfico 3. Intercambio gaseoso entre la fruta y el ambiente.....	22
Gráfico 4. Curva de la firmeza del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.	24
Gráfico 5. Curva del pH del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas	26
Gráfico 6. Curva de la acidez titulable del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas	28
Gráfico 7. Curva de materia seca del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.	30
Gráfico 8. Curva de grasa en fresco del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.	32
Gráfico 9. Modelo de color Cie L*a*b	33
Gráfico 10. Índice de oscurecimiento (IO) de la cáscara de aguacate Hass.....	35
Gráfico 11. Índice de oscurecimiento (IO) de la pulpa de aguacate Hass	36
Gráfico 12. Croma (C) de la cáscara de aguacate Hass	37
Gráfico 13. Croma (C) de la pulpa de aguacate Hass	37
Gráfico 14. Tono Hue (° H) de la cáscara de aguacate Hass	38
Gráfico 15. Tono Hue (°H) de la pulpa de aguacate Hass.	39
Gráfico 16. Tiempo en alcanzar la madurez comestible posterior a la conservación en condiciones de atmósferas modificadas. Variedad Hass.....	41

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Pérdida de peso (%).....	16
Ecuación 2. Acidez titulable (% ácido tartárico).....	17
Ecuación 3. Materia seca (%).....	18
Ecuación 4. Grasa (%).....	18
Ecuación 5. Croma (C*).....	19
Ecuación 6. Tono Hue (H°).....	19
Ecuación 7. Índice de oscurecimiento (IO).....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla A. 1 Grasa (%)	52
Tabla A. 2 Pérdida de peso (%)	53
Tabla A. 3 Firmeza (N)	54
Tabla A. 4 pH.....	55
Tabla A. 5 Acidez titulable (% ácido tartárico)	56
Tabla A. 6 Materia seca (%)	57
Tabla A. 7 Color externo de la cáscara (L* a* b*)	58
Tabla A. 8 Color interno de la pulpa (L*a*b).....	59
Imagen B. 1 Cosecha de aguacate en el Cantón Perucho – Pichincha (Hacienda la Florencia)	60
Imagen B. 2 Traslado de los aguacates al laboratorio de canje de deuda de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología - UTA	60
Imagen B. 3 Preparación de los equipos para la inyección de gases y empaquetado Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología – UTA.....	60
Imagen B. 4 Preparación del equipo mezclador de Gases	60
Imagen B. 5 Empacado y verificación de etiquetas	61
Imagen B. 6 Monitoreo de los frutos en el cuarto frío	61
Imagen B. 7 Preparación de muestras previo a los análisis físicos químicos	61
Imagen B. 8 Mediciones de pH y acidez en los laboratorios del INIAP.....	61
Imagen B. 9 Preparación de muestras para materia seca y grasa en el INIAP.....	62
Imagen B. 10 Determinación de grasa mediante el equipo Soxleth en el INIAP	62
Imagen B. 11 Maduración del aguacate a temperatura del ambiente en el INIAP..	62

RESUMEN

Actualmente el aguacate variedad *Hass*, es de los más apetecidos en los mercados internacionales especialmente en los Estados Unidos de América y Europa, ya que esta materia prima es considerada como exótica para consumo como tal o en un derivado como el guacamole.

El objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar el efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la calidad físico química y la vida útil del aguacate variedad *Hass*, las mezclas utilizadas en las diferentes atmósferas fueron MEZCLA 1: 2 por ciento de Oxígeno – 3 por ciento Dióxido de carbono – 95 por ciento Nitrógeno, MEZCLA 2: 3 por ciento Oxígeno – 5 por ciento Dióxido de Carbono – 92 por ciento Nitrógeno, MEZCLA 3: 4 por ciento Oxígeno – 7 por ciento Dióxido de carbono – 89 por ciento Nitrógeno, MEZCLA 4: 2 por ciento Oxígeno – 10 por ciento Dióxido de carbono – 88 por ciento Nitrógeno.

Los parámetros de calidad estudiados fueron pérdida de peso (porcentaje), firmeza (Newton), pH, acidez titulable (porcentaje ácido tartárico), materia seca (porcentaje), grasa (porcentaje) y análisis del color CieLab (croma, tono Hue, índice de oscurecimiento) durante 60 días de observación, en cuatro mezclas.

La mezcla cuatro es la más recomendable para mantener las características físico químicas, comparadas con la norma Ecuatoriana INEN 1755, destacan la menor pérdida de peso, la menor acidez al llegar a los 60 días de almacenamiento en esta atmósfera y alcanzó los niveles de grasa adecuados de consumo, el color se mantuvo adecuado tanto en la cáscara como en la pulpa.

Palabras clave: Manejo Postcosecha, Conservación de alimentos, Atmósferas modificadas, Vida útil de alimentos, Calidad alimentaria, Aguacate

ABSTRACT

Currently, the Hass variety avocado is one of the most desired in international markets, especially in the United States of America and Europe, this raw material is considered exotic for consumption as such or in a derivative such as guacamole.

The research objective was to study the effect of the application of modified atmospheres on the physical-chemical quality and the shelf life of the Hass variety avocado, the mixtures used in the different atmospheres were MIXTURE 1: 2 percent Oxygen - 3 percent Dioxide of Carbon - 95 percent Nitrogen, MIX 2: 3 percent Oxygen - 5 percent Carbon Dioxide - 92 percent Nitrogen, MIX 3: 4 percent Oxygen - 7 percent Carbon Dioxide - 89 percent Nitrogen, MIX 4: 2 percent Oxygen - 10 percent Carbon dioxide - 88 percent Nitrogen.

The quality parameters studied were weight loss (percentage), firmness (Newton), pH, titratable acidity (percentage of tartaric acid), dry matter (percentage), fat (percentage) and Cielab color analysis (chroma, Hue tone, index obscuration) for 60 days of observation, in four mixtures.

Mix four is the most recommended to maintain the physical-chemical characteristics, compared to the Ecuadorian standard INEN 1755, highlighting the lower weight loss, the lower acidity upon reaching 60 days of storage in this atmosphere and reached the adequate fat levels consumption, the color remained adequate both in the peel and in the pulp.

Key words: Postharvest Handling, Food preservation, Modified atmospheres, Food shelf life, Food quality, Avocado

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Persea americana, o el aguacate, se cree que se originó en el estado de Puebla, México, hace 10 000 años, aunque la evidencia fósil sugiere especies similares fueron mucho más extendidas hace millones de años, que se producen hasta el norte de California, en un momento en que el clima de esa región era más acogedor para ellos. Las civilizaciones precolombinas las cultivaban desde el río Bravo (norte de México) hasta Guatemala. Se divide en tres variedades: mexicana, guatemalteca y antillana. Los ejemplares de *P. americana* originarias de las zonas altas del centro y del este de México generan la raza mexicana. Los árboles originarios de las zonas altas de Guatemala generan la raza guatemalteca. La raza antillana proviene de la zona de las Antillas y se cree que fue la primera variedad encontrada por los europeos, al ser la primera zona a la que llegaron (**Corpoaguacate, 2016**).

Actualmente el aguacate (*Persea americana* Mill) se produce en casi todos los países de clima cálido y templado, aunque la mayor parte de sus cultivos se encuentran en los países latinoamericanos, esto debido a que esta especie es originaria de América, la distribución natural de este cultivo es desde México hasta Chile, pasando por Centroamérica, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (**Bernal y Díaz, 2005; Gutiérrez-Díez et al., 2009**).

El Ecuador, por su ubicación geográfica posee las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo del aguacate, siendo las principales zonas productoras: Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja. Según los datos de los censos agropecuarios de los años 2006 y 2011, se cultivó alrededor de 145.506 y 179.906 árboles de diferentes cultivares respectivamente, con una producción de 6.334 Tm en el año 2006 y 32.329 Tm para el año 2011. Aunque el incremento de número de árboles no es proporcional al obtenido en la producción, esto se debe a la implementación de

un manejo agronómico adecuado (fertilización, riego, controles fitosanitario y labores culturales) que permite aumentar la producción significativamente (**Sotomayor et al., 2016**).

El interés de participar en las exportaciones de este producto, ha hecho que algunos países como México, República Dominicana, Perú, Chile, Colombia y Ecuador, aumenten su área cultivada, con el propósito de orientar la oferta hacia destinos como EEUU, Europa y Asia, especialmente China, donde el crecimiento de las importaciones se sitúa en el orden del 250%, pasando de 154 toneladas en 2012, a 25.000 toneladas en 2016 (**Arias et al., 2018**).

Este es un árbol que en condiciones naturales puede sobrepasar los 10m de altura, con una copa amplia, cuyo diámetro puede sobrepasar 25m en un árbol adulto. Los árboles de semilla, especialmente en su medio ambiente nativo, pueden alcanzar alturas que superan los 30m. Sin embargo, los árboles injertados son enanizados en distinta intensidad, dependiendo del vigor del patrón o portainjerto y de las condiciones donde se desarrolla. En los subtrópicos los árboles pueden alcanzar más de 10 a 15m de altura, pero normalmente son mantenidos a no más de 7 u 8m, mediante podas periódicas, debido a las dificultades que una mayor altura representa en el manejo fitosanitario y para las labores de cosecha (**Tupaz et al., 2013**).

1.1.1. Variedad “Hass”

Es la variedad de aguacate más sembrada y reconocida en el mundo por sus innumerables características internas y externas de la fruta, que la hacen muy ventajosa para todos los procesos. Es de alta productividad, tiene el tamaño pequeño con valor promedio de 180g por fruto, el color de la cáscara madura es oscura morada o negro, que es una característica deseable para reconocer los frutos maduros, con alto contenido de grasa que pueden llegar en la máxima maduración al 21%. En el Ecuador se adapta muy bien en altitudes entre los 1600 m y los 2100 m (**Mejía, 2011**).

La Dirección de Información Geográfica y Agropecuaria del MAGAP en el año 2016, señala que en el Ecuador existen 6.198 ha de aguacate (comunes o tradicionales) y

1.639 ha de aguacate (mejorados), no mencionan a la variedad Hass, que según CORPOAGUACATE para el año 2018 estimaban que era de 800 ha, de las cuales 200 ha se ubicaban en la Península de Santa Elena (**Corpoaguacate & Globalforum, 2018**).

El fruto es de forma ovoide, de piel arrugada y textura corchosa, su color característico va del verde mate al negro, la masa varía de 140g – 400g, la semilla es pequeña de forma esférica. La pulpa es de color verde amarillento, suave y sin fibra (tipo mantequilla) el contenido de aceite oscila entre 20% - 23% (**NTE INEN, 2015**).

1.1.2. Clasificación taxonómica

A continuación se presenta la clasificación taxonómica: (**Bernal y Díaz, 2005**).

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Dipétala

Orden: Ranales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especies: *Persea americana* Miller, *Persea gratisisima* Gaerth,

Nombre científico: *Persea sp.*

Nombre común: Aguacate, palta, aguacatillos, avocado.

1.1.3. Requerimientos hídricos

Es preciso destacar la importancia que tiene el manejo del agua en el cultivo del aguacate, si se tiene en cuenta que su disponibilidad en ciertas regiones puede significar la diferencia entre la obtención de 6 t ha⁻¹ de fruta o el ascenso a 12 t ha⁻¹, que incluso puede ser mayor, al no suplir los requerimientos de agua, las mayores pérdidas pueden darse en la floración y desarrollo de los frutos; además, el aporte hídrico garantiza buen tamaño de fruta. El aguacate Hass tiene un rendimiento potencial de más de 30 t ha⁻¹, pero debido a las altas tasas de abscisión de flores y

frutos, el rendimiento promedio mundial se encuentra por debajo de las 10 t ha⁻¹ (**Dorado et al., 2017**).

1.1.3.1. Condiciones agroambientales

Los factores ambientales con mayor incidencia durante las etapas del desarrollo y la producción en el cultivo de aguacate son la temperatura, el viento y las precipitaciones, así como la calidad del aire y los efectos posicionales, tanto dentro del huerto como dentro del árbol. Elementos como vientos fuertes, precipitaciones intensas y heladas pueden causar la pérdida directa de la fruta durante la poscosecha, debido a las cicatrices que causan sobre la misma; el incremento de organismos patógenos como hongos e insectos, principalmente asociados a condiciones de abundante lluvia, especialmente durante la floración, que causa enfermedades como la antracnosis. Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores; esto proporciona gran variación en las respuestas de los cultivares en cuanto al comportamiento agronómico, la productividad, el rendimiento y la calidad de la fruta (**DANE, 2016**).

1.1.4. Poscosecha

Durante la etapa de crecimiento, la influencia de los agentes ambientales influyen en la calidad del cultivo y posterior del fruto, se observa una mejor adaptabilidad del cultivo a una altitud de 2.000 m, las temperaturas menores a 13 °C provocan una baja producción de las bayas, mientras que las superiores a los 40 °C provoca el aborto floral masivo; la humedad relativa no debe exceder el 70% para evitar diferentes tipos de daños. A través de controles sistemáticos en el proceso fenológico a partir de la fructificación visible del fruto, con mediciones como el peso, diámetro y longitud, firmeza del fruto, color externo e interno, acidez, contenido de grasa y materia seca, se puede determinar una adecuada época de cosecha, que repercutirá en la producción y calidad del aguacate (**Macas G, 2012**).

Desafortunadamente, la vida útil del aguacate está condicionada por muchos factores, entre los cuales, es importante destacar el crecimiento de hongos (**Elez et al. 2005**), ya

que las pérdidas poscosecha por antracnosis pueden llegar a ser del 80%, si no se emplean las medidas adecuadas (**Bosse et al. 2013**).

Se estima que a nivel mundial las pérdidas poscosecha de las frutas son del 2 al 23% en los países desarrollados y hasta el 50% en los países en desarrollo (**Kader, 2002**), gran parte se dan en los procesos posteriores a la cosecha, especialmente en la manipulación y el transporte (**Agustí, 2004**). En el aguacate, las pérdidas poscosecha pueden llegar hasta el 30% por las prácticas inadecuadas y el desconocimiento del comportamiento del fruto luego de su recolección (**Ramírez, 2008**).

1.1.4.1. Daños físicos

No se recomienda el uso de sacos (costales) para transportar la fruta desde el campo al sitio de empaque, para evitar que sufra golpes, magulladuras, rozaduras y daños por compresión, adicionalmente favorece la fricción entre los frutos y el incremento de la temperatura del producto. Aún para pequeños productores, se recomienda que utilicen gavetas plásticas limpias para el producto cosechado. Otra práctica que debe evitarse, es el transporte de la fruta a granel en el cajón de un vehículo de carga, práctica que realizan por la facilidad en el manejo de la fruta ya que brinda la posibilidad de llevar mayor cantidad, sin embargo, bajo estas condiciones la fruta sufre mayores daños por compresión, roces y golpes. Estos daños pueden resultar poco visibles por la firmeza del aguacate en el momento de la cosecha, pero el deterioro se acelera y los daños se manifiestan cuando la fruta alcanza la madurez de consumo, como el oscurecimiento de la pulpa, maduración no homogénea y por lo tanto la menor vida útil del producto (**Sandoval Aldana et al., 2010**).

1.1.5. Maduración

El proceso de maduración del aguacate está marcado por una variedad de cambios bioquímicos que incluyen incrementos en la producción de etileno y en la respiración, ablandamiento y desarrollo de componentes de sabor. El aguacate, al ser una fruta climatérica no alcanza la madurez de consumo en el árbol, sino después de que se cosecha (**Ochoa, 2009**).

El progresivo reblandecimiento del fruto y el desarrollo de un sabor aceptable, son indicadores de la madurez. Antes de que esto ocurra, se observan ligeros cambios en la consistencia del fruto debidos a la pérdida de agua. Una vez que se alcanza la madurez fisiológica, la tasa de reblandecimiento poscosecha se torna progresivamente menor, conforme el fruto se acerca a la madurez de consumo (Ochoa, 2009). En el gráfico 1 se presenta las cuatro etapas de maduración del aguacate Hass, desde su madurez fisiológica (1) hasta la madurez de consumo (4).



Gráfico 1. Etapas de maduración del aguacate Hass.

Fuente: (Productores de aguacate, 2012)

1.1.5.1. Madurez fisiológica

Corresponde al estado en el cual el fruto asegurará su completo y apropiado proceso de maduración. Los frutos adquieren la maduración fisiológica unidos a la planta que les dio origen, por lo que no se recomienda su cosecha antes de que hayan alcanzado este estado (Gergoff, 2016). Según la norma ecuatoriana, es la etapa en la cual un fruto al ser cosechado puede continuar con su proceso de maduración y desarrollar las características gustativas óptimas (INEN, 2015).

El uso del porcentaje de materia seca como indicador de madurez para aguacate es extensamente aprobado, existen valores mínimos que son aceptados como estándares en los diferentes países, para *Hass* se considera 21% en Australia, 21,6-22,8% en USA y 23% para México, Sur América y Sur África (Hoffman et al., 2002; Orhevba and Jinadu, 2011; Kassim et al., 2013).

Colombia se ha convertido en un importante productor de aguacate ‘Hass’ en los últimos años. Sin embargo, no tenían establecido un contenido mínimo de materia seca para la cosecha, encontraron que a partir del contenido de aceite, un índice mínimo de materia seca de 23,5% es un buen indicador de la madurez. Este índice de cosecha recomiendan que debe ser afinado con el tiempo y con la adición de muestras de más regiones y datos climáticos (**Carvalho et al., 2014**).

1.1.5.2. Madurez organoléptica o de consumo

Corresponde a aquella en la que se han alcanzado todos los atributos que un fruto necesita en color, textura, aroma y sabor, deseables para el consumidor (**Gergoff, 2016**). La norma técnica ecuatoriana señala que es el estado en que el fruto ha adquirido sus características deseables de consumo: apariencia, consistencia, textura, sabor y aroma (**INEN, 2015**).

1.1.6. Composición nutricional

El aguacate (*Persea americana* cv. “Hass”) es una fruta con un excelente sabor y textura, que tiene un papel importante en la nutrición humana, por su contenido en ácidos grasos, como el oleico, palmítico, linoleico, palmitoleico y esteárico, aparte de vitaminas, como la A, B, C, E, K y de un elevado contenido en fibra, así como su contenido de grasa que se encuentra entre el 22 y 23% (**González Cuello et al., 2017**). Todo esto le confiere a la fruta efectos saludables, en la prevención del cáncer y enfermedades cardiovasculares (**Awad & Fink, 2000; Plaza et al. 2009**).

El aporte del valor nutricional de esta fruta por cada 100 gramos de aguacate es de: 225 Kcal, proteínas 1,9 g, hidratos de carbono 0,9 g, grasas totales 23 g, vitamina A 12 mg, vitamina B1 0,08 mg, vitamina B2 0,15 mg, vitamina B3 1,1 mg, vitamina B6 0,5 mg, vitamina C 14 mg, vitamina E 3 mg, sodio 3 mg, fósforo 38 mg, calcio 10 mg, potasio 504 mg, magnesio 30 mg, hierro 0.6 mg (**Corpoaguacate, 2016**).

1.1.7. Conservación

La temperatura óptima de almacenamiento contribuye a conservar la calidad de la fruta y extender su vida comercial. La fruta con madurez de consumo, que ya ha perdido firmeza y cuyos atributos sensoriales de aroma y sabor se han desarrollado puede almacenarse a mayor temperatura (12 a 14 °C), con altos niveles de humedad relativa (90 a 95%). Cuando la fruta tiene madurez de consumo es mucho más sensible a los daños mecánicos, por lo que el transporte y la distribución deben ser muy cuidadosos, por esto se prefiere comercializar la fruta que no haya alcanzado su madurez de consumo (**Sandoval Aldana et al., 2010**).

1.1.7.1. Atmósferas modificadas

La técnica de conservación en atmósfera modificada (AM) consiste en empacar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases, en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir el grado de respiración, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto. Dependiendo de las exigencias del alimento que se va a envasar, se requerirá una atmósfera con ambientes ricos en CO₂ y pobres en O₂, los cuales reducen el proceso de respiración en los productos, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un mayor tiempo (**Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008**).

El CO₂ ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano y fúngico, aunque su acción depende de factores como la concentración en la atmósfera y la temperatura de almacenamiento, ya que las temperaturas bajas aumentan la solubilidad del gas tanto intra como intercelularmente. Las altas concentraciones de gas (superiores al 20%) inducen reacciones anoxigénicas. El N₂ es un gas totalmente inerte y muy poco soluble en agua y grasa, lo que le convierte en un producto ideal para la conservación de alimentos y bebidas. Por sus características fisicoquímicas el N₂ es utilizado en el empaque en AM para reemplazar el O₂ del interior del envase y evitar problemas oxidativos en productos de alto contenido de grasa; otra de sus funciones es actuar como gas de relleno, evitando el “colapso de envase” cuando se utilizan altas

concentraciones de CO₂. El N₂ es efectivo contra los microorganismos pero es inoperante contra las bacterias anoxigénicas, para garantizar que dichas bacterias no se desarrollen en el empaque se utiliza una pequeña cantidad de O₂ (**Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008**), (**Pinto et al., 2016**).

La elección de la película plástica en este caso es fundamental, ya que debe tener características que le permitan la entrada controlada de O₂, en una cantidad que sustituya al captado por el producto fresco para su respiración. La permeabilidad de la película plástica debe permitir que la velocidad de entrada de O₂ al envase se iguale a la de captación por parte del producto para su respiración. Es importante destacar, que el valor de la presión a la cual se estabiliza el contenido de O₂ en el envase final depende del producto, la temperatura y la composición de la atmósfera interna y externa. Para estos productos se utilizan films de alta permeabilidad, todo lo contrario, cuando se quiere mantener inalterada la atmósfera interna, para ello se necesitan films de barrera, es por esto, que una de las opciones más aplicadas son los films micro perforados (20 a 100 µm) de polietileno (PE), polipropileno (PP), polipropileno biorientado (BOPP), entre otros (**Parzanese, 2012**).

Uno de los principales problemas de esta tecnología, es que durante el período de almacenamiento, la atmósfera gaseosa cambia continuamente debido a la influencia de diversos factores, tales como la respiración del producto envasado, cambios bioquímicos y la difusión de los gases a través del envase. En estudios realizados sobre el efecto del empaque en diferentes atmósferas modificadas, sobre la capacidad antioxidante de tres frutas ecuatorianas (arazá, naranjilla y tomate de árbol), encontraron que el contenido de polifenoles totales es el responsable de la capacidad antioxidante, obteniendo valiosa información sobre las propiedades biológicas durante el almacenamiento en frío y en AM (**Llerena, et al., 2020**).

1.1.7.2. Atmósfera controlada

Cuando la velocidad de consumo de O₂ y producción de CO₂ es acompañada con un buen intercambio gaseoso de la película, es posible tener una AM adecuada para el producto. El equilibrio se logra después de un determinado tiempo, dependiendo de

los requerimientos del aguacate, los cuales están en función de la temperatura y humedad relativa de almacenamiento. Cuando se alcanza el equilibrio puede lograrse concentraciones alrededor del producto entre 2 a 5% de O₂ y 3 a 8% de CO₂. Se ha observado, que estas concentraciones son eficaces para ampliar la vida útil de una amplia gama de frutas y hortalizas, retrasando los procesos de maduración y de senescencia, tales como la degradación de la clorofila, el ablandamiento, oscurecimiento enzimático y la disminución de los síntomas de daño por frío (**Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008**).

1.1.7.3. Temperatura de almacenamiento

La exposición entre 5 a 13 °C ayuda a conservar por un mayor tiempo la calidad del aguacate, aunque con frecuencia esta fruta se presenta bajo condiciones ambientales en los puntos de venta. El efecto cuando está expuesta a mayores temperaturas, no es tan crítico en el punto de venta, como en las etapas anteriores, porque los tiempos de rotación son del orden de 1 a 2 días, y el incremento en la temperatura favorece la maduración del fruto para su consumo (**Sandoval Aldana et al., 2010**).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la calidad física química y la vida útil del aguacate variedad Hass.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la composición de los gases de las atmósferas modificadas activas (mezcla de O₂, CO₂ y N₂) sobre la calidad físico – química.
- Seleccionar la mezcla gaseosa, con base a la relación entre las variables físicas y bioquímicas estudiadas, que permita prolongar la vida útil del aguacate variedad Hass.

- Determinar los días en que el fruto llega a su madurez comestible, después de salir de las mezclas gaseosas almacenadas en un cuarto frío.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula (H₀)

La aplicación de diferentes combinaciones gaseosas mediante atmósferas modificadas, no influye en la composición física química y la vida útil del aguacate variedad Hass.

1.3.2. Hipótesis alternativa (H_a)

La aplicación de diferentes combinaciones gaseosas mediante atmósferas modificadas, influye en la composición física química y la vida útil del aguacate variedad Hass.

1.4. Señalamiento de variables

1.4.1. Variables independientes

- Mezclas gaseosas (atmósfera modificada)
- Tiempo de almacenamiento

1.4.2. Variables dependientes

- pH
- Grasa
- Materia seca
- Firmeza
- Acidez titulable
- Pérdida de peso
- Color (L, a, b)

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Material vegetal

Para la ejecución de esta investigación se utilizó frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) de la variedad Hass; adquiridos en la Hacienda la Florencia ubicada en la parroquia Perucho en la provincia de Pichincha. El aguacate se cosechó en el estado de madurez fisiológica (INEN, 2015).

Las muestras después de ser cosechadas, se colocaron en gavetas plásticas, se etiquetaron, protegieron de la luz y se transportaron inmediatamente hasta la Unidad Operativa de la Dirección de Investigación y Desarrollo, Laboratorio de Canje de Deuda de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, en la provincia de Tungurahua; donde se realizó la preparación y el acondicionamiento de las muestras, para posteriormente iniciar con los ensayos de las atmosferas modificadas.

2.1.2. Reactivos, materiales y gases

- Hexano (ACS, 98%)
- Hidróxido de sodio (ACS)
- Empaques - (poliamida, adhesivo de coextrusión, capa sellante PEBD)
- Papeles adsorbentes - Elite
- Nitrógeno presurizado (99,9%) - Linde
- Oxígeno presurizado (99,5%) - Linde
- Dióxido de carbono presurizado (99,9%) - Linde
- Gas especial: Aire sintético seco, (20% Oxígeno en Nitrógeno) - Linde
- Gas especial: Dióxido de Carbono $\geq 99,9\%$ pureza - Linde
- Gas especial: Mezcla (0,8% Oxígeno en Nitrógeno) - Linde

2.1.3. Equipos

- Analizador y mezclador de gases
- Balanza analítica
- Cámara de refrigeración
- Cuarto de congelación
- Estufa de secado
- Extractor Soxhlet
- Potenciómetro digital
- Medidor de color

2.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por una muestra de tres frutos, en el estado de madurez fisiológico. Para cada atmósfera modificada (AM), se empacó tres frutos en fundas flexibles transparentes (poliamida, adhesivo de coextrusión, capa sellante PEBD, material multicapa con barrera a los aromas y gases como oxígeno, nitrógeno y gas carbónico, resistentes al rasgado y punzado) por triplicado, para cada tratamiento. Se colocó una repetición adicional de cada tratamiento, para establecer el tiempo de vida de anaquel.

2.3. Factores en estudio

Para la variedad Hass de aguacate se consideró como factores en estudio la composición de la Atmósfera Modificada (mezcla de O₂, CO₂, N₂) determinada en ensayos preliminares, tomando como referencia las investigaciones reportadas en la bibliografía (**Gayet J, et al, 1995; Vigyan K, 2010; De la Vega J, Cañarejo, M. y Pinto, N., 2017**), así como el tiempo de almacenamiento que se determinó hasta 60 días, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores en estudio para determinar la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la vida útil y calidad del aguacate variedad Hass.

FACTOR	NIVEL	DESCRIPCIÓN DE NIVEL
Composición de la Atmósfera Modificada	AM ₁	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂
	AM ₂	3% O ₂ – 5% CO ₂ – 92% N ₂
	AM ₃	4% O ₂ – 7% CO ₂ – 89% N ₂
	AM ₄	2% O ₂ – 10% CO ₂ – 88% N ₂
Tiempo de Almacenamiento	D ₁	Día 0
	D ₂	Día 10
	D ₃	Día 20
	D ₄	Día 30
	D ₅	Día 40
	D ₆	Día 50
	D ₇	Día 60

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Tratamientos

Los tratamientos constituyeron la combinación de los factores en estudio: tipo de atmósfera modificada (Factor A) y tiempo de almacenamiento (Factor B), se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos para determinar la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la calidad y la vida útil del aguacate, variedad Hass.

TRATAMIENTOS	
1. H AM ₁ D ₀	15. H AM ₃ D ₀
2. H AM ₁ D ₁₀	16. H AM ₃ D ₁₀
3. H AM ₁ D ₂₀	17. H AM ₃ D ₂₀
4. H AM ₁ D ₃₀	18. H AM ₃ D ₃₀
5. H AM ₁ D ₄₀	19. H AM ₃ D ₄₀
6. H AM ₁ D ₅₀	20. H AM ₃ D ₅₀

7. H AM ₁ D ₆₀	21. H AM ₃ D ₆₀
8. H AM ₂ D ₀	22. H AM ₄ D ₀
9. H AM ₂ D ₁₀	23. H AM ₄ D ₁₀
10. H AM ₂ D ₂₀	24. H AM ₄ D ₂₀
11. H AM ₂ D ₃₀	25. H AM ₄ D ₃₀
12. H AM ₂ D ₄₀	26. H AM ₄ D ₄₀
13. H AM ₂ D ₅₀	27. H AM ₄ D ₅₀
14. H AM ₂ D ₆₀	28. H AM ₄ D ₆₀

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Diseño experimental

Los tratamientos se organizaron en un diseño completamente al azar, cuatro mezclas gaseosas, analizadas durante siete momentos de almacenamiento (días de análisis), se realizó con tres repeticiones, dando un total de 28 tratamientos presentados en la Tabla 2. En la Tabla 3 se muestra el diseño experimental utilizado.

Tabla 3. Análisis de la fuente de variación y grados de libertad del diseño experimental para estudiar el efecto de las AM en la calidad, aguacate variedad Hass.

FUENTE DE VARIACIÓN		GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	FA _x FB _x R - 1	83
Factor A	A-1	3
Factor B	B-1	6
Interacción	AxB	18
Error experimental		56

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Análisis Funcional

Para los tratamientos que presentaron diferencias significativas se utilizó la prueba de Friedman, que es equivalente a una prueba ANOVA, lo cual consiste en ordenar los datos por filas y bloques reemplazándoles por su respectivo orden. Se utilizó a un nivel de significancia de 5%. Se utilizó el software estadístico InfoStat.

2.7. Evaluación de la calidad de la fruta durante el proceso de aplicación de las atmósferas modificadas, en la variedad Hass de aguacate.

En cada funda de poliamida con adhesivo de coextrusión con capa sellante PEBD, se colocaron tres frutos correspondientes a cada tratamiento, se realizó por triplicado, luego se realizó la inyección de los gases. La generación de las diferentes combinaciones gaseosas se realizó empleando un mezclador de gases KM100-3 FLOW (WITT Gasetechnik, Alemania) usando como suministro bombonas de gas a presión de oxígeno (pureza 99,5%), nitrógeno (pureza 99,9%) y dióxido de carbono (pureza 99,9%), un tanque de almacenamiento de mezcla y un sistema completo de recorrida neumática que incluye reguladores de presión de doble etapa (tipo Harris), válvulas de control de caudal, válvulas de corte, reducciones, conexiones rápidas y tubería de material polimérico (Angós, 2008), (Llerena et al., 2020).

Luego de empacar las muestras, se llevaron a la Planta de Procesamiento de Frutas del INIAP y se almacenaron en un cuarto de conservación a 8 ± 2 °C, 90% humedad relativa (HR), el muestreo se realizó cada 10 días hasta completar 60 días. Posterior a cada periodo de almacenamiento, el control de calidad de la fruta se realizó en los Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

2.8. Parámetros de calidad en el aguacate Hass que fueron sometidos a diferentes atmósferas modificadas.

2.8.1. Pérdida de peso (%)

Se tomó el peso en gramos de los frutos en una balanza analítica, al inicio y durante el periodo de conservación en las atmósferas modificadas, se calculó la pérdida de peso, por medio de la siguiente fórmula (Brito & Vásquez, 2013):

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Ecuación 1

Donde:

P_f = Peso al finalizar el periodo de almacenamiento (g)

P_i = Peso inicial (g)

2.8.2. Firmeza del fruto (Newton)

Se midió la fuerza de penetración sobre la cáscara del aguacate utilizando un penetrómetro digital, se utilizó una punta de 8 mm y la medida se realizó en cada lado del eje ecuatorial. Se reportó el valor medio en Newton (**Brito & Vásquez, 2013**).

2.8.3. pH (adimensional)

En el mesocarpio o la pulpa de la fruta se midió con un potenciómetro digital previamente calibrado, se registró la lectura del pH directamente del equipo, cuando el valor se estabilizó (**Brito & Vásquez, 2013**).

2.8.4. Acidez titulable (% ácido tartárico)

Se determinó la acidez en un peso conocido de la pulpa de la fruta, se llevó a un volumen conocido con agua destilada y se tituló con NaOH 0,1 N estandarizado, hasta un pH 8,2 utilizando un potenciómetro digital (**Brito & Vásquez, 2013**). Se calculó la acidez mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez Titulable (\% ácido tartárico)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N \times \text{meq} \times V_t}{P_m \times V_a} \times 100$$

Ecuación 2

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación (ml)

N = Normalidad del hidróxido de sodio

meq = Miliequivalentes del ácido tartárico 0,075

V_t = Volumen final (ml)

P_m = Peso de la muestra (g)

Va = Volumen de la alícuota (ml)

2.8.5. Materia Seca (%)

Se analizó en un peso conocido del mesocarpio o pulpa del fruto y se estableció la diferencia de la humedad de la muestra, que se pierde por volatilización a causa del calor, en una estufa a 105° C por ocho horas, se reportó en porcentaje (A.O.A.C., 2007). Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$MS(\%) = \frac{Prms - Pr}{Prmh - Pr} * 100$$

Ecuación 3

Donde:

MS = Porcentaje de materia seca
Pr = Peso del recipiente (g)
Prmh = Peso del recipiente más la muestra húmeda (g)
Prms = Peso del recipiente más la muestra seca (g)

2.8.6. Grasa (%)

El solvente (hexano) utilizado se condensa continuamente, extrayendo los materiales solubles al pasar a través de la muestra (pulpa de aguacate). El extracto se recogió en un balón que al completar el proceso se destila y se recoge en otro recipiente. El extracto que quedó en el balón se secó en una estufa a 65° C y se pesó, se reportó en porcentaje (A.O.A.C. 2007). Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Grasa(\%) = \frac{Pbr - Pb}{Pm} * 100$$

Ecuación 4

Donde:

Pb = Peso del balón (g)
Pbr = Peso del balón más residuo (g)
Pm = Peso de la muestra (g)

2.8.7. Color

El croma (C^* ; Ec. 5), tono Hue ($^\circ H$; Ec. 6) y el índice de oscurecimiento (IO; Ec. 7) de la fruta se evaluó empleando un colorímetro Color Tec-PCM[™], en el que se leyó directamente la luminosidad (L) y las coordenadas (a^* , b^*) (Brito & Vásquez, 2013).

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

Ecuación 5

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

Ecuación 6

$$IO = 100x \left(\frac{\frac{a + 1,75xL}{5,645xL + a - 3,012xb} - 0,31}{0,172} \right)$$

Ecuación 7

Donde:

C^* = es el croma

a^* = es la coordenada de color entre rojo (+) y verde (-)

b^* = es la coordenada de color entre amarillo (+) y azul (-)

$^\circ H$ = es el tono

\tan^{-1} = es el arco tangente

IO = es el índice de oscurecimiento

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

El análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el software estadístico InfoStat (IS).

Para cada una de las variables de respuestas evaluadas, a pesar de que los datos siguen una distribución normal, no cumplen con el supuesto de variancias homogéneas, para algunos casos los Factores y en otros sus Interacciones (AxB), esto ocasiona que al analizar mediante el ANOVA los datos de los Factores y de las Interacciones no presenten significancia estadística, a pesar de que sus medias entre tratamientos sean diferentes.

Por lo expuesto, se analizaron los datos por medio de estadística no paramétrica, utilizando específicamente el test de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

3.1.1. Análisis experimental de la pérdida de peso

En la Tabla 4 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmosferas modificadas sobre la pérdida de peso expresada en porcentaje, en el aguacate variedad Hass, durante los 60 días de almacenamiento.

Tabla 4. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro pérdida de peso (%) del fruto de aguacate, variedad Hass.

Composición Atmósfera Modificada	T. A. (días)	Pérdida de peso (%)		
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	0,001	± 0,001	abcd
	10	3,423	± 0,108	fgh

	20	4,637	± 0,084	jkl
	30	5,917	± 0,419	nopq
	40	6,497	± 0,055	rs
	50	7,217	± 0,405	uvw
	60	7,730	± 0,359	y
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	0,001	± 0,001	a
	10	3,467	± 0,387	fg
	20	4,227	± 0,206	ij
	30	5,720	± 0,121	mno
	40	6,210	± 0,441	pqr
	50	7,120	± 0,334	vwxy
	60	7,717	± 0,1	y
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	0,001	± 0,001	abc
	10	3,037	± 0,071	e
	20	4,327	± 0,199	ijk
	30	5,467	± 0,175	mn
	40	6,507	± 0,311	rst
	50	7,013	± 0,239	uv
	60	7,403	± 0,3	wxy
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	0,001	± 0,001	ab
	10	3,197	± 0,106	ef
	20	4,127	± 0,166	hi
	30	5,433	± 0,228	lm
	40	6,007	± 0,43	nop
	50	6,823	± 0,129	u
	60	7,243	± 0,137	wxy
P - value	< 0,0001			
T ² =	114,29			
n*=	3			

Fuente: Elaboración propia.

Para la pérdida de peso (%), se estableció que hasta los 20 días de almacenamiento este parámetro sigue una tendencia lineal, la mayor pérdida de peso es a los 60 días y se produce en las AM 3% O₂-5% CO₂-92% N₂ con 7,717% (±0,10) y 2% O₂-3% CO₂-95% N₂ con 7,730% (±0,36). El efecto contrario se da con la mezcla 2% O₂-10% CO₂-88% N₂ con 7,243% (±0,137); según lo presentado en el Gráfico 2.

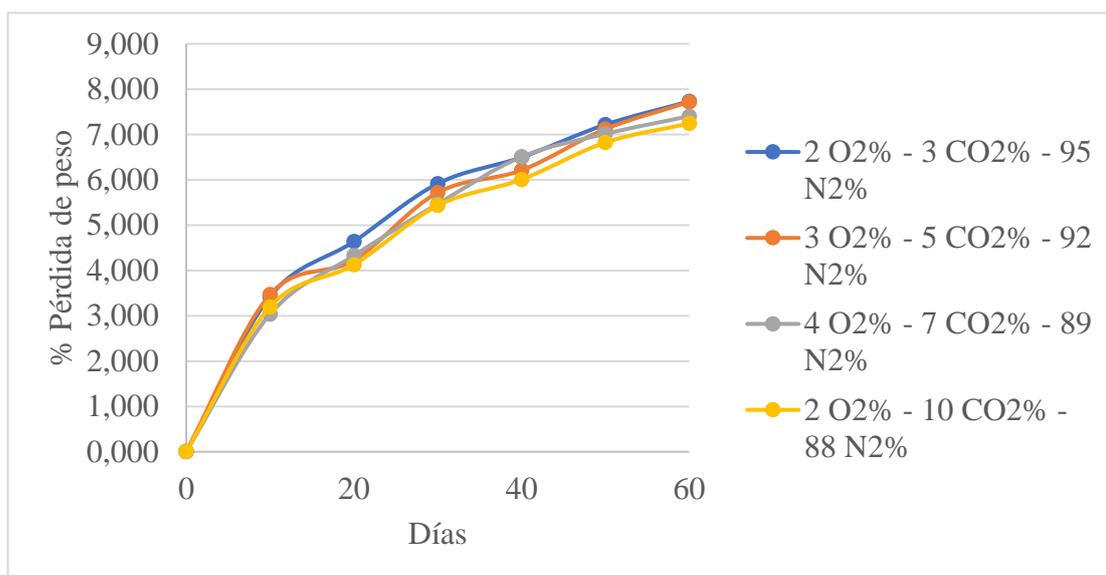


Gráfico 3. Curva de la pérdida de peso (%) del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados comprueban que una característica importante de los vegetales, en este caso del aguacate, que se debe tener en cuenta durante su almacenamiento y conservación, es que, como seres vivos que son, respiran tomando oxígeno (O₂) y desprendiendo dióxido de carbono (CO₂) y calor, a la vez que también transpiran, es decir, pierden agua, por lo tanto, pierden peso en el tiempo, hasta llegar a su maduración. En la Gráfica 3 se visualiza el intercambio gaseoso que se observó en los diferentes tratamientos.

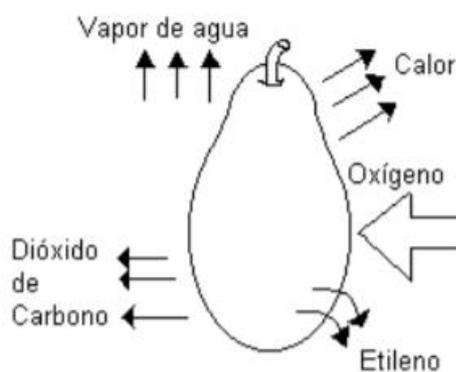


Gráfico 4. Intercambio gaseoso entre la fruta y el ambiente.

Fuente: Seymour, G. Chapman & Hall. L, 1993.

3.1.2. Análisis experimental de la firmeza

En la Tabla 5 se muestra el análisis (test de Friedman) al nivel de confianza del 95% por el efecto de las AM en la firmeza del aguacate, durante los 60 días almacenados.

Tabla 5. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro firmeza (N) del fruto de aguacate variedad Hass.

Composición Atmósfera Modificada	T. A. (días)	Firmeza (N)		
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	71,03	± 1,61	x
	10	66,18	± 1,87	efgh
	20	40,78	± 2,24	nop
	30	37,46	± 2,7	abcd
	40	36,82	± 2,63	stu
	50	34,81	± 2,94	hijkl
	60	32,05	± 0,53	hijklm
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	71,03	± 1,61	bcde
	10	69,29	± 1,75	ab
	20	41,55	± 1,6	mn
	30	40,07	± 0,38	efghi
	40	35,26	± 2,85	nopqr
	50	33,49	± 3,51	uvw
	60	30,66	± 1,71	x
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	71,03	± 1,61	stuv
	10	66,88	± 3,96	opqrst
	20	42,51	± 1,83	bcdef
	30	41,2	± 1,93	fghijk
	40	35,41	± 3,15	x
	50	33,51	± 2,31	nopq
	60	30,4	± 0,8	a
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	71,03	± 1,61	x
	10	67,21	± 6,38	no
	20	42,37	± 1,48	abc
	30	40,6	± 1	opqrs
	40	35,45	± 0,93	fghij
	50	34,05	± 2,53	uvwxy
	60	30,68	± 3,91	cdefg

P - value < 0,0001

T²= 40,59

n*= 3

Fuente: Elaboración propia.

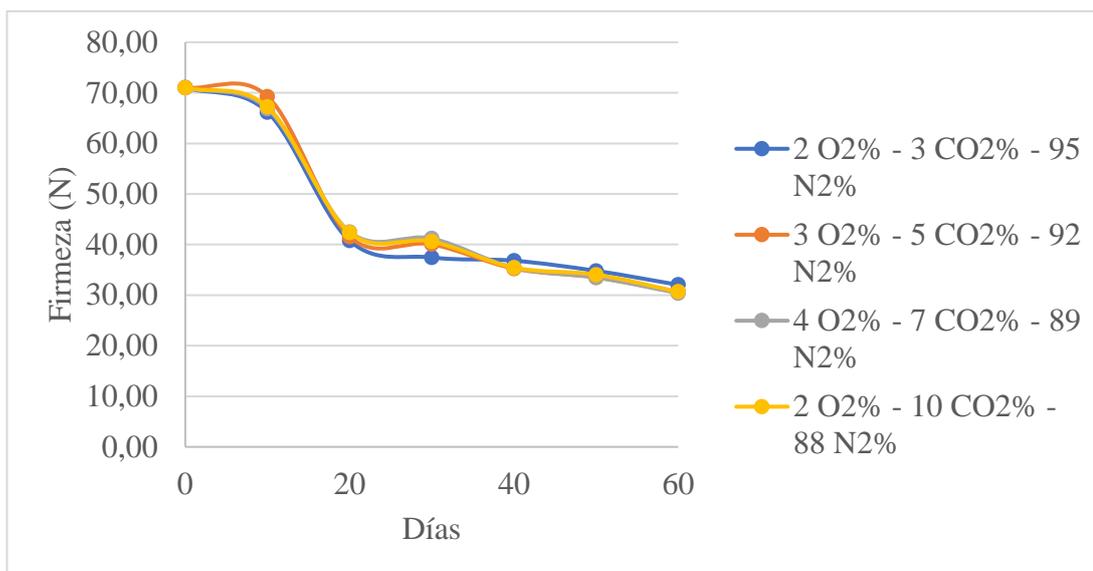


Gráfico 5. Curva de la firmeza del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.

Fuente: Elaboración propia.

La firmeza (N) según el Gráfico 5, determinó que durante los primeros 10 días de almacenamiento no influye el tipo de AM, a los 20 días se evidencia el efecto de la composición de las AM sobre este parámetro, llegándose a estabilizarse a los 40 días de almacenamiento. El menor valor de 30,40 N ($\pm 0,80$) se registra con el tratamiento 4% O₂-7% CO₂-89% N₂, 60 días; el efecto contrario se consigue con el tratamiento 2% O₂-3% CO₂-95% N₂, a los 60 días con 32,05N ($\pm 0,53$). Con base al análisis realizado, se pudo establecer que a medida que disminuye este parámetro el contenido de grasa y materia seca aumenta.

El proceso de ablandamiento del aguacate, durante la maduración, es lo más característico que experimenta la fruta. Esto va asociado a cambios en los azúcares y pectatos de calcio que conforman la lamela media, hemicelulosa y celulosa. Las enzimas relacionadas con este proceso son las poligalacturonasas y celulasa (**Ferreira et al., 2012**).

3.1.3. Análisis experimental del pH

En la Tabla 6 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las AM sobre el pH del aguacate, en los 60 días almacenados.

Tabla 6. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro pH del fruto de aguacate variedad Hass.

Composición A. M.	T. A. (días)		Medición de pH	
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	6,39	± 0,07	lmnopqr
	10	6,35	± 0,12	ijklm
	20	5,98	± 0,06	abc
	30	6,16	± 0,02	abcdef
	40	6,27	± 0,07	efghij
	50	6,31	± 0,04	ghijkl
	60	6,44	± 0,03	mnopqrstuv
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	6,39	± 0,07	lmnopqrst
	10	6,29	± 0,02	efghijk
	20	6,00	± 0,08	ab
	30	6,20	± 0,02	abcdefg
	40	6,40	± 0,05	mnopqrstu
	50	6,23	± 0,04	bcdefgh
	60	6,65	± 0,32	v
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	6,39	± 0,07	lmnopqrs
	10	6,45	± 0,06	opqrstuv
	20	5,81	± 0,03	a
	30	6,37	± 0,02	klmnop
	40	6,27	± 0,05	defghi
	50	6,44	± 0,06	mnopqrstuv
	60	6,42	± 0,03	mnopqrstuv
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	6,39	± 0,07	lmnopq
	10	6,15	± 0,02	abcde
	20	6,06	± 0,12	abcd
	30	6,37	± 0,1	klmno
	40	6,41	± 0,26	ijklmn
	50	6,41	± 0,02	mnopqrstuv
	60	6,46	± 0,06	qrstuv

P - value < 0,0001

T²= 10,41

n*= 3

Fuente: Elaboración propia.

Para el parámetro pH durante los días de almacenamiento, los valores de pH no siguen una tendencia lineal, con el tratamiento 3% O₂-5% CO₂-92% N₂; a los 60 días se alcanza un mayor valor de pH de 6,65 (±0,32), el efecto contrario se consigue con el

tratamiento 4% O₂-7% CO₂-89% N₂; 60 días con 6,42 (±0,03), como se puede observar en el Gráfico 5.

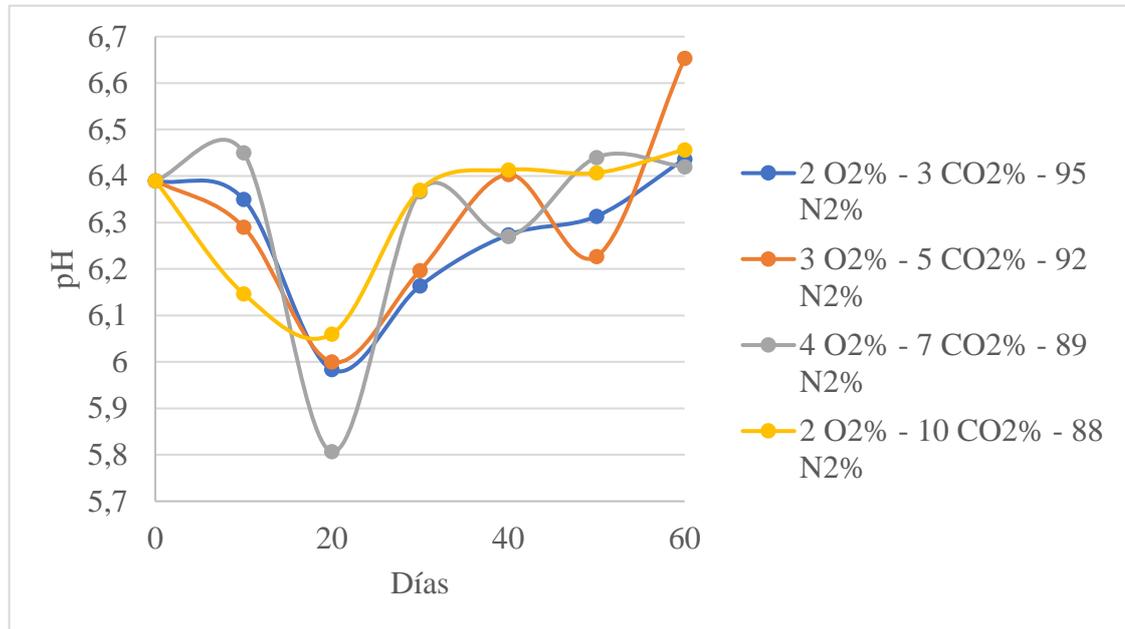


Gráfico 6. Curva del pH del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas gaseosas.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores que se ubican en 6,65 y 6,42 son afines a los resultados reportados por (Henríquez Arias et al., 2013), durante todo el tiempo de observación y análisis el fruto que se encuentra con las mezclas gaseosas, no tienen mayor variación, por ende, este parámetro de calidad se encuentra dentro de los estándares establecidos. De igual manera en la norma NTE INEN 1755:2009 reporta el pH óptimo de consumo de la variedad Hass en un rango de 6,45 y 6,47, que no se alejan de los resultados obtenidos durante toda la parte experimental, en la fruta que hasta los 60 días no alcanzo la madurez de consumo.

El comportamiento del pH se asocia con el contenido de ácidos orgánicos presentes en el fruto, ya que en el periodo de maduración tienden a disminuir, debido a que se consumen en los diferentes ciclos metabólicos y, además, muchos actúan como precursores de sustancias volátiles en la maduración (Márquez et al., 2014). Es decir que existe una relación inversa entre el contenido de ácidos orgánicos y el pH.

3.1.4. Análisis experimental de la acidez titulable

En la Tabla 7 se muestra el análisis (test de Friedman) nivel de confianza 95% del efecto de las AM en la acidez titulable, del aguacate var. Hass, 60 días almacenado.

Tabla 7. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro acidez titulable (% ácido tartárico) del fruto de aguacate variedad Hass.

Composición Atmósfera Modificada	T. A. (días)	Acidez titulable (% ácido tartárico)		
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	0,13	± 0,01	cdefghijklmnopqr
	10	0,09	± 0,01	abcdefghijkl
	20	0,09	± 0,02	abcdefghijkl
	30	0,1	± 0,01	u
	40	0,09	± 0,01	ghijklmnopqrstu
	50	0,08	± 0,01	abcdefghijkl
	60	0,08	± 0,01	abcdefghijkl
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	0,13	± 0,01	defghijklmnopqrs
	10	0,09	± 0,01	u
	20	0,08	± 0,01	ijklmnopqrstu
	30	0,08	± 0,01	abcd
	40	0,1	± 0,02	abcdefg
	50	0,1	± 0,01	bcdefghijklmn
	60	0,08	± 0	ab
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	0,13	± 0,01	u
	10	0,08	± 0,01	abc
	20	0,09	± 0,01	klmnopqrstu
	30	0,09	± 0,01	cdefghijklmnopq
	40	0,1	± 0,01	cdefghijklmnop
	50	0,1	± 0,01	ghijklmnopqrstu
	60	0,08	± 0,01	abcdef
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	0,13	± 0,01	abcde
	10	0,09	± 0,01	defghijklmnopqrst
	20	0,08	± 0,01	bcdefghijklm
	30	0,1	± 0,01	bcdefghijkl
	40	0,09	± 0,01	a
	50	0,09	± 0,02	u
	60	0,07	± 0	cdefghijklmno
P - value	< 0,0001			
T ² = 4,16				
n* = 3				

Fuente: Elaboración propia.

Se comprobó que el tiempo (días) de almacenamiento influye sobre este parámetro, como se visualiza en el Gráfico 7, un menor valor de 0,07% ($\pm 0,00$) se obtuvo con el tratamiento 2% O₂-10% CO₂-88% N₂ a los 60 días, el efecto contrario se produce con 2% O₂-3% CO₂- 95% N₂; 60 días con 0,08% ($\pm 0,01$). Estos valores tienen similitud a los obtenidos por (Astudillo et al., 2017), sin embargo se escogió la mejor mezcla 2% O₂-10% CO₂-88% N₂ debido a que presenta un menor valor de acidez a los 60 días; tomando en cuenta que los ácidos grasos se acumulan rápidamente durante la maduración e influyen directamente en este parámetro.

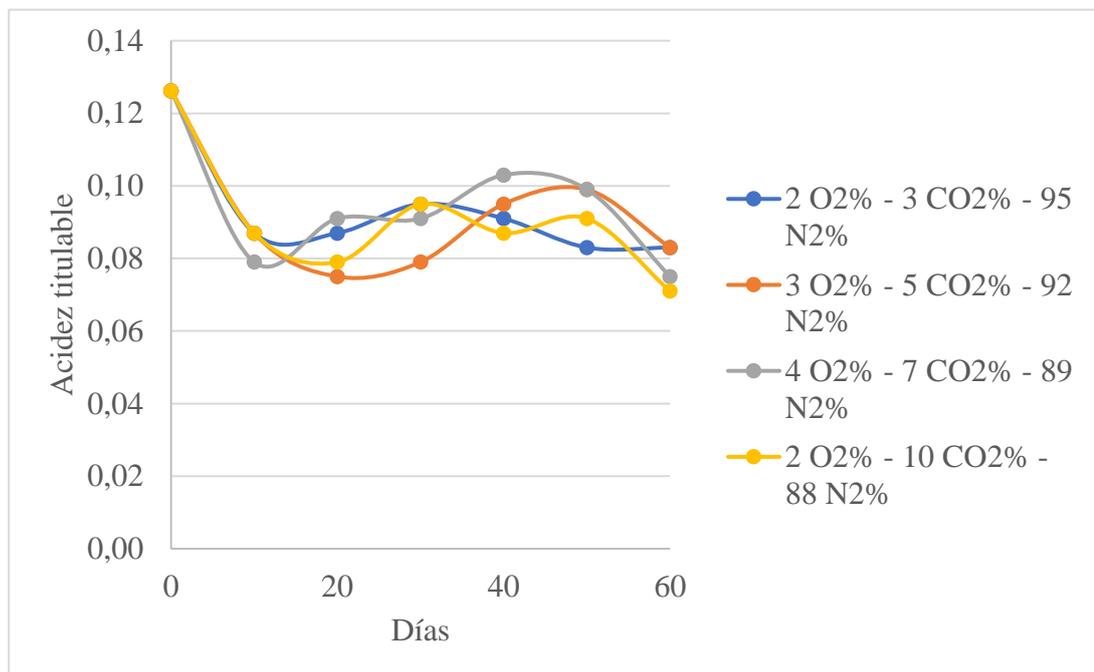


Gráfico 7. Curva de la acidez titulable del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas

Fuente: Elaboración propia.

La disminución en la acidez, está asociada al consumo de los ácidos orgánicos en los diferentes ciclos metabólicos del fruto, entre ellos el ácido tartárico que predomina en el aguacate. Estos compuestos son utilizados para proporcionar la energía requerida por el fruto durante el proceso de maduración (Caparrotta et al., 2015).

El comportamiento de la acidez también puede verse afectado por la presencia de compuestos diferentes a los ácidos orgánicos y que pueden influir en la medida de la acidez, por ejemplo, los ácidos grasos, los cuales se acumulan rápidamente durante la maduración (Buelvas et al., 2012).

3.1.5. Análisis experimental de la materia seca

En la Tabla 8 se muestra el análisis (test de Friedman) nivel de confianza 95% del efecto de las AM en la materia seca, del aguacate var. Hass, 60 días almacenado.

Tabla 8. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro materia seca (%) del fruto de aguacate variedad Hass.

Composición Atmósfera Modificada	T. A. (días)	Materia Seca (%)		
			±	
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	24,18	± 0,37	abcd
	10	26,85	± 0,13	efgh
	20	27,07	± 0,18	ghijk
	30	27,38	± 0,38	jklmn
	40	27,64	± 0,18	nopqr
	50	28,00	± 0,16	opqrst
	60	29,69	± 1,23	uv
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	24,18	± 0,37	a
	10	26,78	± 0,8	ghijk
	20	27,58	± 0,39	mnop
	30	28,49	± 0,82	qrstu
	40	28,77	± 0,82	stuv
	50	29,04	± 0,97	tuv
	60	29,67	± 1,08	v
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	24,18	± 0,37	abc
	10	25,71	± 1,01	abcde
	20	27,00	± 0,04	efghi
	30	27,27	± 0,19	ghijklm
	40	27,63	± 0,16	lmno
	50	27,76	± 0,18	nopq
	60	29,28	± 0,66	tuv
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	24,18	± 0,37	ab
	10	25,54	± 0,69	abcdef
	20	26,46	± 0,9	efg
	30	26,89	± 0,88	ghijkl
	40	28,07	± 0,82	opqrs
	50	28,63	± 0,62	stuv
	60	29,61	± 1,61	uv
P - value	< 0,0001			
T ² =	23,44			
n*=	3			

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que tanto la composición de la AM y los días de almacenamiento influye en este parámetro, como se observa en el Gráfico 8, llegando a estabilizarse a los 60 días, el tratamiento que registro el valor más alto de 29,67% ($\pm 1,08$) fue 3% O₂-5% CO₂-92% N₂; 60 días el menor valor de 29,28% ($\pm 0,66$) se alcanza con 4% O₂-7% CO₂-89% N₂. Las diferencias referidas al momento de la cosecha están relacionadas con el proceso que el fruto sigue realizando mientras aún se encuentra en el árbol, la acumulación de materia seca y ácidos grasos, aumento en el contenido de azúcares, disminución de ácidos orgánicos (Pérez de los Cobos, 2012).

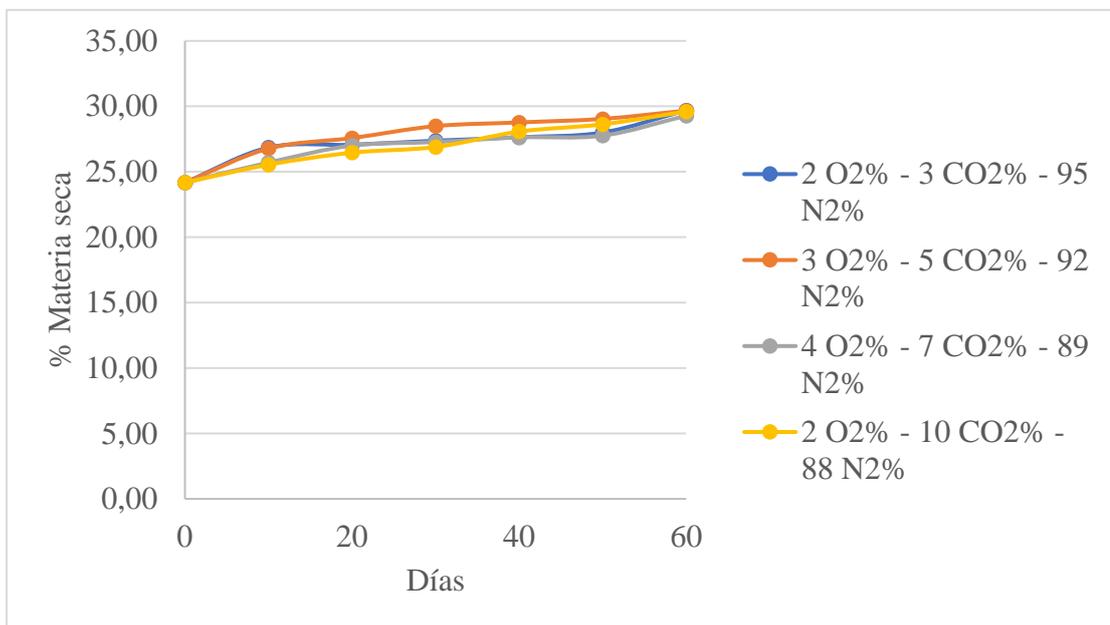


Gráfico 8. Curva de materia seca del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.

Fuente: Elaboración propia.

Aproximadamente el 30% de la variación de días en lograr la materia seca ideal (mayor al 30%) en la cosecha está definida por las características climáticas de la zona. Otras razones de esta diferencia pueden ser atribuidas al manejo agronómico (nutrición nitrogenada, poda, edad del huerto, densidad de plantación, etc.). De acuerdo a lo esperado, está condicionado a las características de cada huerto o situación. La diferencia en materia seca entre las zonas costeras e interiores se debe a las diferencias climáticas (radiación, temperatura evapotranspiración potencial, amplitud térmica, etc.) que está relacionada con la altitud de la zona respecto al nivel del mar (Ferreyra et al., 2012).

3.1.6. Análisis experimental de la grasa

En la Tabla 9 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las AM sobre la grasa del aguacate, en los 60 días almacenados.

Tabla 9. Prueba no paramétrica de Friedman para el parámetro grasa (%) del fruto de aguacate variedad Hass.

Composición Atmósfera Modificada	T. A. (días)	Grasa (%)*		
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	14,27	±	0,57 abcd
	10	15,79	±	0,80 abcdefgh
	20	17,43	±	0,75 fghijk
	30	18,25	±	0,56 ijkl
	40	18,60	±	0,57 lmnopq
	50	19,18	±	0,13 stuvw
	60	19,43	±	0,36 tuvwxy
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	14,27	±	0,57 abc
	10	15,83	±	1,34 abcdefg
	20	17,27	±	0,69 fghij
	30	18,46	±	0,46 jklm
	40	18,74	±	0,38 lmnopqr
	50	18,99	±	0,26 opqrst
	60	19,16	±	0,36 rstuvw
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	14,27	±	0,57 a
	10	15,33	±	1,34 abcde
	20	16,69	±	1,38 efghi
	30	18,39	±	0,28 jklmn
	40	18,62	±	0,13 lmnop
	50	18,88	±	0,22 lmnopqrs
	60	19,21	±	0,17 stuvw
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	14,27	±	0,57 ab
	10	15,49	±	0,63 abcdef
	20	18,24	±	0,97 klmno
	30	18,95	±	0,46 pqrstu
	40	19,30	±	0,15 tuvwxy
	50	19,49	±	0,28 vwxy
	60	19,80	±	0,16 y
P - value	< 0,001			
T ² = 21,14				
n*= 3 (Base fresca)				

Fuente: Elaboración propia.

Para la grasa (%), se determinó que hasta los 20 días de almacenamiento no influye el tipo de AM, a partir de los 30 días se empieza a evidenciar el efecto de la composición de las AM sobre este parámetro, registrando a los 60 días un mayor contenido de grasa de 19,80 ($\pm 0,16$) % con el tratamiento 2O₂%-10CO₂%-88N₂%, mientras que el efecto contrario se produce con el tratamiento 3O₂%-5CO₂%-92N₂%; 60 días con 19,16 ($\pm 0,36$) %, lo expuesto se observa en la Gráfica 9.

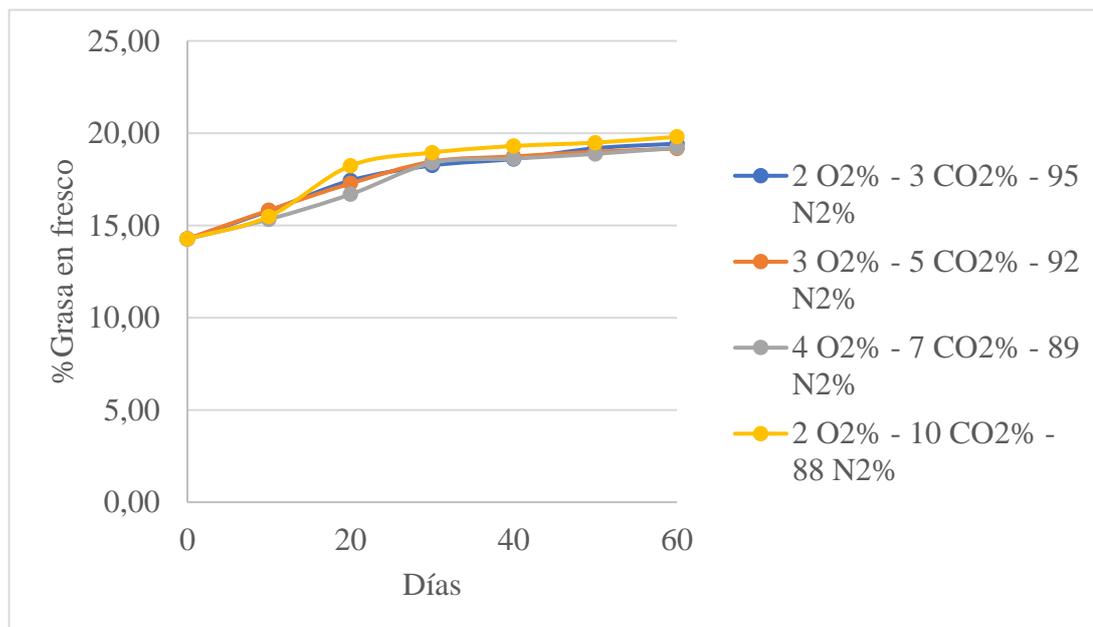


Gráfico 9. Curva de grasa en fresco del aguacate variedad Hass almacenados en diferentes mezclas de atmósferas modificadas.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar con la norma INEN 1755:2009, se puede afirmar que el contenido de grasa del aguacate ha alcanzado la madurez comercial. Con base a los resultados del análisis estadístico se podría afirmar que deben pasar 40 días de almacenamiento para alcanzar la madurez comercial independiente del tipo de AM empleada.

La variedad Hass presenta un alto contenido lipídico de excelentes características nutricionales, siendo una excelente fuente de aceite, el que posee entre 70% y 77% de grasas monoinsaturadas (Olaeta et al, 2007), incluyendo entre 63% y 69% de ácido oleico, 14% de ácido palmítico y trazas de ácido esteárico, mirístico, linolénico y raquíico (Zhong et al., 2007), (Castro, 2008).

3.1.8. Análisis del Color

La tolerancia del color, sería la máxima diferencia de color admitida de un producto en relación a un estándar que el consumidor considera ideal. En la Gráfica 9 se observan las coordenadas Cie $L^*a^*b^*$, con las que se pueden correlacionar las diferencias de color numéricas a las evaluaciones visuales de la persona. Los valores de tolerancia deberían ser definidos entre el proveedor y el consumidor, y usados para determinar si la fruta pasa o no el proceso de inspección dentro del control de calidad del producto (Gilabert, 2007).

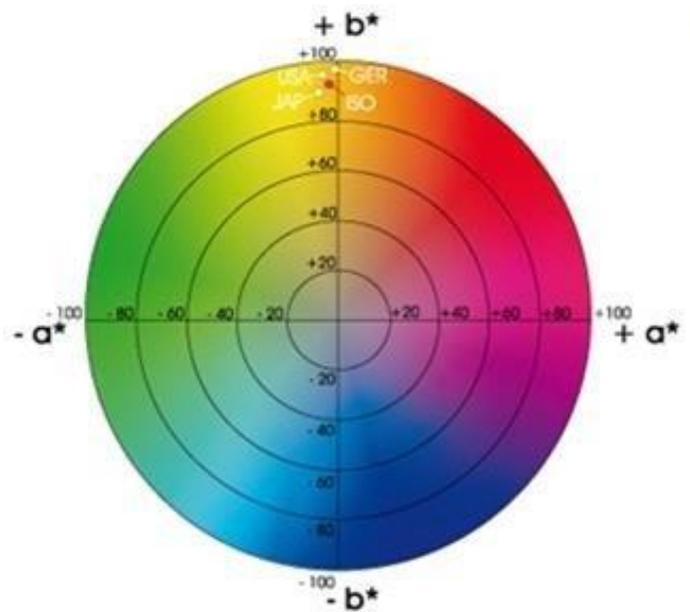


Gráfico 10. Modelo de color Cie L^*a^*b

Fuente: Minolta, 1994.

En la Tabla 10 se presenta los valores obtenidos para los parámetros L^* a^* b^* para el fruto del aguacate en la parte externa (cáscara) y la parte interna (pulpa). En la cáscara, la mezcla 4: 2% O_2 -10% CO_2 - 88% N_2 la luminosidad empieza en el día 0 con un valor de 42,53 hasta el día 60 que termina con un valor de 32,46. Por otro lado los valores de a^* en el día 0 reportan -6,14 hasta el día 60 con -0,77, de igual manera el parámetro b^* empieza el día 0 con 7,87 hasta el día 60 con 22,30. En todos los tratamientos hasta los 60 días la cáscara mantuvo el color verde, sin llegar a cambiar al violáceo oscuro, característico de la variedad Hass, cuando alcanza la madurez de consumo.

Tabla 10. Parámetros CIE L*a*b* para el color externo e interno del aguacate Hass.

Mezcla Gaseosa	Días	Variedad Hass					
		Color Externo (cáscara)			Color Interno (pulpa)		
		L	a	b	L	a	b
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	42,53	-6,14	7,87	75,99	-12,33	36,99
	10	41,98	-5,05	8,91	75,64	-12,01	36,59
	20	40,58	-4,23	10,70	72,89	-11,25	36,00
	30	39,37	-3,22	12,76	71,25	-10,22	35,34
	40	38,70	-1,49	13,69	65,65	-8,48	34,11
	50	38,26	-1,22	14,83	64,10	-7,75	32,60
	60	32,94	-1,13	17,09	62,14	-4,92	30,64
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	42,53	-6,14	7,87	75,99	-12,33	36,99
	10	41,94	-5,04	8,66	74,67	-12,00	36,57
	20	40,52	-4,04	10,62	72,89	-11,61	36,26
	30	39,68	-3,10	11,92	70,94	-9,63	35,99
	40	37,28	-1,34	13,17	65,05	-8,08	35,64
	50	35,57	-1,10	14,35	63,88	-7,93	30,65
	60	32,75	-0,98	16,73	60,84	-5,94	28,28
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	42,53	-6,14	7,87	75,99	-12,33	36,99
	10	41,75	-4,86	8,03	73,46	-11,80	36,77
	20	40,95	-4,15	9,11	71,30	-11,13	36,52
	30	39,50	-3,74	11,29	70,14	-10,47	35,54
	40	38,23	-1,39	12,34	64,24	-8,12	34,30
	50	36,46	-1,12	13,64	62,35	-7,59	30,49
	60	31,64	-0,92	17,95	59,56	-6,43	27,68
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	42,53	-6,14	7,87	75,99	-12,33	36,99
	10	42,53	-5,23	9,26	74,18	-12,25	36,76
	20	41,63	-3,96	11,09	71,79	-11,06	35,71
	30	40,56	-3,08	11,77	69,53	-10,22	34,97
	40	40,18	-1,39	12,93	64,02	-7,99	34,33
	50	38,48	-1,03	15,12	68,53	-7,40	32,00
	60	32,46	-0,77	22,35	60,60	-6,54	31,57

Fuente: Elaboración propia.

En la pulpa del aguacate Hass, el comportamiento de la luminosidad o claridad tiene una tendencia decreciente, desde el día de su cosecha hasta el día 60 que fue el último día de observación, para las cuatro mezclas gaseosas que tienden a la opacidad. Todas las mezclas se encuentran en la sección de color verde. Los valores de (-a) tienden al cero, así como los valores de (+b), que muestran la tendencia al color verde característico de esta variedad.

3.1.8.1. Índice de Oscurecimiento

En la Gráfica 11 se puede observar una tendencia creciente en todos los tratamientos, sin embargo, el Índice Oscurecimiento en la cáscara empieza el día 0 con 8,61 y termina en el día 60 con valores comprendidos entre 64,00 y 102,68, tomando así un color más oscuro; característico de esta variedad, observándose que la Mezcla 4 tiene un mayor valor.

Se debe tener cuidado el momento de diferenciar el cambio de color de forma natural que se da en el aguacate, ya que también la disminución de azúcares durante los procesos de maduración puede estar asociada con su degradación, ya que estos compuestos son usados como fuente de carbono y energía para la producción de etileno, procesos enzimáticos y modificaciones del color en la cáscara (cambios de tonalidades verdes a moradas o negras) (Liu et al., 1999).

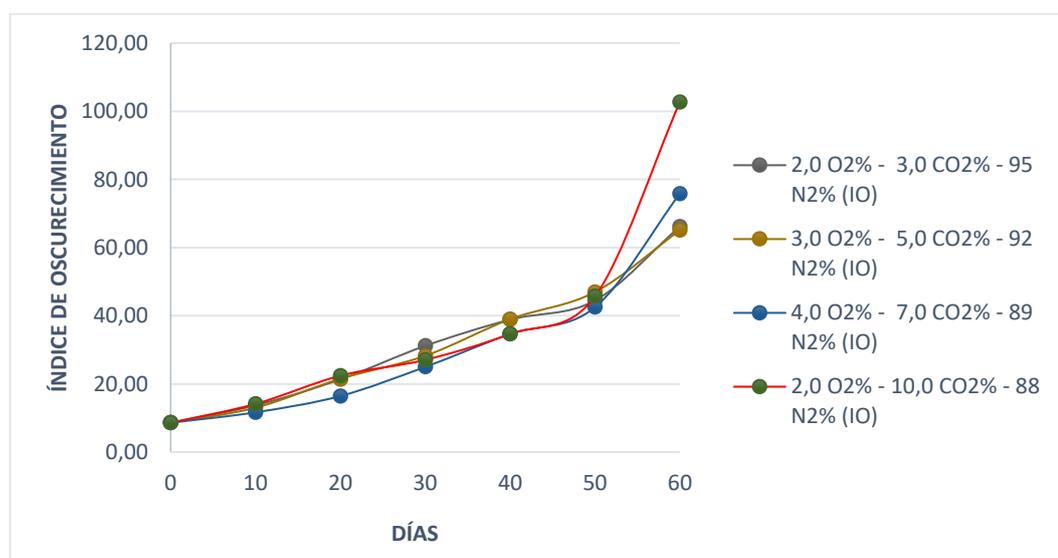


Gráfico 11. Índice de oscurecimiento (IO) de la cáscara de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 12 se presentan los valores calculados para el índice de oscurecimiento de la pulpa de aguacate Hass. Empieza en el día 0 con un valor de 49,60 y llega al día 60 con valores entre 50,00 y 60,00, es decir las mezclas de los diferentes gases en cada atmósfera mantiene el color característico de la pulpa de aguacate a través del tiempo.

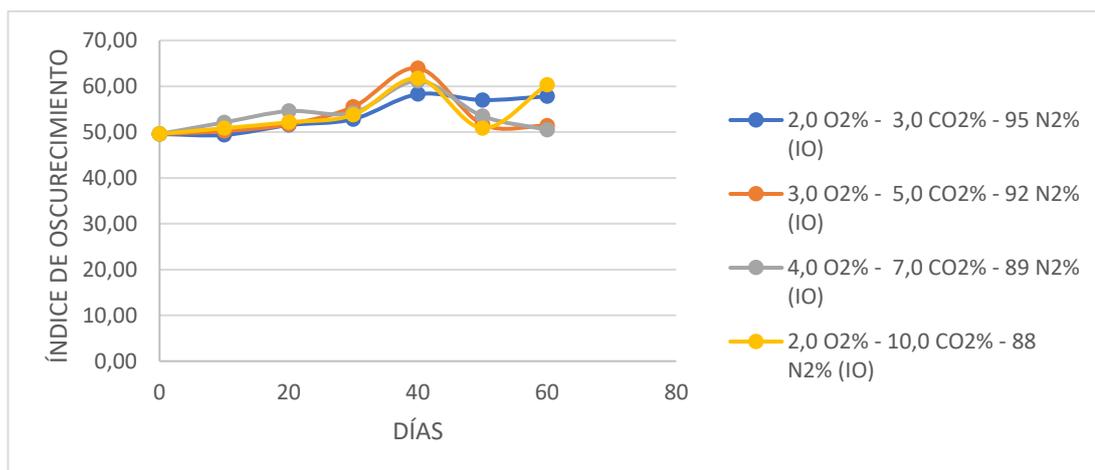


Gráfico 12. Índice de oscurecimiento (IO) de la pulpa de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia

El pardeamiento de pulpa, se puede producir por una serie de factores, incluyendo presencia de altas concentraciones de CO₂ durante el almacenamiento, uso de baja temperatura durante el almacenaje, edad avanzada de la fruta a la cosecha o senescencia de la fruta. El pardeamiento también es el resultado de la oxidación de compuestos fenólicos que están almacenados en las vacuolas, los que luego de la pérdida de las membranas son oxidados por la acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO) presente en el citoplasma (Ferreyra et al., 2012).

3.1.8.2. Cromaticidad

El croma es la cromaticidad o nivel de coloración, está relacionado con la mayor o menor intensidad en la cascara del fruto, cuando el valor es alto se relaciona con el color más claro o puro en contrario si es bajo indica un color más oscuro u opaco (Brito & Vásquez, 2013).

En el croma se observa en el Gráfico 13, para la cáscara del aguacate Hass es una regresión polinómica, sin embargo, en el tratamiento que más difiere es la mezcla 2% O₂-10% CO₂-88% N₂ que tiende a aumentar significativamente, en comparación con las otras tres mezclas que no tienen mayor diferencia entre las mismas; esta mezcla presenta menor opacidad ya que valores más altos representan menor impacto de oscurecimiento, en el día 0 partimos con un valor de croma de 9,98 terminando el día

60 con 22,36, observando así un parámetro de calidad positivo, ya que es muy vistoso para el consumidor al momento de la compra.

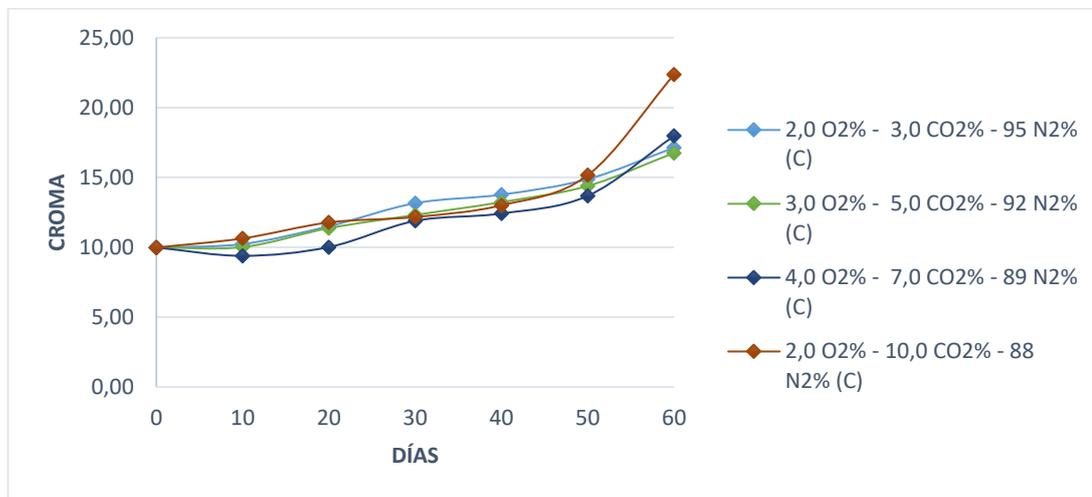


Gráfico 13. Croma (C) de la cáscara de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 14 se presenta los valores calculados para el Croma en la pulpa, que empieza en el día 0 con un valor de 38,99 y termina a los 60 días con valores comprendidos entre 28,00 y 31,00, determinando así que las atmósferas modificadas de cada una de las mezclas utilizadas no afectan significativamente la calidad física de los frutos.

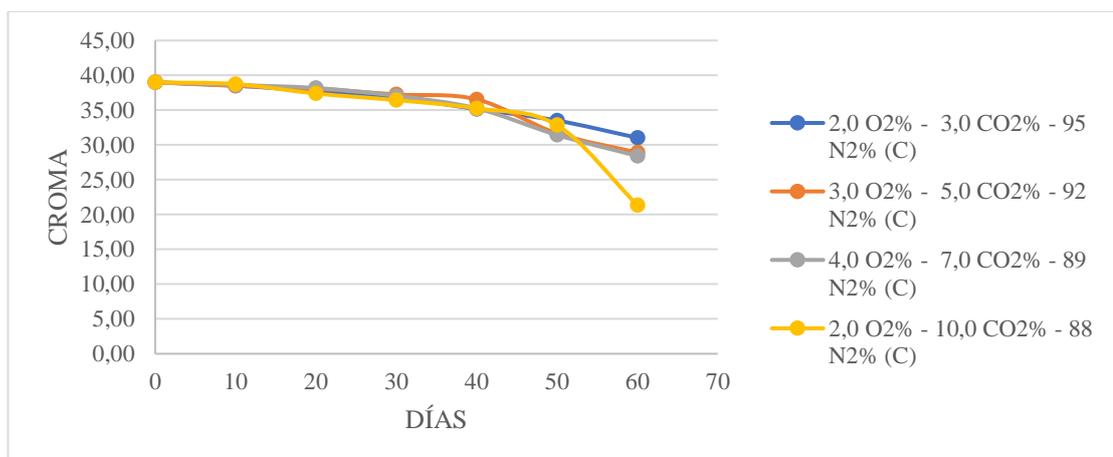


Gráfico 14. Croma (C) de la pulpa de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.8.3. Ángulo Hue

El ángulo Hue ($^{\circ}\text{H}$), indica el tono de la muestra, es una magnitud derivada que puede ser representada en un plano cartesiano, con los ejes a y b, el intervalo puede estar de 0° y 360° . El tono verdoso que caracteriza a la cáscara del aguacate, tiende a perderse con el tiempo a un color más pálido como se puede observar en el Gráfico 14 todos los tratamientos, sin tener una diferencia significativa en este parámetro, los valores oscilan entre 127,97 en el día 0 y 90,00 a 95,00 en el día 60.

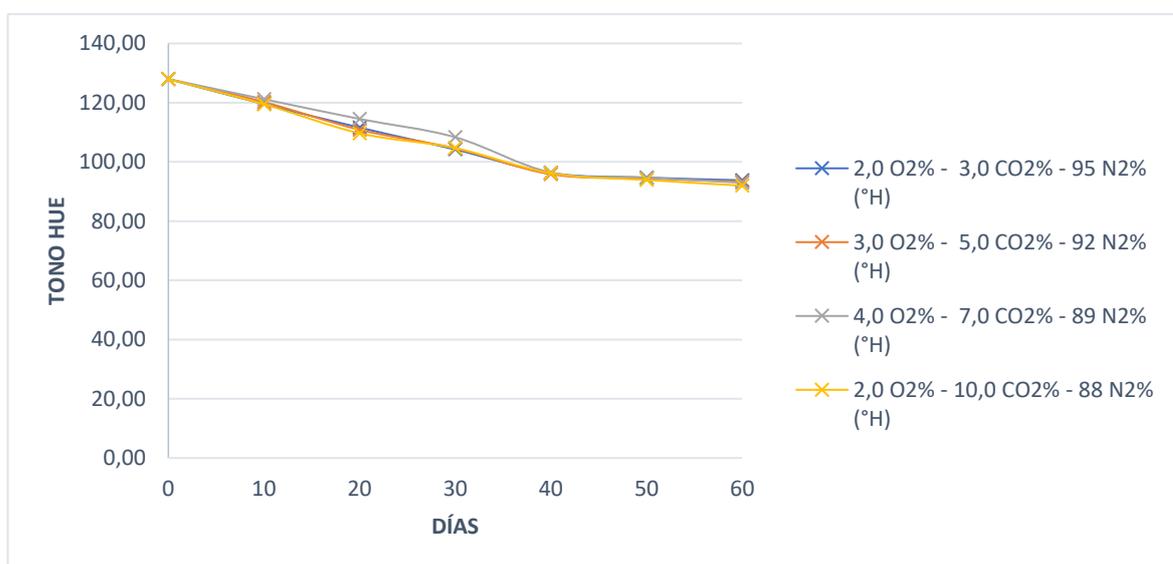


Gráfico 15. Tono Hue ($^{\circ}\text{H}$) de la cáscara de aguacate Hass

Fuente: Elaboración propia.

En la pulpa del aguacate variedad Hass, las cuatro mezclas gaseosas muestran un Tono ($^{\circ}\text{H}$) con valores de inicio en el día 0 con 108,43 hasta el día 60 con valores comprendidos entre 99,00 y 104,00, observando una tonalidad de verdosa a ligeramente amarilla, en todos los frutos expuestos a las cuatro atmósferas modificadas, resultados que se presentan en la Gráfica 16.

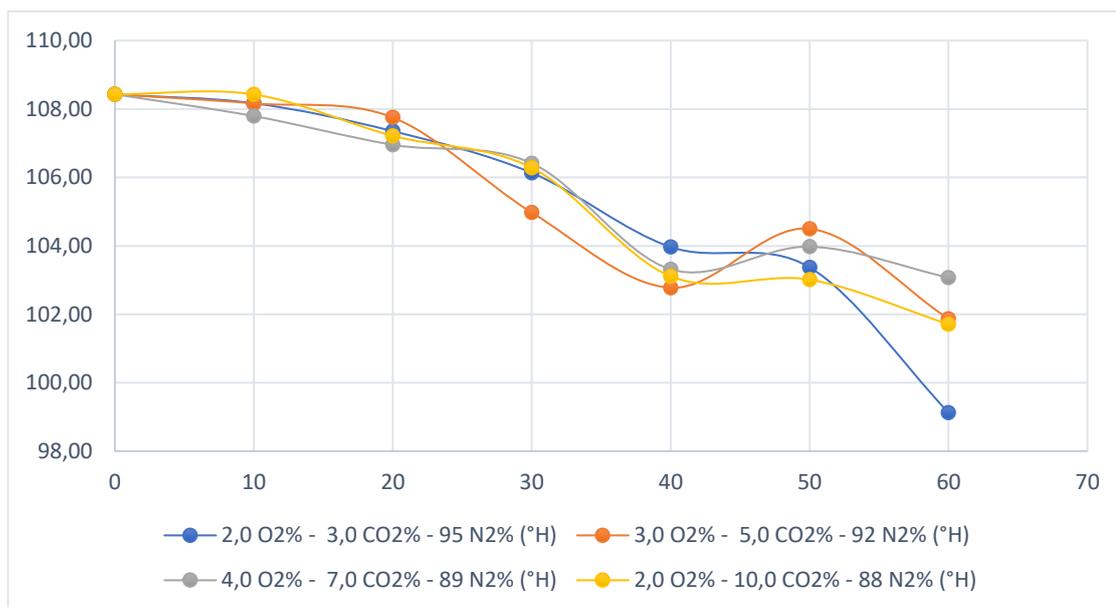


Gráfico 16. Tono Hue (°H) de la pulpa de aguacate Hass.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Tiempo en alcanzar la madurez de consumo de los frutos de aguacate variedad Hass, posterior al período de conservación en las atmósferas modificadas.

En la Tabla 11, se presenta para la variedad Hass de aguacate, el tiempo transcurrido desde el momento del muestreo de los frutos (0 días) y posterior a cada periodo de conservación en las condiciones de las cuatro atmósferas modificadas, y el tiempo requerido por la fruta para alcanzar la madurez de consumo, a las condiciones de ambiente natural realizado en los laboratorios de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Los valores promedio de la temperatura y humedad relativa fueron de 18° C y 84% (Estación Izobamba, INAMHI).

Tabla 11. Días en alcanzar la madurez de consumo del aguacate Hass, posterior al muestreo de cada tratamiento

Mezcla Gaseosa	Conservación en Atmósferas Modificadas a 8 °C (Días)	Tiempo en alcanzar la madurez de consumo (Días)
M1: 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	18
	10	11
	20	9
	30	9
	40	6

	50	5
	60	5
	0	18
	10	11
M2: 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	20	9
	30	9
	40	6
	50	5
	60	5
	0	18
	10	11
M3: 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	20	9
	30	9
	40	6
	50	5
	60	5
	0	18
	10	16
M4: 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	20	13
	30	10
	40	9
	50	8
	60	7

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 17 se observa el proceso de maduración de los frutos de la variedad Hass posterior a cada tiempo de almacenamiento bajo las condiciones de las cuatro atmósferas modificadas.

Se determina que la Mezcla 4 (2% O₂-10% CO₂-88%N) con las condiciones iniciales a la cosecha (0 días) para el contenido de materia seca de 24,12% y grasa de 14,27%, los frutos tienen un mayor tiempo en percha. A los 60 días después de la conservación en la atmósfera modificada con el contenido de materia seca de 29,61% y de grasa 19,80%, se pudo mantener 7 días para alcanzar la madurez de consumo.

Para las Mezclas M1, M2 y M3 se obtuvieron valores menores después de la conservación en las atmósferas modificadas, siendo similares para las tres mezclas, los tiempos que requirieron hasta alcanzar la madurez de consumo.

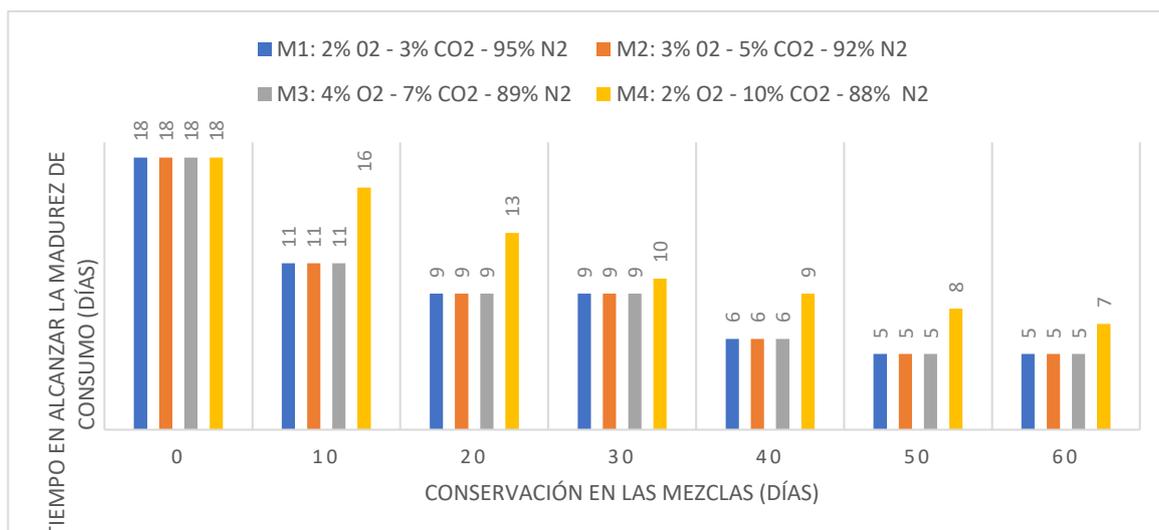


Gráfico 17. Tiempo en alcanzar la madurez comestible posterior a la conservación en condiciones de atmósferas modificadas. Variedad Hass.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Selección de la mejor mezcla de gases, para la conservación de la calidad física química del aguacate variedad Hass.

Para la selección de la mejor mezcla gaseosa, se basó en la norma ecuatoriana INEN 1755: 2009 que se presenta en la Tabla 12 que corresponde a los parámetros de calidad para el aguacate de las variedades Hass y Fuerte. Se relacionó con las exigencias del mercado de exportación que tienen especialmente Colombia y Perú.

Tabla 12. Normativa Ecuatoriana para los requisitos de calidad del aguacate.

Parámetro	Madurez fisiológica	Madurez de consumo	Método de ensayo
Contenido de aceite, % m/m			Método de extracción Soxhlet
Variedad Hass	11,0 – 12,0	>17,0	
Variedad Fuerte	7,0 – 8,0	>15,0	
Acidez titulable (ácido tartárico), % m/m			NTE INEN 381
Variedad Hass	0,08 – 0,09	>0,16	
Variedad Fuerte	0,09 – 0,10	>0,18	
Sólidos Solubles, %			NTE INEN 380

Variedad Hass	6 - 7	>8	
Variedad Fuerte	5 - 6	>8	
Penetrabilidad, kg/cm²			Penetrómetro con embolo 5 mm
Variedad Hass	50 – 54	6 – 7	
Variedad Fuerte	43 - 46	2 - 3	
pH			NTE INEN 389
Variedad Hass	6,93 – 6,95	6,45 – 6,47	
Variedad Fuerte	6,69 – 6,73	6,55 -,6,57	

Fuente: NTE INEN 1755:2009

En la Tabla 13 se presenta un resumen del análisis que se realizó con base a los parámetros de calidad y en la Tabla 14 se presenta la selección del mejor tratamiento con base a la frecuencia de los resultados, corresponde a la mezcla gaseosa a los 60 días de conservación de la atmósfera modifica M4: 2% O₂-10% CO₂-88%N₂.

Tabla 13. Resumen de las diferencias entre los tratamientos de almacenamiento bajo atmósferas modificadas, variedad Hass.

Parámetros	Tiempo de conservación 60 días		Madurez de consumo	
	Mayor	Menor	Mejor tratamiento	Mejor
Acidez titulable (% ácido tartárico)	2% O ₂ -3% CO ₂ - 95% N ₂	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	Menor
Firmeza (N)	2% O ₂ -3% CO ₂ - 95% N ₂	4% O ₂ -7% CO ₂ - 89% N ₂	4% O ₂ -7% CO ₂ - 89% N ₂	Menor
Grasa (%)	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	3% O ₂ -5% CO ₂ - 92% N ₂	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	Mayor
Materia seca (%)	3% O ₂ -5% CO ₂ - 92% N ₂	4% O ₂ -7% CO ₂ - 89% N ₂	3% O ₂ -5% CO ₂ - 92% N ₂	Mayor
Pérdida de peso (%)	3% O ₂ -5% CO ₂ - 92% N ₂	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	2% O ₂ -10% CO ₂ - 88% N ₂	Menor
pH	3% O ₂ -5% CO ₂ - 92% N ₂	4% O ₂ -7% CO ₂ - 89% N ₂	4% O ₂ -7% CO ₂ - 89% N ₂	Mayor

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Selección del mejor tratamiento con base a la frecuencia de los mejores parámetros de control, en la variedad de aguacate Hass.

Madurez de Consumo del aguacate variedad Hass		Frecuencia
Mejor tratamiento	M4: 2% O₂-10%CO₂-88%N₂	3
	M1: 2% O ₂ -3%CO ₂ - 95%N ₂	0
	M2: 3% O ₂ -5%CO ₂ -92%N ₂	1
	M3: 4% O ₂ -7%CO ₂ -89%N ₂	2

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Verificación de las hipótesis.

Mediante el análisis estadístico de FRIENDMAN de cada parámetro analizado, con un nivel de confianza del 95% se rechaza la hipótesis nula, ya que existen diferencias significativas entre las mezclas con respecto a los días de almacenamiento, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa debido a que las mezclas influyen sobre los parámetros físico químicos del aguacate variedad Hass.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se estudió el efecto de la aplicación de la atmósfera modificada mediante diferentes mezclas de oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno, en donde la mezcla 4 (2% O₂ – 10% CO₂ – 88% N₂) mantiene una mejor conservación sobre la calidad físico química del aguacate variedad Hass, se asemeja en los estándares establecidos en la norma ecuatoriana INEN 1755, además de alargar la vida útil de esta fruta.
- Se determinó que la mezcla 4 (2% O₂ – 10% CO₂ – 88% N₂) tiene la menor pérdida de peso de 7,24% ($\pm 0,137$), de igual manera la menor acidez 0,07 % ácido tartárico ($\pm 0,00$), al llegar a los 60 días de almacenamiento en la atmósfera, mientras que el contenido de grasa fue de 19,80%.
- El aguacate variedad Hass, luego de 60 días de permanecer en la atmósfera modificada (M4), estuvo 7 días a las condiciones ambientales hasta llegar a su madurez de consumo, verificando así que los parámetros físico químicos cumplen con los requisitos planteados en la norma INEN 1755, en cuanto a contenido de grasa, pH y acidez titulable.
- Se evidenció que la pérdida de la tonalidad de la pulpa de aguacate no presenta mayores diferencias entre las mezclas, ya que al transcurrir los días de conservación, llegan casi a la misma tonalidad medida con los parámetros del color.
- El costo de conservación con atmósferas modificadas al iniciar la implementación a nivel industrial sería alto, ya que se debe tener en cuenta el precio del equipo, los gases (O₂, N₂, CO₂), empaques, entre otros; pero se vería compensado en el mercado de exportación, ya que se alarga la vida útil.

4.2. Recomendaciones

- Al momento de cosechar el fruto de los árboles, verificar que se encuentren en la madurez fisiológica adecuada, el control de plagas, utilizar gavetas plásticas para evitar los golpes de la durante el transporte, ya que son factores que afectan directamente en la calidad final del fruto.
- Realizar los análisis en laboratorios adecuados a una temperatura no mayor a los 15° C, ya que al sacar el aguacate de los cuartos de refrigeración (8° C) el choque de la temperatura puede afectar directamente en el cambio de color del aguacate.
- Analizar los parámetros funcionales y la capacidad antioxidante en el mejor tratamiento, que sería un valor agregado adicional, ya que en la actualidad en la comercialización se da mucha importancia por el beneficio para la salud.
- Efectuar una investigación económica, donde se establezca la rentabilidad de usar esta tecnología de atmósferas modificadas para fines del mercado de exportación con relación a la de atmósferas controladas.
- Transportar los frutos con la ventilación necesaria, ya que al ser climatérico debe seguir su proceso de respiración sin verse afectado por lugares cerrados y especialmente durante el transporte.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. España. 163 p.
- Angós, I. (2008). Empleo de atmósferas ricas en CO₂ y altas concentraciones de O₂ en la mejora de las características de calidad de patata mínimamente procesada del CV. Monalisa almacenada en refrigeración. *Tesis Doctoral*. Navarra, Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.
- A.O.A.C. 2007. Association of Official Analytical Chemistry. Manual on policies and procedures. Edition 18. Arlington. USA.
- Arias, F., Montoya, C., & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 55, 22–35. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n55a2>
- Astudillo, O., Camilo, E., & Rodríguez, F. (2017). Evaluación de parámetros fisicoquímicos del aguacate (persea americana mill. Cv. Hass) en su madurez de cosecha y consumo. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 401–409.
- Awad, a.; fink, c. 2000. Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *J. Nutr.* 130(9):2127-2130.
- Bernal, J. A. y Díaz, C. A. (2005) Manual técnico No. 5: Tecnología para el cultivo del Aguacate. Colombia: Ed. Produmedios. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Río Negro, Antioquia. (P. 241).
- Bill, m.; Sivakumar, D.; Korsten, l.; Thompson, k. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Prot.* 64:159-167.
- Bosse, R.; Bower, J.; Bertling, I. 2013. Systemic resistance inducers applied preharvest for *Colletotrichum gloeosporioides* control in avocados. *Acta Hort.* 1007:153-160.

- Brito, B., & Vásquez, W. (2013). Control de Calidad en la Pre y Pos Cosecha de las Frutas. Quito, Ecuador.
- Carvalho, C., Velasquez, M. and Van Rooyen, Z. 2014. Determination of minimum dry matter index for the optimum harvest of "Hass" avocado fruits in Colombia. *Agron. Colom.* 32(3). Doi: 1015446/agron.colom.v32n3.46031
- Castro, J. (2008) Evolución de la maduración de paltas cv. Lamb-Hass (persea americana Mill.), en huertos injertados sobre patrón mexícol. Taller de Licenciatura. Quillota, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- Corpoaguacate, (2016). Historia del aguacate, recuperado el 3 de abril del 2020, disponible en: <http://corpoaguacate.ec/>.
- Corpoaguacate & Globalforum Cia. Ltda. 2018. Memorias del seminario internacional "Producción y exportación de aguacate". En: Situación actual del aguacate en Ecuador por: Altuna J.
- DANE. (2016). Cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill; Persea nubigena var. Guatemalensis x Persea americana var. drymifolia), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias. *Boletín Mensual Insumos y Factores Asociados a La Producción Agropecuaria.*, 17, 1–64. <http://www.lapatria.com/>
- De la Vega J., Cañarejo, M. y Pinto, N. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Imbabura, Ecuador. Vol. 28(3), 75-86 (2017).
- Dorado, D., Grajales, L., & Rebolledo, A. (2017). Requerimientos hídricos del cultivo de aguacate Persea americana variedad Hass en zonas productoras de Colombia. In *Requerimientos hídricos del cultivo de aguacate Persea americana variedad Hass en zonas productoras de Colombia*. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-231-5>
- Elez, M.P.; Soliva, R.C.; Gorinstein, S.; Martín- Belloso, O. 2005. Natural antioxidants preserve the lipid oxidative stability of minimally processed avocado puree. *J. Food Sci.* 70(5):S325-S329.

- Ferreira, R., Defilippi, B., Saaverdra, J., Sellés, G., Robledo, P., Arpaia, M. L., Karlezi, D., Crane, J., Schaffer, B., Bower, J. P., Gil, P., & Troncoso, C. (2012). Factores de Precosecha que Afectan la Postcosecha de la Palta Hass. *Clima, Suelo y Manejo. Casilla*, 3, 100.
- Gayet, J. (1995). Abacate para exportacao: Procedimentos de colheita a pós-colheita. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Publicaciones Técnicas FRUPEX, 15. Brasilia: EMBRAPA-SPI, 1995. 37p. ISSN 1413-375X.
- Gergoff, G. (2016). Maduración e índices de cosecha. *Universidad Nacional de La Plata*, 1(1), 1–18. [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/321/course/section/261/índices de madurez 2016- modif 11-3.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/321/course/section/261/índices%20de%20madurez%202016-modif%2011-3.pdf)
- Gilabert, Eduardo J. (2007). Medida de la luz y el color. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.
- González Cuello, R., Pérez Mendoza, J., & Gelvez Ordóñez, V. (2017). Incremento en la vida útil post cosecha del aguacate (Persea americana) utilizando recubrimientos a base de goma gelana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 101–110. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.67>
- Gutiérrez-Díez, A., J. Martínez de la Cerda, E.A. GarcíaZambrano, L. Iracheta-Donjuan, J.D. OcampoMorales, y I.M. Cerda-Hurtado. 2009. Estudio de la diversidad genética del aguacate nativo en Nuevo León, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:9-18.
- Henríquez Arias, L. E., Patiño Gómez, J. H., & Salazar, J. A. (2013). Application of the matrixes engineering on the development of minimally processed Hass avocado (persea americana mill) with additions of vitamin c and calcium. *Revista Lasallista de Investigacion*, 9(2), 44–54.
- Hofman, P.J., Y. Fuchs, and D.L. Milne. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. pp. 363-391. In: Whiley, A.W., B. Schaffer, and B.N. Wolstenholme (eds.). *The avocado: botany, production and uses*. CAB

International, London, UK. Doi: 10.1079/9780851993577.0363

INEN. (2015). *NTE INEN 1755. Frutas frescas. Aguacate. Requisitos*. Quito: Normas técnicas ecuatorianas.

Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. Davis, California: University of California. 535 p.

Kassim, A., T.S. Workneh, and C.N. Bezuidenhout. 2013. A review on postharvest handling of avocado fruit. *Afr. J. Agric. Res.* , 2385-2402. Doi: 10.5897/AJAR12.1248

Llerena W, Samaniego I, Navarro M, Ortíz J, Angós I, Carrillo W. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) in the antioxidant capacity of arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), and tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) fruits from Ecuador. *J Food Process Preserv.* 2020;00:e14757. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14757>

Liu, X., P.W. Robinson, M.A. Madore, G.W. Witney, and M.L. Arpaia. 1999. "Hass" Avocado Carbohydrate Fluctuations . II . Fruit Growth and Ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124(6):676–681.

Macas G, (2012). Estudio de las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mili) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha. *Variedades de Papa Cultivadas En El Ecuador*, 35.

Márquez, J., Yepes, P., Sánchez, L., & Osorio, J. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 32-47.

Mejía, E. (2011). Aguacate: *Persea americana* Miller. *Monografía de Cultivos: Bayer CropScience*, 10. <https://www.cropscience.bayer.co/~media/BayerCropScience/Peruvian/Country-Colombia-Internet/Pdf/Cartilla-AGUACATE.ashx?la=es-CO>

Minolta. 1994. Precise color communication. Minolta Co. Ltd. Ramsey NJ-USA.

Montoya D. 2005. Tecnología de atmósferas controladas para frutas y hortalizas, caso de estudio: Modelo de aguacate variedad Hass.

- Norma Técnica Ecuatoriana, INEN, 1755. (2009). *Frutas frescas, aguacate, requisitos*. Quito: EC. 8 p.
- Ochoa, S. (2009). Calidad y manejo poscosecha del fruto de aguacate. simposio: Poscosecha e industrialización, artículo, III congreso latinoamericano de aguacate, Medellín, Colombia. Noviembre
- Olaeta, J.A., P. Undurraga, G. Espinosa (2007). Evolución del contenido de aceite y compuestos no saponificables en paltas (*persea americana* mill.) cvs. Hass, Fuerte e Isabel. En línea, en [avocadosource, \[http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Ex tenso/4b-183.pdf\]](http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Ex%20tenso/4b-183.pdf)
- Orhevba, B.A. and A.O. Jinadu, 2011. Determination of physicochemical properties and nutritional contents of avocado pear (*Persea americana* M.). *Acad. Res. Int.* 1, 372-380.
- Ospina Meneses, S., & Cartagena Valenzuela, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Parodi, G., M. Sánchez, W. Daga (2007). Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en frutos de palto (*persea americana* Mill) var. Hass cultivada bajo condiciones de dos localidades en chincha-Perú.
- Parzanese, M. (2012). Tecnologías para la Industria Alimentaria: Envasado en atmósfera modificada y controlada. *Alimentos Argentinos - MinAgri*, 1–11. www.alimentosargentinos.gob.ar
- Pérez de los Cobos, R. (2012). Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass (tesis de pregrado). Universidad de Almería, Almería, España
- Pinto, N., Carlos, J., & Cañarejo, M. (2016). Fruits and vegetables' preservation method using controlled atmospheres. *Agroindustrial Science*, 2, 231–238. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.02.08>
- Plaza, L.; Sánchez. M.; De Pascual, T.; De Ancos, B.; Cano, M. 2009. Fatty acids, sterols, and antioxidant activity in minimally processed avocados during

refrigerated storage. *J. Agricul. Food Chem.* 57(8):3204-3209.

Productores de aguacate "Maduración" (En línea). Consultado el 3 de Julio del 2020.

Disponible en:

<https://www.productoresdeaguacate.com/MODULArevista/modulos/web/www/index.php>

Ramírez, J. 2008. Boletín informativo, Central Mayorista Antioquia, Medellín. 25 p

Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., & García Lozano, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora. *Corpoica*.

Seymour, G. Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall. London. 1993.

Sotomayor, A., Viera, A., & Viera, W. (2016). Potencial del cultivo de aguacate (persea americana mill) en Ecuador como alternativa de comercialización en el mercado local e internacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(3), 1–9. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.192>

Tupaz, V., Andres, A., Betancourt, F., Olivares, L., & Pulido, W. (2013). *Actualización tecnológica y buenas prácticas (BPA) en el cultivo de aguacate*.

Vigyan, K. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology*.

Zhong, H., D. Bedgood, P.L. Bishop, K. Robards (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry*, 100 (4), 1544-1551.

ANEXOS

ANEXO A: Valores obtenidos del análisis físico químico

Tabla A. 1. Grasa (%)

	Día	RÉPLICA			Promedio	DesVest	CV (%)
		1	2	3			
Mezcla 1	0	14,07	14,91	13,82	14,27	0,57	-
	10	16,52	14,93	15,91	15,79	0,80	5,08
	20	17,04	18,30	16,96	17,43	0,75	4,31
	30	17,83	18,89	18,04	18,25	0,56	3,07
	40	18,07	19,20	18,54	18,60	0,57	3,05
	50	19,03	19,27	19,25	19,18	0,13	0,69
	60	19,12	19,36	19,82	19,43	0,36	1,83
Mezcla 2	0	14,07	14,91	13,82	14,27	0,57	-
	10	14,36	16,99	16,13	15,83	1,34	8,47
	20	16,63	18,00	17,19	17,27	0,69	3,99
	30	18,99	18,16	18,23	18,46	0,46	2,49
	40	19,18	18,51	18,53	18,74	0,38	2,03
	50	19,28	18,89	18,80	18,99	0,26	1,34
	60	19,56	19,08	18,85	19,16	0,36	1,89
Mezcla 3	0	14,07	14,91	13,82	14,27	0,57	-
	10	16,34	13,81	15,85	15,33	1,34	8,75
	20	16,00	15,78	18,28	16,69	1,38	8,30
	30	18,11	18,67	18,38	18,39	0,28	1,52
	40	18,55	18,77	18,55	18,62	0,13	0,68
	50	18,66	18,87	19,10	18,88	0,22	1,17
	60	19,17	19,07	19,40	19,21	0,17	0,88
Mezcla 4	0	14,07	14,91	13,82	14,27	0,57	-
	10	15,56	16,08	14,82	15,49	0,63	4,09
	20	17,48	19,33	17,90	18,24	0,97	5,32
	30	18,45	19,34	19,06	18,95	0,46	2,40
	40	19,33	19,44	19,14	19,30	0,15	0,79
	50	19,60	19,69	19,17	19,49	0,28	1,43
	60	19,63	19,83	19,95	19,80	0,16	0,82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 2. Pérdida de peso (%)

Aguacate HASS	Día	RÉPLICA			Promedio	DesVest	CV (%)
		1	2	3			
Mezcla 1	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	-
	10	3,300	3,470	3,500	3,423	0,108	3,151
	20	4,680	4,540	4,690	4,637	0,084	1,809
	30	6,400	5,660	5,690	5,917	0,419	7,079
	40	6,470	6,560	6,460	6,497	0,055	0,848
	50	6,770	7,560	7,320	7,217	0,405	5,612
	60	7,880	7,990	7,320	7,730	0,359	4,648
Mezcla 2	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	-
	10	3,290	3,200	3,910	3,467	0,387	11,151
	20	4,250	4,010	4,420	4,227	0,206	4,874
	30	5,740	5,830	5,590	5,720	0,121	2,120
	40	5,750	6,630	6,250	6,210	0,441	7,107
	50	6,820	7,060	7,480	7,120	0,334	4,692
	60	7,680	7,830	7,640	7,717	0,100	1,298
Mezcla 3	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	-
	10	3,050	2,960	3,100	3,037	0,071	2,336
	20	4,410	4,470	4,100	4,327	0,199	4,590
	30	5,470	5,290	5,640	5,467	0,175	3,202
	40	6,720	6,650	6,150	6,507	0,311	4,778
	50	7,120	6,740	7,180	7,013	0,239	3,402
	60	7,750	7,230	7,230	7,403	0,300	4,055
Mezcla 4	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	-
	10	3,180	3,100	3,310	3,197	0,106	3,316
	20	3,950	4,150	4,280	4,127	0,166	4,028
	30	5,230	5,680	5,390	5,433	0,228	4,198
	40	6,260	6,250	5,510	6,007	0,430	7,161
	50	6,930	6,860	6,680	6,823	0,129	1,890
	60	7,180	7,150	7,400	7,243	0,137	1,885

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 3. Firmeza (N)

AGUACATE HASS	Día	RÉPLICA			N		
		1	2	3	Promedio	DesVest	CV (%)
Mezcla 1	0	69,93	72,88	70,28	71,03	1,61	-
	10	65,73	64,58	68,23	66,18	1,87	2,82
	20	41,85	38,20	42,28	40,78	2,24	5,50
	30	35,21	36,71	40,45	37,46	2,70	7,20
	40	34,71	35,98	39,77	36,82	2,63	7,15
	50	31,48	35,88	37,06	34,81	2,94	8,45
	60	31,45	32,45	32,24	32,05	0,53	1,65
Mezcla 2	0	69,93	72,88	70,28	71,03	1,61	-
	10	69,45	70,95	67,46	69,29	1,75	2,53
	20	39,84	43,00	41,81	41,55	1,60	3,84
	30	39,75	39,98	40,49	40,07	0,38	0,95
	40	32,99	34,33	38,46	35,26	2,85	8,09
	50	29,66	34,25	36,56	33,49	3,51	10,49
	60	28,68	31,72	31,57	30,66	1,71	5,59
Mezcla 3	0	69,93	72,88	70,28	71,03	1,61	-
	10	69,58	68,73	62,33	66,88	3,96	5,93
	20	43,99	40,46	43,09	42,51	1,83	4,31
	30	42,72	39,03	41,86	41,20	1,93	4,69
	40	31,97	38,15	36,11	35,41	3,15	8,89
	50	31,11	35,71	33,71	33,51	2,31	6,88
	60	30,69	31,02	29,50	30,40	0,80	2,63
Mezcla 4	0	69,93	72,88	70,28	71,03	1,61	-
	10	59,90	71,68	70,04	67,21	6,38	9,49
	20	42,48	40,83	43,79	42,37	1,48	3,50
	30	40,00	40,05	41,76	40,60	1,00	2,47
	40	36,51	34,74	35,11	35,45	0,93	2,63
	50	36,17	31,25	34,72	34,05	2,53	7,43
	60	34,96	27,30	29,77	30,68	3,91	12,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 4. pH

Aguacate HASS	Día	RÉPLICA			Promedio	DesVest	CV (%)
		1	2	3			
Mezcla 1	0	6,47	6,36	6,34	6,39	0,07	-
	10	6,48	6,25	6,32	6,35	0,12	1,86
	20	5,92	6,03	6,00	5,98	0,06	0,95
	30	6,17	6,14	6,18	6,16	0,02	0,34
	40	6,35	6,26	6,21	6,27	0,07	1,13
	50	6,27	6,35	6,32	6,31	0,04	0,64
	60	6,46	6,44	6,41	6,44	0,03	0,39
Mezcla 2	0	6,47	6,36	6,34	6,39	0,07	-
	10	6,31	6,27	6,29	6,29	0,02	0,32
	20	6,08	5,93	5,99	6,00	0,08	1,26
	30	6,18	6,21	6,20	6,20	0,02	0,25
	40	6,41	6,35	6,45	6,40	0,05	0,79
	50	6,22	6,19	6,27	6,23	0,04	0,65
	60	7,01	6,54	6,41	6,65	0,32	4,74
Mezcla 3	0	6,47	6,36	6,34	6,39	0,07	-
	10	6,51	6,45	6,39	6,45	0,06	0,93
	20	5,84	5,78	5,80	5,81	0,03	0,53
	30	6,37	6,38	6,35	6,37	0,02	0,24
	40	6,21	6,31	6,29	6,27	0,05	0,84
	50	6,41	6,51	6,40	6,44	0,06	0,94
	60	6,39	6,42	6,45	6,42	0,03	0,47
Mezcla 4	0	6,47	6,36	6,34	6,39	0,07	-
	10	6,13	6,17	6,14	6,15	0,02	0,34
	20	6,00	6,20	5,98	6,06	0,12	2,01
	30	6,28	6,35	6,48	6,37	0,10	1,59
	40	6,71	6,22	6,31	6,41	0,26	4,07
	50	6,41	6,39	6,42	6,41	0,02	0,24
	60	6,52	6,43	6,42	6,46	0,06	0,85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 5. Acidez titulable (% ácido tartárico)

Aguacate HASS	Día	RÉPLICA			Promedio	DesVest	CV (%)
		1	2	3			
Mezcla 1	0	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	
	10	0,07	0,10	0,10	0,09	0,01	15,93
	20	0,07	0,11	0,08	0,09	0,02	21,07
	30	0,10	0,08	0,11	0,10	0,01	12,63
	40	0,10	0,08	0,10	0,09	0,01	7,61
	50	0,10	0,08	0,07	0,08	0,01	14,46
	60	0,08	0,07	0,10	0,08	0,01	14,46
Mezcla 2	0	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	-
	10	0,08	0,08	0,10	0,09	0,01	7,96
	20	0,07	0,07	0,08	0,08	0,01	9,24
	30	0,07	0,07	0,10	0,08	0,01	17,54
	40	0,07	0,11	0,11	0,10	0,02	21,88
	50	0,10	0,10	0,11	0,10	0,01	7,00
	60	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00
Mezcla 3	0	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	-
	10	0,07	0,08	0,08	0,08	0,01	8,77
	20	0,08	0,10	0,10	0,09	0,01	7,61
	30	0,08	0,08	0,11	0,09	0,01	15,23
	40	0,10	0,11	0,11	0,10	0,01	6,73
	50	0,11	0,11	0,08	0,10	0,01	14,00
	60	0,08	0,07	0,07	0,08	0,01	9,24
Mezcla 4	0	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	-
	10	0,10	0,08	0,08	0,09	0,01	7,96
	20	0,07	0,07	0,10	0,08	0,01	17,54
	30	0,08	0,11	0,10	0,10	0,01	12,63
	40	0,10	0,08	0,08	0,09	0,01	7,96
	50	0,07	0,10	0,11	0,09	0,02	20,14
	60	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 6. Materia seca (%)

AGUACATE HASS	Día	RÉPLICA			Promedio	DesVest	CV (%)
		1	2	3			
Mezcla 1	0	23,81	24,17	24,55	24,18	0,37	
	10	26,84	26,99	26,73	26,85	0,13	0,49
	20	26,90	27,05	27,25	27,07	0,18	0,65
	30	27,79	27,05	27,29	27,38	0,38	1,38
	40	27,80	27,68	27,44	27,64	0,18	0,66
	50	27,8	28,01	28,16	28,00	0,16	0,57
	60	29,84	28,40	30,84	29,69	1,23	4,13
Mezcla 2	0	23,81	24,17	24,55	24,18	0,37	-
	10	27	25,89	27,43	26,78	0,80	2,97
	20	27,24	28,00	27,49	27,58	0,39	1,40
	30	27,65	29,28	28,54	28,49	0,82	2,86
	40	27,83	29,34	29,14	28,77	0,82	2,85
	50	27,94	29,74	29,45	29,04	0,97	3,33
	60	28,54	30,68	29,80	29,67	1,08	3,62
Mezcla 3	0	23,81	24,17	24,55	24,18	0,37	-
	10	24,75	25,61	26,76	25,71	1,01	3,92
	20	27,00	26,97	27,04	27,00	0,04	0,13
	30	27,20	27,49	27,13	27,27	0,19	0,70
	40	27,49	27,60	27,80	27,63	0,16	0,57
	50	27,74	27,60	27,95	27,76	0,18	0,63
	60	30,00	28,69	29,16	29,28	0,66	2,27
Mezcla 4	0	23,81	24,17	24,55	24,18	0,37	-
	10	25,1	26,33	25,24	25,54	0,69	2,70
	20	25,64	27,43	26,31	26,46	0,90	3,42
	30	25,93	27,65	27,10	26,89	0,88	3,27
	40	28,20	28,82	27,19	28,07	0,82	2,93
	50	28,80	29,14	27,94	28,63	0,62	2,16
	60	29,13	31,40	28,29	29,61	1,61	5,43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 7. Color externo de la cáscara (L* a* b*)

MEZCLA	Día	L (ex)	a (ex)	b (ex)	°H	C	IO
Mezcla 1	0	42,53	-6,14	7,87	127,97	9,98	8,61
2% O2-3% CO2-95% N2 (L)	10	41,98	-5,05	8,91	119,53	10,24	13,71
2% O2-3% CO2- 95% N2 (a)	20	40,58	-4,23	10,70	111,58	11,51	21,35
2% O2-3% CO2-95% N2 (b)	30	39,37	-3,22	12,76	104,19	13,16	31,18
2% O2-3% CO2-95% N2 (°H)	40	38,70	-1,49	13,69	96,21	13,77	38,89
2% O2-3% CO2-95% N2 (C)	50	38,26	-1,22	14,83	94,69	14,88	44,47
2% O2-3% CO2-95%N2 (IO)	60	32,94	-1,13	17,09	93,79	17,13	66,19
Mezcla 2	0	42,53	-6,14	7,87	127,97	9,98	8,61
3% O2-5% CO2-92% N2 (L)	10	41,94	-5,04	8,66	120,22	10,02	13,02
3% O2-5% CO2-92% N2 (a)	20	40,52	-4,04	10,62	110,84	11,37	21,52
3% O2-5% CO2-92% N2 (b)	30	39,68	-3,10	11,92	104,58	12,32	28,26
3% O2-5% CO2-92% N2 (°H)	40	37,28	-1,34	13,17	95,82	13,23	39,01
3% O2-5% CO2-92% N2 (C)	50	35,57	-1,10	14,35	94,37	14,39	46,97
3% O2-5% CO2-92% N2 (IO)	60	32,75	-0,98	16,73	93,35	16,76	65,09
Mezcla 3	0	42,53	-6,14	7,87	127,97	9,98	8,61
4% O2-7% CO2-89% N2 (L)	10	41,75	-4,86	8,03	121,17	9,39	11,68
4% O2-7% CO2-89% N2 (a)	20	40,95	-4,15	9,11	114,50	10,02	16,45
4% O2-7% CO2-89% N2 (b)	30	39,50	-3,74	11,29	108,31	11,89	25,00
4% O2-7% CO2-89% N2 (°H)	40	38,23	-1,39	12,34	96,41	12,42	34,66
4% O2-7% CO2-89% N2 (C)	50	36,46	-1,12	13,64	94,69	13,68	42,51
4% O2-7% CO2-89% N2 (IO)	60	31,64	-0,92	17,95	92,95	17,97	75,84
Mezcla 4	0	42,53	-6,14	7,87	127,97	9,98	8,61
2% O2-10% CO2-88% N2 (L)	10	42,53	-5,23	9,26	119,48	10,64	14,15
2% O2-10% CO2-88% N2 (a)	20	41,63	-3,96	11,09	109,66	11,78	22,43
2% O2-10% CO2-88% N2 (b)	30	40,56	-3,08	11,77	104,65	12,17	27,07
2% O2-10% CO2-88% N2 (°H)	40	40,18	-1,39	12,93	96,14	13,01	34,66
2% O2-10% CO2-88% N2 (C)	50	38,48	-1,03	15,12	93,90	15,16	45,70
2% O2-10% CO2-88% N2 (IO)	60	32,46	-0,77	22,35	91,97	22,36	102,68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A. 8. Color interno de la pulpa (L*a*b)

MEZCLA	Día	L (in)	a (in)	b (in)	°H	C	IO
Mezcla 1	0	75,99	-12,33	36,99	108,43	38,99	49,60
2% O2-3% CO2-95% N2 (L)	10	75,64	-12,01	36,59	108,17	38,51	49,39
2% O2-3% CO2- 95% N2 (a)	20	72,89	-11,25	36,00	107,35	37,72	51,52
2% O2-3% CO2-95% N2 (b)	30	71,25	-10,22	35,34	106,13	36,79	52,84
2% O2-3% CO2-95% N2 (°H)	40	65,65	-8,48	34,11	103,97	35,15	58,29
2% O2-3% CO2-95% N2 (C)	50	64,10	-7,75	32,60	103,37	33,50	57,01
2% O2-3% CO2-95%N2 (IO)	60	62,14	-4,92	30,64	99,13	31,03	57,81
Mezcla 2	0	75,99	-12,33	36,99	108,43	38,99	49,60
3% O2-5% CO2-92% N2 (L)	10	74,67	-12,00	36,57	108,16	38,48	50,24
3% O2-5% CO2-92% N2 (a)	20	72,89	-11,61	36,26	107,75	38,08	51,72
3% O2-5% CO2-92% N2 (b)	30	70,94	-9,63	35,99	104,97	37,26	55,52
3%O2-5% CO2-92% N2 (°H)	40	65,05	-8,08	35,64	102,78	36,54	63,97
3% O2-5% CO2-92% N2 (C)	50	63,88	-7,93	30,65	104,50	31,65	51,70
3% O2-5% CO2-92% N2 (IO)	60	60,84	-5,94	28,28	101,87	28,90	51,41
Mezcla 3	0	75,99	-12,33	36,99	108,43	38,99	49,60
4% O2-7% CO2-89% N2 (L)	10	73,46	-11,80	36,77	107,79	38,61	52,12
4% O2-7% CO2-89% N2 (a)	20	71,30	-11,13	36,52	106,95	38,18	54,60
4% O2-7% CO2-89% N2 (b)	30	70,14	-10,47	35,54	106,42	37,05	54,22
4% O2-7% CO2-89% N2 (°H)	40	64,24	-8,12	34,30	103,31	35,25	61,18
4% O2-7% CO2-89% N2 (C)	50	62,35	-7,59	30,49	103,98	31,42	53,51
4% O2-7% CO2-89% N2 (IO)	60	59,56	-6,43	27,68	103,07	28,41	50,52
Mezcla 4	0	75,99	-12,33	36,99	108,43	38,99	49,60
2% O2-10% CO2-88% N2 (L)	10	74,18	-12,25	36,76	108,43	38,74	50,86
2% O2-10% CO2-88% N2 (a)	20	71,79	-11,06	35,71	107,21	37,38	52,16
2% O2-10% CO2-88% N2 (b)	30	69,53	-10,22	34,97	106,28	36,44	53,76
2% O2-10% CO2-88% N2 (°H)	40	64,02	-7,99	34,33	103,11	35,25	61,73
2% O2-10% CO2-88% N2 (C)	50	62,29	-7,40	32,00	103,01	32,84	58,12
2% O2-10% CO2-88% N2 (IO)	60	60,60	-6,54	31,57	101,71	32,24	60,35

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B: Imágenes de la parte experimental



Imagen B. 1. Cosecha de aguacate en el Cantón Perucho – Pichincha (Hacienda la Florencia)



Imagen B. 2. Traslado de los aguacates al laboratorio de canje de deuda de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología - UTA



Imagen B. 3. Preparación de los equipos para la inyección de gases y empaquetado Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología – UTA



Imagen B. 4. Preparación del equipo mezclador de Gases Facultas de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología- UTA



Imagen B. 5. Empacado y verificación de etiquetas en la UTA



Imagen B. 6. Monitoreo de los frutos en el cuarto frío en el INIAP



Imagen B. 7. Preparación de muestras previo a los análisis físicos químicos en el INIAP



Imagen B. 8. Mediciones de pH y acidez en los laboratorios del INIAP



Imagen B. 9. Preparación de muestras para materia seca y grasa en el INIAP



Imagen B. 10. Determinación de grasa mediante el equipo Soxhlet en el INIAP



Imagen B. 11. Maduración del aguacate a temperatura del ambiente en INIAP