



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Tema: Estudio del efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la vida útil y la calidad del aguacate (*Persea Americana Mill*) variedad Fuerte.

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: Elvis Israel Viñán Pérez

TUTORA: Ing. PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

COTUTORA: Ing. Msc. Beatriz Dolores Brito Grandes

Ambato – Ecuador

Septiembre – 2020

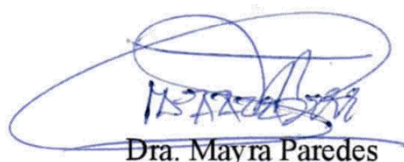
APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Mayra Liliana Paredes 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. Mayra Paredes

PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I 0501873954

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Elvis Israel Viñán Pérez, 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 personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Elvis Israel Viñán Pérez

C.I. 180472840-8

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores 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:

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Carlos Santiago Moreno Miranda
180428534-2

Dr. Christian David Franco Crespo
171709060-7

Ambato, 31 de Agosto del 2020

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga 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 la reproducción de este 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.



Elvis Israel Viñán Pérez

C.I. 180472840-8

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

Este trabajo de titulación va dedicado primero a Dios por las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi familia, a mi querida madre que a más de ser la persona que ha estado a mi lado brindándome sus consejos como madre, ha sido una amiga que ha estado alentándome y nunca me ha dejado desmayar en mis momentos más duros de esta etapa de mi vida.

A mi padre, que desde pequeño me enseñó el valor de la vida y el sacrificio que se debe hacer para ser alguien en ella, me enseñó que a pesar de las adversidades se debe hacer todo lo posible para sacar adelante a una familia.

A mi hermana, que con su ejemplo y dedicación brindados a la familia ha hecho esto posible que sin ella parte fundamental de mi vida universitaria no se hubiera conseguido.

A mi hermano por los pequeños momentos de diversión y risas a lo largo de esta etapa para hacerla más llevadera.

A mi enamorada, por su apoyo, consejos y tiempo que me ha brindado los cuales han hecho que me convierta en la persona que soy ahora, que sin ayuda de ella esto no podría ser posible.

Y por último y no menos importante a ese ángel que me cuida desde el cielo, vieja linda donde quiera que estés te dedico esto, porque sin sus consejos y tu bendición no fuera posible estar donde estoy en estos momentos.

Elvis

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por la formación recibida todos estos años para ser un excelente profesional.

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. Mayra Paredes, 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 brindarme su ayuda y conocimiento para resolver mis dudas en mi estancia en el INIAP.

A mis amigos Isaac, Erick, Iván, Santiago, Lupita, Victoria, por brindarme el apoyo en la carrera, a más de los momentos especiales compartidos juntos para hacer más llevadera la vida universitaria.

A mi amigo y compañero de tesis Juan, gracias a él por el apoyo y los momentos compartidos de universidad.

A mi segunda familia Pérez Morquecho, que parte de este logro es gracias a ellos, sin su ayuda no lo hubiera logrado en especial a mi primo que es como mi hermano.

A mis padres decirle que toda la vida estaré eternamente agradecido por el sacrificio, esmero y paciencia que han tenido para que esta meta se pueda cumplir, la vida no

me dará el suficiente tiempo para pagar todo lo que han hecho para sacare adelante. Gracias por ser mi sustento y mi pilar fundamental en esta pequeña película llamada vida, los amo infinitamente.

A mi familia en general, cada uno de ellos han aportado un granito de arena para poder cumplir este objetivo, por sus enseñanzas y consejos para seguir el camino correcto en la vida por enseñarme el valor de la familia y el amor que se debe tener hacia ellos a pesar de los problemas suscitados en el transcurso de la misma.

A mi querido abuelito, que gracias a su bendición y consejos soy la persona que soy ahora gracias por enseñarme que el amor hacia una persona es para toda la vida aun después de ella.

“FAMILIA: Donde la vida comienza y el amor nunca termina”

Elvis

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Aguacate Variedad "Fuerte".....	2
1.1.2. Características taxonómicas	3
1.1.3. Tasa de crecimiento	3
1.1.4. Cosecha y postcosecha	4
1.1.4.1. Tasa respiratoria	5
1.1.4.2. Maduración	6
1.1.5. Composición química.....	7
1.1.5.1. Carotenoides	9
1.1.5.2. Polifenoles	10
1.1.5.3. Flavonoides.....	11
1.1.5.4. Clorofila.....	12
1.1.6. Conservación	13
1.1.6.1. Ambiente natural	13
1.1.6.2. Atmósferas controladas	13
1.1.6.3. Atmósferas modificadas	14
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo General:	15
1.2.2. Objetivos Específicos:	15
1.3. Hipótesis	16
1.3.1. Señalamiento de las Variables de la Hipótesis	16
1.3.1.1. Variables Independientes.....	16
1.3.1.2. Variables Dependiente.....	16

CAPITULO II	17
2. METODOLOGÍA.....	17
2.1. Materiales	17
2.1.1. Material Vegetal	17
2.1.2. Reactivos, materiales y gases	17
2.1.3. Equipos	18
2.2. Unidad Experimental.....	18
2.3. Aplicación de las atmósferas modificadas.....	18
2.4. Efecto de las atmósferas modificadas en los parámetros fisicoquímicos..	19
2.4.1. Parámetros físicos.....	19
2.4.2. Parámetros químicos	21
2.5. Análisis Estadístico	23
2.5.1. Factores en estudio	23
2.5.2. Tratamiento.....	24
2.5.3. Diseño Experimental	25
2.5.4. Análisis Funcional	25
 CAPITULO III.....	 26
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1. Análisis y discusión de resultados	26
3.1.1. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la calidad físico química.....	26
3.1.1.1. Parámetros Químicos.....	26
3.1.1.2. Parámetros Físicos.....	35
3.1.2. Tiempo en alcanzar la madurez de consumo de los frutos de aguacate variedad Fuerte, posterior al período de conservación en las atmósferas modificadas.....	48
3.1.3. Selección de la mejor atmósfera para el aguacate	50
3.1.4. Verificación de Hipótesis	52

CAPITULO IV	53
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
4.1. Conclusiones.....	53
4.2. Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	62
ANEXO A: Datos obtenidos de los diferentes Análisis Físico-Químicos en el Aguacate Variedad Fuerte	62
ANEXO B: Fotografías.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de la parte comestible del aguacate, en base fresca.....	8
Tabla 2: Factores en estudio que determinaron la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la vida útil y la calidad fisicoquímica del aguacate, variedad Fuerte.....	24
Tabla 3: Tratamientos que determinaron la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la calidad fisicoquímica y la vida útil del aguacate, variedad Fuerte.....	24
Tabla 4: Fuente de variación y grados de libertad del diseño experimental, para estudiar el efecto de las AM en la calidad del aguacate, variedad Fuerte.	25
Tabla 5: Efecto de las mezclas gaseosas sobre la acidez titulable (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.	27
Tabla 6: Efecto de las mezclas gaseosas sobre el pH del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.	29
Tabla 7: Efecto de las mezclas gaseosas sobre la materia seca (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.	31
Tabla 8: Efecto de las mezclas gaseosas sobre el contenido de grasa (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.	33
Tabla 9: Efecto de las mezclas gaseosas sobre la pérdida de peso (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.	36
Tabla 10: Efecto de las mezclas gaseosas sobre la firmeza (N) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.....	38
Tabla 11: Parámetros CIE L*a*b* del color de la cáscara del fruto variedad Fuerte.....	40
Tabla 12: Parámetros CIE L*a*b* del color de la pulpa del fruto variedad Fuerte.....	44
Tabla 13: Días en alcanzar la madurez comestible del aguacate variedad Fuerte:	49
Tabla 14: Normativa Ecuatoriana para los requisitos de calidad del aguacate.	51
Tabla 15: Resumen de las diferencias entre los tratamientos de almacenamiento bajo atmósferas modificada, variedad Fuerte.	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crecimiento en longitud y diámetro de los frutos de aguacate, desde el final de la floración hasta la cosecha.	4
Gráfico 2: Tasa respiratoria de productos climatéricos y no climatéricos.	6
Gráfico 3: Curvas de la acidez titulable (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	28
Gráfico 4: Curvas del pH del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	30
Gráfico 5: Curvas de la materia seca (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	32
Gráfico 6: Curvas del contenido de grasa (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	34
Gráfico 7: Curvas de la pérdida de peso (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	37
Gráfico 8: Curvas de la firmeza (N) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.	39
Gráfico 9: Parámetros CIE $L^*a^*b^*$	40
Gráfico 10: Parámetros CIE $L^*a^*b^*$ del color de la cáscara del fruto variedad Fuerte.	42
Gráfico 11: Índice de oscurecimiento de la cáscara del fruto variedad Fuerte.	42
Gráfico 12: Croma (C) de la cáscara del fruto variedad Fuerte.	43
Gráfico 13: Tono Hue ($^{\circ}H$) de la cáscara del fruto variedad Fuerte.	44
Gráfico 14: Parámetros CIE $L^*a^*b^*$ del color de la pulpa del fruto variedad Fuerte.	46
Gráfico 15: Índice de oscurecimiento de la pulpa del fruto variedad Fuerte.	46
Gráfico 16: Croma (C) de la pulpa del fruto variedad Fuerte.	47
Gráfico 17: Tono Hue ($^{\circ}H$) de la pulpa del fruto variedad Fuerte.	48
Gráfico 18: Tiempo en alcanzar la madurez comestible posterior a la conservación en condiciones de atmósferas modificadas. Variedad Fuerte.	50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Pérdida de peso (%)	20
Ecuación 2: Parámetros del croma.....	20
Ecuación 3: Ángulo Hue.....	20
Ecuación 4: Índice de oscurecimiento.	21
Ecuación 5: Acidez titulable (%).....	21
Ecuación 6: Materia Seca (%).....	22
Ecuación 7: Grasa (%).....	23

ÍNDICE DE IMÁGES

Imagen 1. Equipo de atmósferas modificadas.....	19
--------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS A: DATOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL AGUACATE

Tabla A 1: Acidez titulable (% ácido tartárico) del aguacate variedad Fuerte:	62
Tabla A 2: pH del aguacate, variedad Fuerte:.....	63
Tabla A 3: Materia seca (%) del aguacate variedad Fuerte:	64
Tabla A 4: Grasa (%) del aguacate variedad fuerte:	65
Tabla A 5: Pérdida de peso (%) del aguacate variedad fuerte:	66
Tabla A 6: Firmeza (N) del aguacate variedad fuerte:.....	67

ANEXOS B: FOTOGRAFÍAS

Imagen B 1: Cosecha del aguacate	68
Imagen B 2: Empaque del aguacate.....	68
Imagen B 3: Rotulado de las muestras.....	69
Imagen B 4: Almacenamiento de las muestras	69
Imagen B 5: Determinación del contenido de grasa	70
Imagen B 6: Determinación de la acidez, pH.	70
Imagen B 7: Muestras de aguacate después del almacenamiento en atmósferas modificadas	71
Imagen B 8: Preparación de las muestras para la determinación de materia seca	71
Imagen B 9: Pérdida de peso	72
Imagen B 10: Equipo para inyectar atmósferas modificadas.....	72

RESUMEN

En la actualidad el aguacate variedad Fuerte, además de su buen potencial sensorial, presenta magnificas características como, contenido de aceite, cáscara gruesa y su tardía maduración; que lo ponen en el top para ser producido, vendido y consumido a nivel mundial.

La presente investigación estudió el efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre las características fisicoquímicas y vida útil del aguacate variedad fuerte. Las concentraciones de los gases aplicados fueron: Atmósfera Modificada₁: 2 por ciento de Oxígeno - 3 por ciento de Dióxido de carbono – 95 por ciento de Nitrógeno, Atmósfera Modificada₂: 3 por ciento de Oxígeno – 5 por ciento de Dióxido de carbono – 92 por ciento de Nitrógeno, Atmósfera Modificada₃: 4 por ciento de Oxígeno – 7 por ciento de Dióxido de carbono – 89 por ciento de Nitrógeno y Atmósfera Modificada₄: 2 por ciento de Oxígeno – 10 por ciento de Dióxido de carbono – 88 por ciento de Nitrógeno.

Los análisis realizados en el fruto contemplaron: pérdida de peso (porcentaje), firmeza (Newton), color (parámetros CIE-Lab, tono, croma e índice de oscurecimiento), acidez titulable (porcentaje de ácido tartárico), materia seca (porcentaje), grasa (porcentaje) y pH; los análisis en cada muestra se realizaron durante 60 días, con frecuencia cada 10 días.

Los resultados obtenidos mostraron que la mezcla, Atmósfera Modificada₁: 2 por ciento de Oxígeno - 3 por ciento de Dióxido de carbono – 95 por ciento de Nitrógeno, obtuvo mejores características fisicoquímicas del aguacate, tales como: mayor cantidad de grasa, menor pérdida de peso, menor acidez titulable y mayor pH. Lo cual cumplió con los estándares de calidad para su consumo; establecidos en la norma INEN 1755:2009.

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

ABSTRACT

Currently, the avocado variety strong, in addition to its good sensory potential, has magnificent characteristics such as oil content, thick skin and late ripening; that put it at the top to be produced, sold and consumed globally.

The present investigation studied the effect of the application of modified atmospheres on the physicochemical characteristics and shelf life of the strong variety avocado. The concentrations of the applied gases were: Modified Atmosphere1: 2 percent Oxygen - 3 percent Carbon Dioxide - 95 percent Nitrogen, Modified Atmosphere2: 3 percent Oxygen - 5 percent Carbon Dioxide - 92 percent Nitrogen, Modified Atmosphere3: 4 percent Oxygen - 7 percent Carbon Dioxide - 89 percent Nitrogen and Modified Atmosphere 4: 2 percent Oxygen - 10 percent Carbon Dioxide - 88 percent Nitrogen.

The analyzes carried out on the fruit included: weight loss (percentage), firmness (Newton), color (CIE-Lab parameters, tone, chroma and darkening index), titratable acidity (percentage of tartaric acid), dry matter (percentage), fat (percentage) and pH; analyzes on each sample were performed for 60 days, often every 10 days.

The results obtained showed that the Modified Atmosphere1 mixture: 2 percent Oxygen - 3 percent Carbon Dioxide - 95 percent Nitrogen, obtained better physicochemical characteristics of the avocado, such as: greater amount of fat, less weight loss, less titratable acidity and higher pH. Which met the quality standards for consumption; established in the INEN 1755: 2009 standard.

Keywords: Postharvest handling, Food preservation, Modified atmospheres, Food shelf life, Food quality, Avocado.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

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

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. El aguacate es una fruta tradicional en la dieta de los ecuatorianos, su delicado sabor la hace el complemento perfecto que acompaña a los platos típicos de la cocina ecuatoriana y generalmente se lo consume en fresco. La variedad demandada a nivel internacional es la '*Hass*'; sin embargo, en el mercado local la aceptación es por la variedad '*Fuerte*'. Entre los principales países importadores y potenciales mercados de este frutal tenemos Estados Unidos, Francia, Holanda, Japón, entre otros. No obstante, las exportaciones de aguacate ecuatoriano han sido principalmente a Colombia (99 %); y en menor escala a las Antillas Holandesas, España y Holanda. En el mercado local no existe una demanda insatisfecha debido a que la producción nacional se la comercializa casi en su totalidad en el país; mientras que existe una demanda insatisfecha a nivel internacional que constituye una oportunidad de mercado (**Viera, Sotomayor, & Viera, 2016**).

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el consumo per cápita de aguacate en el Ecuador es de aproximadamente 1 kg/año, por lo que en el mercado nacional se presenta atractiva su comercialización. Además, esta fruta se encuentra a disposición de los consumidores casi todos los meses de año (diferentes variedades), siendo los meses de mayor oferta el período de febrero a mayo, y los meses de menor producción entre junio a octubre (**INIAP, 2008**).

1.1.1. Aguacate Variedad "Fuerte"

“El aguacate (*Persea americana* Mill) es una fruta comestible de importancia económica de la Familia Lauraceae” (Chil Núñez et. al., 2019). “La especie *Persea americana* Mill (aguacate) es reconocida tanto por su alto valor nutritivo como por sus usos medicinales” (Mohammad, Sattwik, & Kharya, 2010).

Es Originario de América Central y el Caribe, pero su cultivo se ha extendido a otras regiones tropicales y subtropicales del planeta. La variedad Fuerte (Híbrido natural Mexicano por Guatemalteco), se identifica por mantener su coloración verde tanto en la cosecha como en la época de consumo (Amórtegui, 2001; INEN, 2009).

La variedad Fuerte es originaria de México, se caracteriza por ser un híbrido natural entre la raza mexicana y guatemalteca, es un árbol vigoroso de copa abierta con tendencia a formar ramas horizontales. Su fruto es piriforme, semilla de tamaño mediano, es de color verde y no tiene fibras, esta es una de las variedades también comerciales a nivel mundial por su calidad, tamaño, buena conservación y resistencia al transporte (Ferro, 2001).

Puede producir de 1.000 a 1.500 frutos cada diez años, es la de mayor producción después de la variedad Hass. La fruta es una drupa, tiene forma piriforme con un peso de alrededor de 300g, la epidermis es flexible y elástica, de color verde sin brillo, su calidad y resistencia al transporte la ubica como una de las más difundidas en América y Europa (Bartoli, 2008;).

La variedad Fuerte tiene la tendencia a formar frutos no polinizados y sin semilla. Es muy exigente en la floración y en el momento del cuajado es sensible al frío y a las temperaturas elevadas, situación que afecta a los órganos de la flor y la viabilidad del polen (Maldonado, 2006).

1.1.2. Características taxonómicas

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica del aguacate (**Bernal & 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. Tasa de crecimiento

El aguacate es un fruto atípico en el que la división celular continua, a pesar de que sea en una moderada tasa de crecimiento, mientras el fruto está en el árbol. Por lo tanto, la división celular y distensión celular continúan en el fruto del aguacate secuencialmente, por lo que el tamaño final del fruto principalmente es el resultado más por el número de células que por el tamaño de ellas (**Martínez et al., 2003**).

Esta fruta se caracteriza por tener un crecimiento rítmico monopodial, es decir, con un crecimiento de una yema vegetativa terminal del eje central de cada brote que permanece y continúa su desarrollo año tras año, y es un ejemplo del modelo arquitectónico de Rauh, uno de los más frecuentes de las zonas templadas y tropicales (**Gandolfo Wiederhold, 2008**).

El tronco forma ramas que son morfogénicamente idénticas al tronco y las flores se originan lateralmente sin tener un efecto sobre el crecimiento de los brotes, aunque en algunos brotes existen flores en posición terminal, siendo el crecimiento

subsecuentemente simpodial. Los brotes son los elementos más pequeños, presentan un patrón de crecimiento predeterminado y se pueden formar por prolepsis o silepsis, según lo presentado en el *Grafico 1*. Esta interacción parece estar genéticamente determinada y refleja diferencias en la forma de los árboles entre los distintos cultivares (**Gandolfo Wiederhold, 2008**).

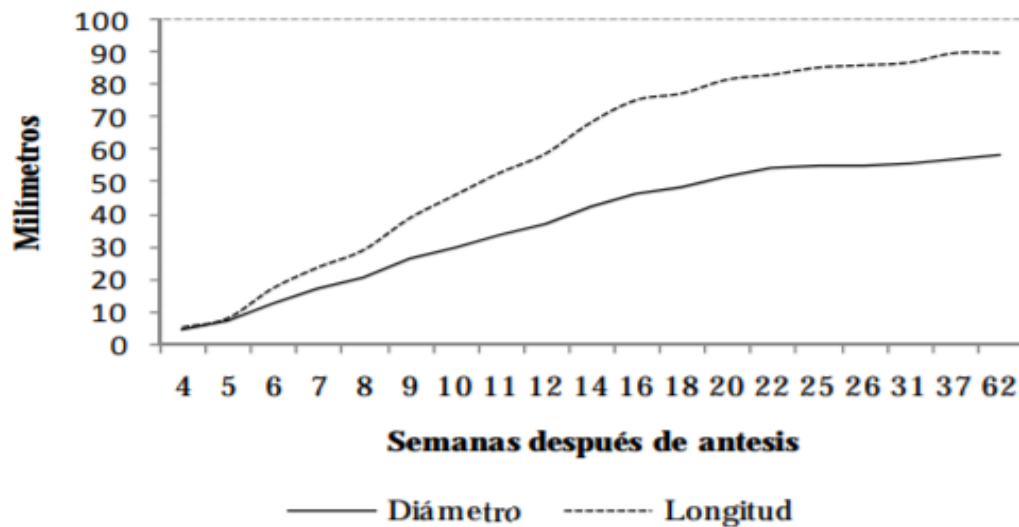


Gráfico 1. Crecimiento en longitud y diámetro de los frutos de aguacate, desde el final de la floración hasta la cosecha.

Fuente: (Alcaraz Arcos, 2009)

1.1.4. Cosecha y postcosecha

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los cinco años en árboles injertados y la cantidad de frutos producidos depende de la variedad y la atención que haya recibido la planta en su desarrollo. Para que el aguacate pueda ser cosechado, hay que esperar que este en estado de maduración fisiológica, de lo contrario, al ser retirado de la planta la piel o cáscara se arruga y la pulpa no se ablanda, lo que le proporciona un mal aspecto y sabor (**Gonzalez, 2019**).

El proceso de cosecha y acondicionamiento del aguacate debe tomar en cuenta los requerimientos de los clientes y consumidores finales en el mercado meta, así como el tiempo desde el corte del fruto hasta la exhibición en los puntos de venta, lo cual

implica cambios esperados en el transporte, textura y color propios de la maduración y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos y a daños físicos en la fruta (**Zapata et al., 2017**).

Los frutos climatéricos con los que coloquialmente se les refiere como “aquellos que maduran después de la cosecha” Es básico recordar en primer lugar que el aguacate es un fruto climatérico, es decir después de cosechado el fruto continúa el proceso de maduración (incremento de azúcares, reducción de acidez, cambio de color, etc.); en segundo lugar, es muy susceptible al daño por frío, lo que significa que durante el almacenamiento el fruto puede sufrir una descomposición fisiológica. (**Sandoval Aldana, Forero Longas, & García Lozano, 2010**).

1.1.4.1. Tasa respiratoria

La temperatura es el factor individual más importante en el almacenamiento. Las bajas temperaturas ayudan a reducir la tasa de respiración, la producción de etileno la maduración y otros procesos que conducen al deterioro de la calidad en general. El aguacate muestra una variación en el patrón de respiración, pues presenta un aumento pronunciado en la respiración que coincide con la maduración poscosecha (*Gráfico 2*). Este aumento en la respiración se conoce como climaterio, y la fruta como es el caso del aguacate, que muestra este comportamiento es llamada fruta climatérica, de acuerdo a su patrón de respiración durante la maduración (**Arrieta Zorro, 2003**).

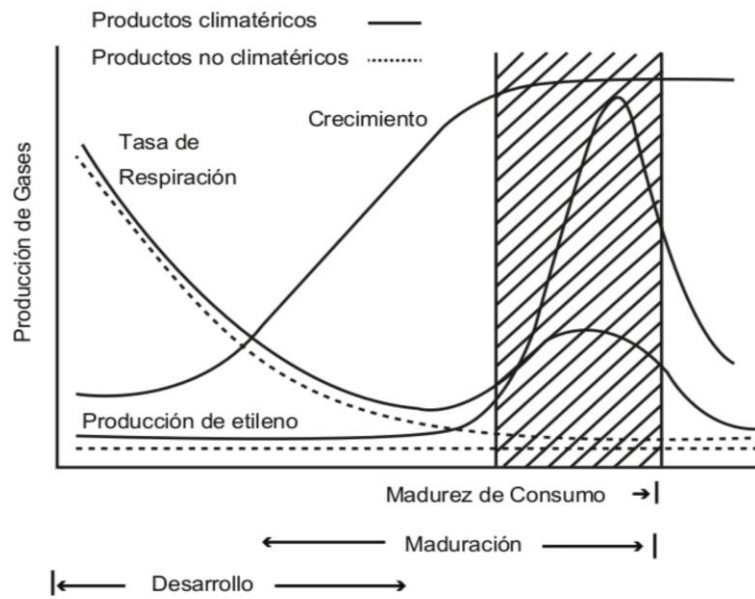


Gráfico 2. Tasa respiratoria de productos climatéricos y no climatéricos.

Fuente: (Zapata;et al., 2017).

1.1.4.2. Maduración

La temperatura ideal para madurar el aguacate es de 15 a 20 °C; por encima de 25 °C la maduración es irregular, aparecen sabores extraños y el riesgo de que ocurra podredumbre aumenta. Una particularidad del aguacate dentro de los frutos climatéricos, está en que el proceso de maduración sólo empezará una vez cosechados (**Eliuth Muñoz et al., 2018**).

La calidad y el valor nutritivo de los frutos también están influenciados por los cambios que ocurren en la etapa de conservación, sobre todo en los frutos climatéricos como el aguacate, que presenta un rápido aumento en la respiración y el desprendimiento de etileno después de la cosecha. El principal sustrato que actúa en la respiración son azúcares C₇ (manoheptulosa y perseitol), provenientes del almidón degradado por las enzimas α - y β -amilasa. La maduración de consumo se alcanza entre 1 y 4 días después del pico respiratorio, razón por la cual este fruto es cosechado en su madurez fisiológica, para ser conservado en ambientes naturales y controlados (5 a 7 °C, 90% humedad relativa), es importante señalar que las temperaturas menores a los 4 °C

provocan fisiopatías como la maduración irregular del fruto, el oscurecimiento interno de la pulpa, los cuales son perceptibles en la madurez de consumo, cuando el fruto ha alcanzado las características organolépticas apetecidas por el consumidor (Maldonado, 2006).

1.1.5. Composición química

La composición química del aguacate está caracterizada por diferentes grupos de metabolitos, los cuales se pueden dividir en diversos derivados que contienen un anillo de furano, glicósidos, terpenoides, flavonoides y cumarinas. La familia principal de compuestos fenólicos que se encuentran en la cáscara y la semilla son los derivados de (epi) catequina (Chil Nuñez et al., 2019).

El aguacate puede ser considerado como un alimento funcional, debido a su alto valor nutritivo y sus efectos beneficiosos para la salud humana (Restrepo Suárez, 2012). Es una fruta de exquisito sabor y aroma, reconocida como una fuente de energía (160 kcal) y vitaminas. Varios fitoquímicos bioactivos han sido encontrados en el aguacate (Figura 1), antioxidantes como vitamina E o tocoferoles (2,07 mg/100g) reconocidos como estabilizante de radicales libres (Kim et al., 2000); se reportan, además carotenoides como la luteína (248 mg/100g) que ayuda a proteger los ojos de enfermedades degenerativas de la mácula y cataratas (Restrepo Suárez, 2012).

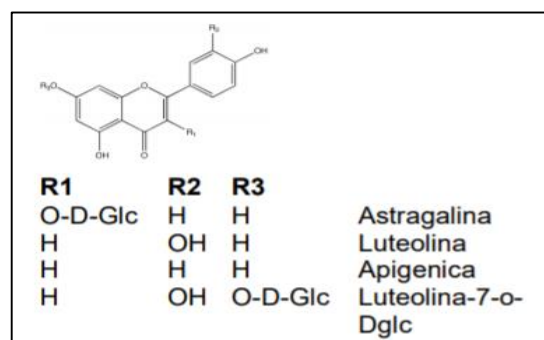


Figura 1. Estructuras químicas de algunos metabolitos bioactivos en el aguacate.

Fuente: (Restrepo Suárez, 2012)

El alto contenido de potasio (485 mg/100g) y bajo de sodio (7 mg/100g), favorece la disminución de la presión arterial y el riesgo de presentar accidentes vasculares (*Tabla 1*) (**Horacio et al., 2007; Alderman, 2006**). Es una buena fuente de Folato (81 µg/100g) importante en períodos de alto crecimiento, tales como la infancia, adolescencia y durante el embarazo. Ayuda a controlar los niveles sanguíneos de homocisteína, un aminoácido ligado a enfermedades cardíacas crónicas, depresión, Alzheimer y cáncer de cuello uterino (**Martínez Pacheco et al., 2011**).

Tabla 1. Composición nutricional de la parte comestible del aguacate, en base fresca.

COMPONENTE	COMPOSICIÓN
Agua	71,2 %
Grasa	23,4 %
Proteína	2,2 %
Fibra	1,9 %
Ceniza	1,2 %
Azúcares	0,2 %
Almidón	0,0 %
Ácidos Orgánicos	0.3
Calorías	980 kJ/100g
Vitaminas	12,26 mg %
Carotenoides	0,67 mg %
Minerales	543,1 mg %

Fuente: (Macas Guachamín, 2013)

Otro componente del aguacate es la mezcla de ácidos grasos ω -3, ω -6 y ω -9, relacionado con la baja incidencia de enfermedades coronarias, ya que reducen las concentraciones de colesterol y triglicéridos. Esto es: ayudar a disminuir el colesterol LDL (el llamado colesterol "malo") aumenta el colesterol HDL (colesterol "bueno"), al mismo tiempo que es menos susceptible de ser oxidado disminuyendo la producción de radicales libres (**Parada & Ortiz, 2003**).

El aguacate, dependiendo de la variedad y estado de madurez, alcanza en la pulpa niveles de hasta 25% de aceite, con valores promedios de 15-19% (**Forero, García, & Cárdenas, 2007**).

La característica alimentaria principal de este fruto es su riqueza en grasas, que tienen la ventaja de estar formadas por ácidos grasos como los ácidos oleico, linoleico y palmítico, principalmente, por lo que puede ayudar a contrarrestar los efectos perniciosos de las grasas saturadas contenidas en las grasas animales (**Botanical, 2005**), (**Díaz & Toro, 2004**).

1.1.5.1. Carotenoides

Los carotenoides son los pigmentos más ampliamente distribuidos en la naturaleza, son producidos por las bacterias fotosintéticas anoxigénicas, por las cianobacterias fotosintéticas oxigénicas o por algunas especies de bacterias no fotosintéticas. También los producen muchos eucariotes incluyendo las algas y plantas, y algunos hongos. En tejidos no fotosintéticos, los carotenoides proporcionan color a las flores y frutos (**Sánchez et al., 2000**).

Los carotenoides (*Figura 2*), son pigmentos vegetales liposolubles, se ha llegado a identificar más de 770 diferentes, pudiendo separarse en dos grupos, los que están formados por estructuras hidrocarbonadas y las xantofilas. Entre los carotenoides más estudiados están α -caroteno, β -caroteno y licopeno; y las xantofilas es la luteína, zeaxantina y criptoxantina (**Hernández & López, 2010**).

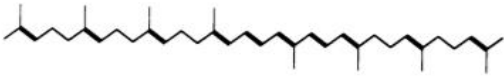
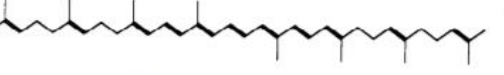
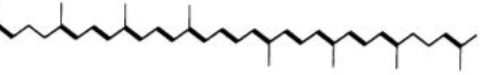
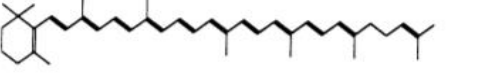
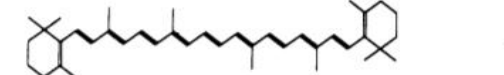
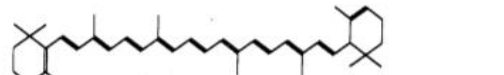
Estructura	Características
 Fitoflueno	acíclico, incoloro
 ξ-Caroteno	acíclico, amarillo suave
 Licopeno	acíclico, rojo
 γ-Caroteno	monocíclico (1 anillo β) rojo-naranja
 β-Caroteno	bicíclico (2 anillos β) naranja
 α-Caroteno	bicíclico (1 anillo β, 1 anillo γ), amarillo

Figura 2. Estructura y Características de los Carotenos.

Fuente: (Rodríguez Amaya, 2000)

1.1.5.2. Polifenoles

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos. Estos compuestos podemos denominarlos polifenoles. Se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales. Otros participan en funciones de defensa ante

situaciones de estrés y estímulos diversos (hídrico, luminoso, etc.) (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2011).

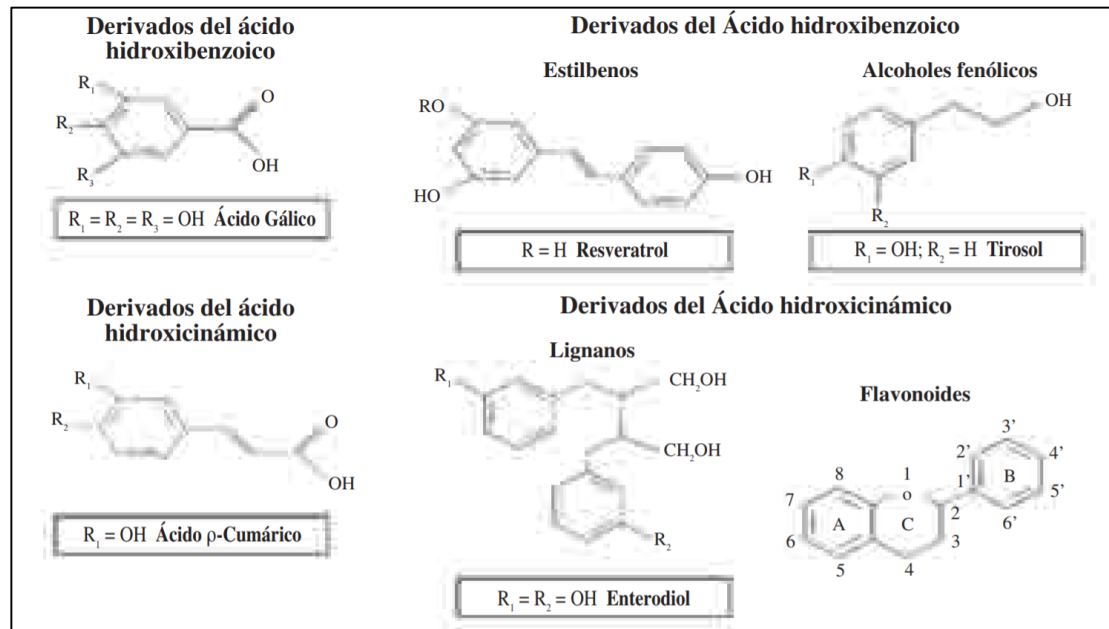


Figura 3. Núcleo estructural de los principales grupos de polifenoles.

Fuente: (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2011)

1.1.5.3. Flavonoides

Los flavonoides constituyen el grupo más importante dentro de los polifenoles, siendo los más hallados en las plantas, con bajo peso molecular que comparten el esqueleto común de difenil piranos. Esta estructura básica les permite presentar una multitud de sustituciones y variaciones dando lugar a flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanololes, isoflavonoides, catequinas, calconas, dihidrocalcona, antocianidinas, leucoantocianidinas o, flavandioli, proantocianidinas o taninos condensados (taninos no hidrolizables). De todos ellos, las flavonas y los flavonoles son los compuestos más abundantes en los vegetales, se encuentran preferentemente en las capas más superficiales de verduras, frutas, cereales y otras semillas, para proteger de la oxidación los tejidos de las capas inferiores (Zavaleta et al., 2005).

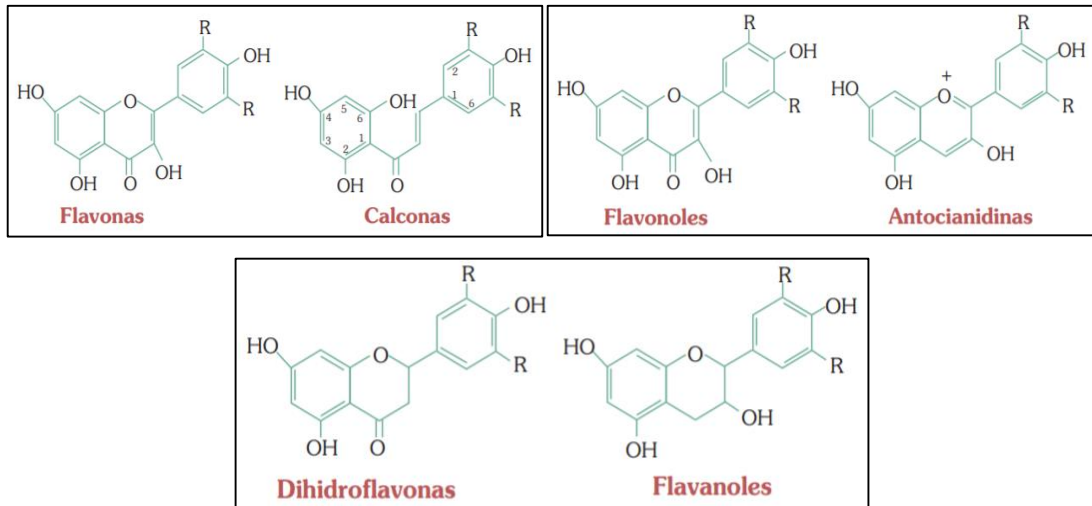


Figura 4. Estructuras de los distintos flavonoides.

Fuente: (Rivas & García, 2002)

1.1.5.4. Clorofila

La clorofila es el pigmento verde de las plantas. Se produce en la superficie de los tejidos, está formada por 20 carbonos, por ello resulta insoluble en agua, teniendo esta molécula en el centro un átomo de magnesio. Ésta se encuentra en los cloroplastos, que son encargados de absorber la luz solar, la que se utiliza para transformar el dióxido de carbono en agua y azúcares (**Delgado Pelayo, Gallardo Guerrero, & Hornero Méndez, 2014**).

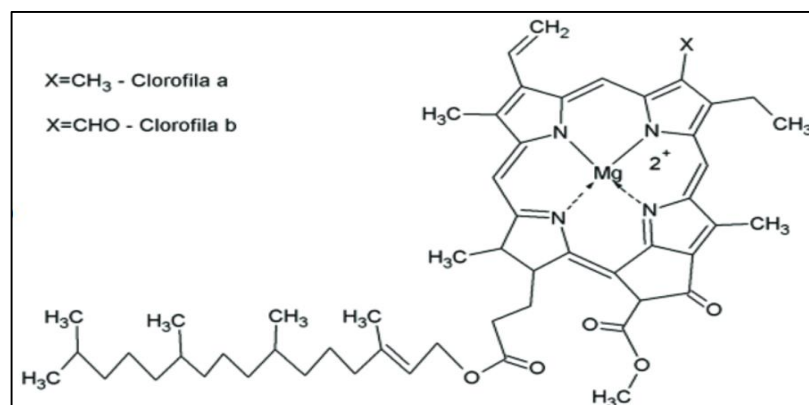


Figura 5 Estructura química de la clorofila a y la clorofila b.

Fuente: (Vallejo; et al., 2018)

1.1.6. Conservación

1.1.6.1. Ambiente natural

Es el sistema más elemental, pero aún en uso para muchos cultivos como las raíces y tubérculos, que son dejados en el suelo desde el momento de la cosecha hasta la venta. De la misma manera los cítricos y algunas frutas pueden ser dejados en el árbol. Si bien está ampliamente difundido, el producto está demasiado expuesto al ataque de plagas y enfermedades y condiciones climáticas adversas, que afectan seriamente a su calidad. Se puede utilizar paja y otros materiales para el almacenamiento de los productos agrícolas para aislarlos de la humedad del suelo y cubierto con telares de yute, plástico o paja, es también un sistema bien difundido. Es común en aquellas especies que por ser muy voluminosos requieren instalaciones muy grandes para poder contenerlas (**Kader, 2006**).

1.1.6.2. Atmósferas controladas

El almacenamiento bajo refrigeración es importante para muchos productos perecederos, dado que retrasa el envejecimiento causado por la maduración, ablandamiento, o cambios de textura y color. Además, desacelera los cambios metabólicos indeseables y la producción de calor por respiración, evita la pérdida de humedad con el consiguiente marchitamiento, disminuye la descomposición causada por la invasión de bacterias, hongos, y levaduras, con la consecuente prolongación de la vida útil del producto (**Macas Guachamín, 2013**).

Entre los factores que intervienen en el almacenamiento en condiciones controladas, existen algunos parámetros que determinan los que intervienen en la conservación en el frío y son: (**Macas Guachamín, 2013**).

- **Calidad del producto:** Los productos deben hallarse en excelentes condiciones, de óptima calidad y estar libre de roturas de piel, magulladuras, síntomas de descomposición y cualquier otra indicación de deterioro.

- **Temperatura:** La temperatura de la cámara de almacenamiento debe mantenerse lo más constante posible, variaciones de ± 1 o 2 °C de las recomendadas resultan excesivas, para los casos de almacenamiento prolongado. La temperatura óptima difiere con las variedades, para Fuerte y Hass pueden almacenarse a 7 °C por un periodo máximo de 2 semanas.
- **Humedad Relativa:** La humedad del aire en las cámaras de almacenamiento, incide sobre la calidad del producto. Cuando está elevada es beneficiosa para la curación de heridas y la formación de periderma; con esta consideración el almacenamiento de los frutos de aguacate debe estar entre los 85 y 90% (**Macas Guachamín, 2013**).

1.1.6.3. Atmosferas modificadas

El uso de atmósferas modificadas (AM) es una técnica interesante desde el punto de vista de conservación de la calidad, ya que no deja residuos químicos en los productos. Su finalidad es cambiar el microambiente del producto envasado o almacenado, inyectando mezclas de gases que habitualmente están compuestas por proporciones variables de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂) (**García, 2007**). La utilización de AM ayuda a la prolongación de la vida útil de los alimentos, debido a que minimizan las tasas de degradación bioquímica, enzimática y microbiana (**Kirtil; et al., 2015**). El mecanismo de acción de las AM permite frenar el metabolismo del fruto y reducir la respiración, retrasando su deterioro fisiológico y microbiano (**Calero, 2006**).

Las atmósferas modificadas restringen los cambios de composición como el desarrollo de antocianos, prevención de la rancidez, pardeamiento enzimático y mantenimiento del color, lo cual determina el estado de madurez e indica que en el interior de la fruta existe una gran cantidad de antioxidantes (polifenoles, flavonoides, antocianos. 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. En función de la mezcla de

gases, se elegirá el empaque o película de protección que también tendrá que ofrecer una transparencia que permita visualizar los productos y que brinde resistencia mecánica(Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008).

Para el envasado de los productos en atmósferas modificadas, se utiliza diversos tipos de empaques, donde la mezcla de gases en el empaque depende del tipo de material que se esté utilizando y la temperatura de almacenamiento. Si la permeabilidad (CO_2 y O_2) de la película se adapta a la respiración del producto, se formará un ambiente de equilibrio en el interior del empaque y la vida útil del producto se incrementará (Andrade; et al., 2012).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

Estudiar el efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la calidad física, química del aguacate (*Persea americana Mill*) variedad Fuerte, para establecer el tiempo de vida útil.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el efecto de la composición de los gases de las atmósferas modificadas activas (mezcla de O_2 , CO_2 y N_2) sobre la calidad físico – química del aguacate variedad Fuerte.
- Establecer la mezcla gaseosa idónea con base a la relación entre las variables físicas y bioquímicas estudiadas, que permita prolongar la vida útil del aguacate variedad Fuerte.
- Determinar los días en que el fruto llega a su madurez comestible, después de salir de las mezclas gaseosas almacenadas en el cuarto frío.

1.3. Hipótesis

H₀: La aplicación de atmósferas modificadas no influye sobre los cambios físicos y químicos durante la conservación del aguacate.

H_a: La aplicación de atmósferas modificadas influye sobre los cambios físicos y químicos durante la conservación del aguacate.

1.3.1. Señalamiento de las Variables de la Hipótesis

1.3.1.1. Variables Independientes

- Tiempo de almacenamiento
- Atmósfera Modificada

1.3.1.2. Variables Dependiente

- Acidez Titulable
- Materia Seca
- Grasa
- pH
- Pérdida de peso
- Firmeza
- Color

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Material Vegetal

Para la ejecución de la investigación se utilizó frutos de aguacate (*Persea americana Mill*) de la variedad Fuerte; adquiridos y recolectados directamente en la hacienda la Florencia Ubicada en la parroquia Perucho en la provincia de Pichincha. El aguacate se cosechó en el estado de madurez fisiológico de acuerdo a la norma (NTE INEN 1755:2015).

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 el ensayo con la inyección de las atmósferas modificadas.

2.1.2. Reactivos, materiales y gases

- Gas especial: Aire sintético seco, (20% de Oxígeno en Nitrógeno)
- Gas especial: Dióxido de Carbono \geq 99,9% pureza
- Etanol (grado analítico 99,9%)
- Hexano (ACS, 98%)
- Nitrógeno presurizado (99,9% pureza)
- Papeles adsorbentes
- Gas especial: Mezcla especial (0,8% Oxígeno en Nitrógeno)
- Empaques (poliamida, adhesivo de coextrusión, capa sellante PEBD)
- Hidróxido de sodio (ACS)
- Oxígeno presurizado (99,5 % pureza)
- Dióxido de carbono presurizado (99,9% pureza)
- Material de aseo, vidrio y plástico

2.1.3. Equipos

- Analizador y mezclador de gases
- Balanza analítica
- Cámara de refrigeración
- Cuarto de congelación
- Potenciómetro digital
- Estufa de secado
- Extractor Soxhlet
- 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, se empacó tres frutos en fundas flexibles transparentes, se utilizó de poliamida, adhesivo de coextrusión, capa sellante PEBD. Se realizó por triplicado, para cada tratamiento. Se colocó una repetición adicional de cada tratamiento, para establecer el tiempo de vida de anaquel de la fruta.

2.3. Aplicación de las atmósferas modificadas

La generación de las diferentes combinaciones gaseosas para aplicar en las muestras de aguacate se realizó empleando un mezclador de gases KM100-3 FLOW (WITT Gasetechnik, Alemania) (*Imagen 1*), 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 recorrido neumático que incluyeron 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).

Las muestras de aguacate se envasaron en fundas especiales para atmósferas modificadas (poliamida, adhesivo de coextrusión, capa sellante PEBD) con la ayuda de una empacadora al vacío modelo J-V002.

Luego de empacar las muestras, se llevaron a la Planta de Procesamiento de Frutas del INIAP y se almacenaron a una temperatura de $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% humedad relativa, el

muestreo se realizó cada 10 días hasta completar 60 días. Posterior a cada periodo de almacenamiento se llevó a los Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, en la Estación Experimental Santa Catalina ubicada en la provincia de Pichincha, donde se realizaron los análisis.

Para poder determinar la vida de anaquel del aguacate, se tomó un fruto y se lo mantuvo al ambiente después de cada tiempo de muestreo.



Imagen 1. Equipo de atmósferas modificadas.

Fuente: (Viñán, 2019)

Este equipo fue utilizado en el año 2018 en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por el Dr. Angós, en una investigación similar con arazá, tomate de árbol y naranjilla (Angós, 2008), (Llerena et al., 2020).

2.4. Efecto de las atmósferas modificadas en los parámetros fisicoquímicos

2.4.1. Parámetros físicos

- **Pérdida de peso**

Se tomó el peso en gramos de los frutos con la ayuda de una balanza analítica antes de empacar los frutos y después de la conservación. La determinación de la pérdida de peso se realizó para cada día de análisis; se calculó en porcentaje por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Pérdida de peso (%).

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

Donde:

Pf: Peso al finalizar el periodo de almacenamiento (g)

Pi: Peso inicial sin exposición del gas (g)

- **Firmeza**

Para la determinación de la firmeza del fruto, se midió la fuerza de penetración sobre la pulpa del aguacate utilizando un penetrómetro digital, se utilizó una punta de 3 mm y las medidas se realizaron en cada lado del eje ecuatorial del fruto. Se reportó el valor medio en Newton, según el método reportado por **(Brito & Vásquez, 2013)**.

- **Color**

Para las medidas del color se utilizó un colorímetro Color Tec-PCMTm, por medio del cual se obtuvo las coordenadas de color CIELab, donde L* indica la luminosidad o claridad, a* indica el componente de color entre verde (-) y rojo (+), y b* indica el color entre amarillo (+) y azul (-).

A partir de las coordenadas Lab, se procedió a calcular los parámetros del croma (C*), el ángulo Hue o tono (H°) y el Índice de oscurecimiento (IO), siguiendo el método descrito por **(Brito & Vásquez, 2013)**, mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2: Parámetros del croma.

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

Ecuación 3: Ángulo Hue.

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

Ecuación 4: Índice de oscurecimiento.

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

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 (-)

° H: es el tono

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

IO: es el índice de oscurecimiento

2.4.2. Parámetros químicos

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

La determinación del pH se lo realizó en el mesocarpio o la pulpa de la fruta con un potenciómetro digital previamente calibrado, se registró la lectura directamente del equipo cuando el valor se estabilizó por completo, siguiendo el método reportado por **(Brito & Vásquez, 2013)**.

- **Acidez Titulable**

La acidez titulable se determinó en un peso de muestra llevado a un volumen conocido, se tituló con una solución alcalina estandarizada hasta el viraje de color, determinado por el pH 8,2 del indicador de fenolftaleína, siguiendo el método reportado por **(Brito & Vásquez, 2013)**, mediante la ecuación:

Ecuación 5: Acidez titulable (%).

$$Acidez\ Titulable\ (\% \text{ ácido tartártico}) = \frac{V_{NaOH} \times N \times meq \times Vt}{Pm \times Va} \times 100$$

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

Vt: Volumen de solución preparada (ml)

Pm: Peso de la muestra (g)

Va: Volumen de la alícuota para la titulación (ml)

- **Materia Seca**

La materia seca se analizó en un peso conocido del mesocarpio 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, siguiendo el método descrito por la (A.O.A.C., 2007), y se calculó mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 6: Materia Seca (%).

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

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)

- **Grasa**

El solvente (hexano) utilizado se evaporó 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 destiló y se recogió en otro recipiente. El extracto que quedó en el balón se secó en una estufa a 65° C y se pesó, siguiendo el método descrito por la (A.O.A.C., 2007), y se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 7: Grasa (%)

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

Donde:

Pb = Peso del balón (g)

Pbr = Peso del balón más residuo (g)

Pm = Peso de la muestra (g)

2.5. Análisis Estadístico

2.5.1. Factores en estudio

Para cada variedad 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 investigaciones reportadas en bibliografía (Vigyan, 2010) (De la Vega, Cañarejo, & Pinto, 2017), y el tiempo de almacenamiento hasta 60 días, como se detalla en la Tabla 2:

Tabla 2. Factores en estudio que determinaron la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la vida útil y la calidad fisicoquímica del aguacate, variedad Fuerte.

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
AM [*] : Atmósferas Modificadas		D ^{**} :Tiempo de almacenamiento (Días)

Elaborado por: (Viñán, 2019)

2.5.2. Tratamiento

Los tratamientos constituyeron la combinación de los factores en estudio: tipo de atmósfera modificada y tiempo de almacenamiento, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Combinación entre tratamientos que determinaron la influencia de cuatro atmósferas modificadas en la calidad fisicoquímica y la vida útil del aguacate, variedad Fuerte.

TRATAMIENTOS	
F AM ₁ D ₀	F AM ₃ D ₀
F AM ₁ D ₁₀	F AM ₃ D ₁₀
F AM ₁ D ₂₀	F AM ₃ D ₂₀
F AM ₁ D ₃₀	F AM ₃ D ₃₀
F AM ₁ D ₄₀	F AM ₃ D ₄₀
F AM ₁ D ₅₀	F AM ₃ D ₅₀
F AM ₁ D ₆₀	F AM ₃ D ₆₀
F AM ₂ D ₀	F AM ₄ D ₀

TRATAMIENTOS	
F AM ₂ D ₁₀	F AM ₄ D ₁₀
F AM ₂ D ₂₀	F AM ₄ D ₂₀
F AM ₂ D ₃₀	F AM ₄ D ₃₀
F AM ₂ D ₄₀	F AM ₄ D ₄₀
F AM ₂ D ₅₀	F AM ₄ D ₅₀
F AM ₂ D ₆₀	F AM ₄ D ₆₀

Elaborado por: (Viñán, 2019)

2.5.3. Diseño Experimental

Los tratamientos se organizaron en un diseño completamente al azar, cuatro mezclas gaseosas analizadas durante siete momentos de almacenamiento (días de análisis), que se realizaron con tres repeticiones, dando un total de 28 tratamientos, como se presenta en la Tabla 3. El diseño experimental se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Fuente de variación y grados de libertad del diseño experimental, para estudiar el efecto de las AM en la calidad del aguacate, variedad Fuerte.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	A x B x R ^{***} -1
Factor A [*]	A - 1
Factor B ^{**}	B - 1
Interacción	A x B
Error experimental	56

Factor A^{*}: Atmósferas Modificadas
Factor B^{**}: Tiempo de Almacenamiento
R^{***}: Repeticiones

Elaborado por: (Viñán, 2019)

2.5.4. 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% .

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

El análisis de los resultados obtenidos en la parte experimental se realizó con ayuda del software estadístico InfoStat (IS) - Versión 2008.

Hay que destacar que, al momento de realizar el análisis de los diferentes parámetros fisicoquímicos, las interacciones Días/Mezclas gaseosas (AxB) siguen una distribución normal, pero no cumplen con el supuesto de varianzas homogéneas, es decir que no se pudo analizar mediante ANOVA ya que los factores y las interacciones no presentan significancia estadística; se optó por analizar los resultados mediante estadística no paramétrica con el test de Friedman al 5%.

3.1.1. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la calidad físico química

3.1.1.1. *Parámetros Químicos*

- **Acidez titulable**

En la Tabla 5 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmósferas modificadas sobre la acidez titulable en el aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

Para el caso de la acidez titulable (% de ácido tartárico), los datos siguen una distribución normal, pero no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

Tabla 5. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la acidez titulable (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	ACIDEZ (% ÁCIDO TARTÁRICO)			RANGO
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	0,114	±	0,01	cd
	10	0,114	±	0,01	cd
	20	0,111	±	0,01	bcd
	30	0,099	±	0,02	abcd
	40	0,087	±	0,01	a
	50	0,099	±	0,02	abcd
	60	0,087	±	0,01	ab
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	0,114	±	0,01	cd
	10	0,118	±	0,01	d
	20	0,126	±	0,02	d
	30	0,099	±	0,01	abcd
	40	0,091	±	0,02	abcd
	50	0,095	±	0,02	abcd
	60	0,091	±	0,01	abc
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	0,114	±	0,01	cd
	10	0,114	±	0,01	bcd
	20	0,110	±	0,01	abcd
	30	0,099	±	0,02	abcd
	40	0,095	±	0,02	abcd
	50	0,099	±	0,02	abcd
	60	0,091	±	0,01	abcd
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	0,114	±	0,01	cd
	10	0,106	±	0,01	abcd
	20	0,110	±	0,01	abcd
	30	0,103	±	0,01	abcd
	40	0,091	±	0,02	abcd
	50	0,099	±	0,02	abcd
	60	0,095	±	0,02	abcd
P-value		0,4698			
T ²		1,01			
n*		3			

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Según la norma INEN, para la madurez de consumo, este parámetro debe ser >0,18%, en base a los resultados obtenidos, todos los tratamientos están dentro de este rango, se puede evidenciar que el factor días de almacenamiento es el factor que más influye en esta variable analizada.

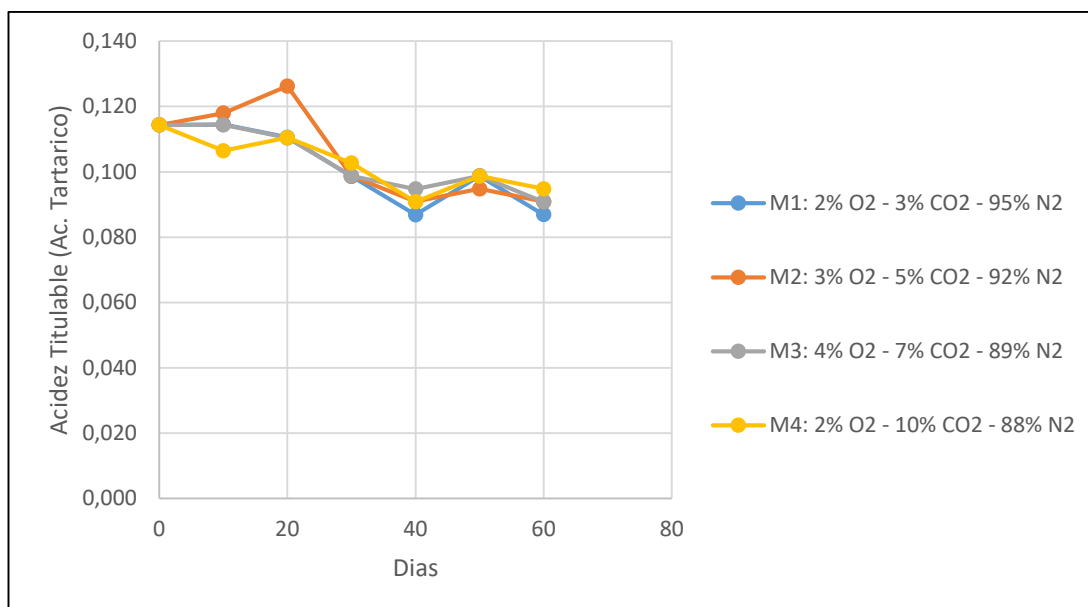


Gráfico 3. Curvas de la acidez titulable (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

El tratamiento con el que se consigue una menor acidez titulable de 0,087% a los 60 días de almacenamiento es con 2% O₂-3% CO₂-95% N₂, el efecto contrario 0,10% se consigue con la atmosfera modificada 2% O₂-10% CO₂-88% N₂ a los 60 días.

Se puede observar en el Gráfico 3 que mientras aumentan los días de almacenamiento la acidez disminuye.

Esta disminución es atribuida al consumo de los ácidos orgánicos en los diferentes ciclos metabólicos del fruto, entre ellos el ácido tartárico, que predomina en el aguacate; además, los ácidos y los carbohidratos son utilizados para proporcionar la energía que el fruto requiere durante el proceso de maduración (**Astudillo & Rodriguez, 2018**).

- **pH**

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

Tabla 6. Efecto de las mezclas gaseosas sobre el pH del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	pH (%)			RANGO
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	6,10	±	0,09	abc
	10	6,38	±	0,07	ijklmnopqrst
	20	6,47	±	0,04	pqrstuv
	30	6,34	±	0,14	hijklmno
	40	6,40	±	0,08	ijklmnopqrstuv
	50	6,42	±	0,10	klmnopqrstuv
	60	6,66	±	0,06	v
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	6,10	±	0,09	a
	10	6,37	±	0,06	hijklmnop
	20	6,39	±	0,02	ijklmnopqrstuv
	30	6,33	±	0,03	ghijklmn
	40	6,39	±	0,04	ijklmnopqrstuv
	50	6,38	±	0,05	hijklmnopq
	60	6,31	±	0,10	ghijklm
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	6,10	±	0,09	abcd
	10	6,33	±	0,03	ghijkl
	20	6,32	±	0,04	ghijk
	30	6,39	±	0,03	ijklmnopqrstuv
	40	6,36	±	0,36	ijklmnopqr
	50	6,37	±	0,05	ijklmnopqrs
	60	6,53	±	0,15	tuv
2% O ₂ - 10%CO ₂ - 88% N ₂	0	6,10	±	0,09	ab
	10	6,21	±	0,03	abcdefg
	20	6,26	±	0,06	abcdefgh
	30	6,17	±	0,05	abcde
	40	6,18	±	0,02	abcdef
	50	6,27	±	0,07	abcdefghi
	60	6,30	±	0,05	fghij
P-value				< 0,0001	
T²				6,69	
n*				3	

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Para el parámetro pH, los datos no siguen una distribución normal y no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

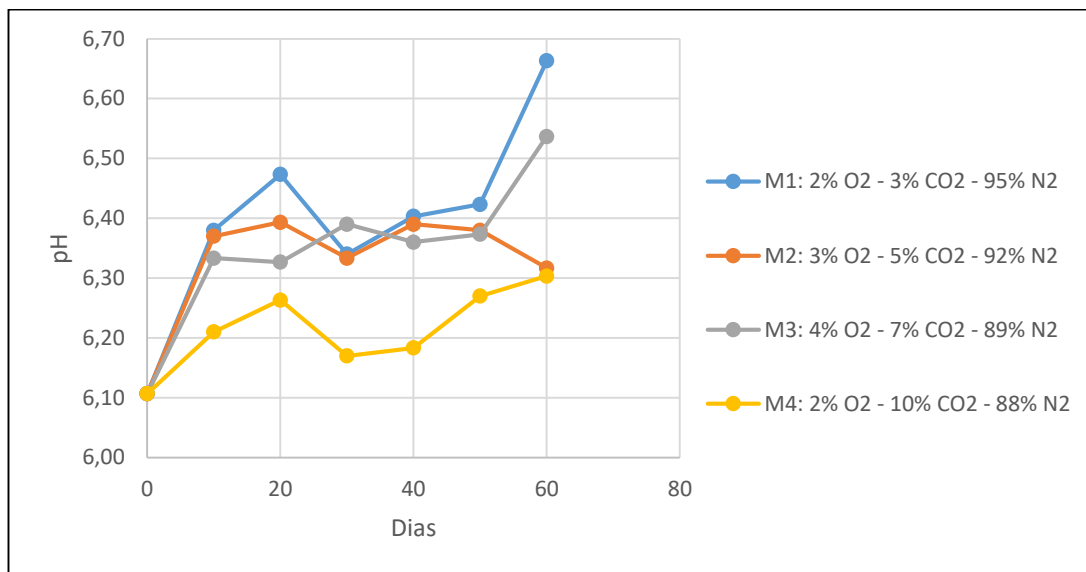


Gráfico 4 Curvas del pH del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Para el parámetro pH, se observa en el Gráfico 4 que, durante los días de almacenamiento los valores de pH no siguen una tendencia lineal; con el tratamiento 2% O₂ – 3% CO₂ – 95% N₂ a los 60 días se alcanza un mayor valor de pH el cual fue de 6,66, el efecto contrario se consigue con el tratamiento 2% O₂ – 10% CO₂ – 88% N₂ a los 60 días el cual fue de 6,30. Se puede observar que los días de almacenamiento influyen fuertemente sobre este parámetro.

El comportamiento del pH se asocia con los ácidos orgánicos presentes en el fruto, ya que en el periodo de maduración estos 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 (Astudillo & Rodriguez, 2018).

- **Materia seca**

En la Tabla 7 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmósferas modificadas sobre el porcentaje de la materia seca del aguacate, durante los 60 días de almacenamiento.

Tabla 7. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la materia seca (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	MATERIA SECA (%)			RANGO
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	19,99	±	0,36	abcde
	10	20,25	±	0,53	abcdefgh
	20	21,36	±	1,25	cdefghijkl
	30	21,39	±	2,45	ghijklmnop
	40	21,78	±	1,37	hijklmnopq
	50	22,02	±	1,15	ijklmnopqr
	60	23,13	±	0,10	pqr
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	19,99	±	0,36	abcd
	10	20,09	±	0,15	abcdefg
	20	20,94	±	0,19	abcdefghij
	30	21,11	±	0,93	abcdefghi
	40	21,46	±	1,51	ghijklmno
	50	22,03	±	0,74	ijklmnopqr
	60	23,86	±	3,40	jklmnopqr
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	19,99	±	0,36	abc
	10	20,19	±	0,43	a
	20	21,22	±	0,91	ghijklm
	30	22,46	±	1,38	jklmnopqr
	40	22,70	±	2,89	ijklmnopqr
	50	23,04	±	1,91	klmnopqr
	60	23,32	±	0,87	r
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	19,99	±	0,36	abcdef
	10	20,03	±	0,09	ab
	20	21,18	±	0,15	abcdefghijk
	30	21,44	±	1,02	ghijklmn
	40	22,63	±	1,22	klmnopqr
	50	23,02	±	0,79	klmnopqr
	60	23,15	±	0,45	lmnopqr
P-value				< 0,0001	
T ²				4,48	
n*				3	

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el porcentaje de materia seca, los datos siguen una distribución normal pero no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

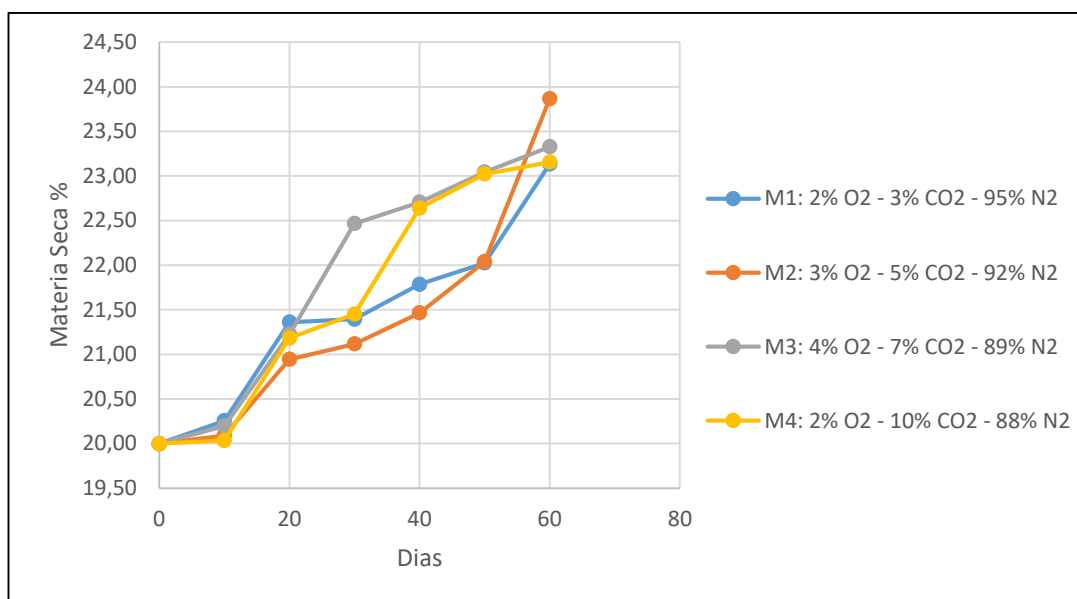


Gráfico 5. Curvas de la materia seca (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 5 se observa que, el tratamiento en el que se consigue un mayor porcentaje de materia seca a los 60 días es en la mezcla de 3% O₂ – 5% CO₂– 92% N₂ con un valor de 23,864%, mientras que el menor porcentaje de materia seca a los 60 días es en la mezcla de 2% O₂ – 3% CO₂ – 95% N₂ con un valor de 23,133%.

Durante el periodo de madurez se evidencia que la materia seca aumenta, debido a que el fruto a medida que avanza su periodo de almacenamiento pierde agua. El contenido de materia seca crece cuando aumenta el contenido de grasa. Esta relación se atribuye a un desplazamiento de las moléculas de agua por parte de las inclusiones oleosas fuera de las vacuolas celulares, contribuyendo así a reducir el contenido de humedad (Márquez, et al., 2014).

- **Grasa**

En la Tabla 8 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmósferas modificadas sobre el porcentaje de grasa del aguacate, durante los 60 días de almacenamiento.

Tabla 8. Efecto de las mezclas gaseosas sobre el contenido de grasa (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	GRASA (%)			RANGO
2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	10,24	±	0,40	abcd
	10	10,98	±	0,84	abcde
	20	11,36	±	0,50	efghi
	30	12,32	±	0,59	jklmn
	40	14,22	±	0,52	opq
	50	16,20	±	1,05	u
	60	17,08	±	0,41	u
3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	10,24	±	0,40	ab
	10	10,97	±	0,22	ef
	20	11,23	±	0,50	efgh
	30	12,34	±	1,11	hijk
	40	14,05	±	0,61	op
	50	16,21	±	0,73	u
	60	16,83	±	0,27	u
4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	10,24	±	0,40	abc
	10	11,94	±	0,15	jklm
	20	11,99	±	0,30	jkl
	30	13,81	±	0,99	o
	40	14,57	±	1,16	opqrs
	50	15,99	±	0,73	u
	60	16,91	±	0,68	u
2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	10,24	±	0,40	a
	10	11,25	±	0,42	efg
	20	11,45	±	0,83	efghij
	30	14,23	±	0,55	opqr
	40	14,68	±	0,28	opqrst
	50	16,40	±	0,97	u
	60	17,02	±	0,64	u
P-value				< 0,0001	
T²				35,35	
n*				3	

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Para el caso del porcentaje de grasa, los datos siguen una distribución normal pero no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

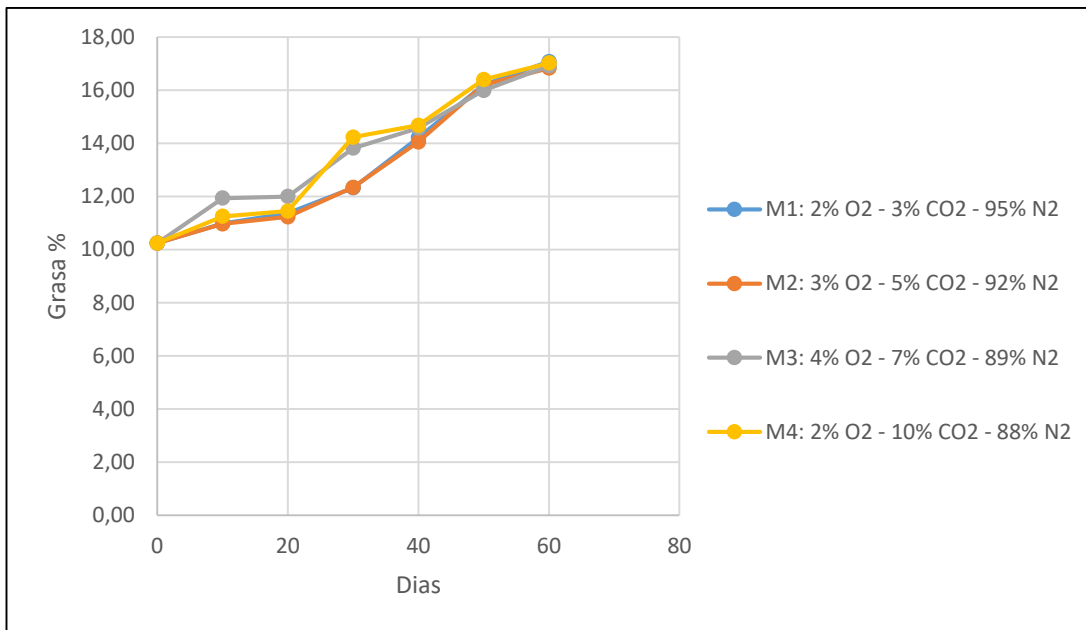


Gráfico 6. Curvas del contenido de grasa (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 6, para el contenido de grasa se evidencia que hasta los 40 días de almacenamiento este parámetro no se mantiene estable en las diferentes Atmósferas Modificadas (AM), a partir de día 50 hasta llegar a los 60 días se estabilizó puesto que comparten un mismo rango estadístico, registran valores similares. O sea, que a partir de este tiempo de almacenamiento el tipo de AM no influirá en el proceso de maduración del aguacate, llegando a registrar los valores más altos para este parámetro.

Se puede evidenciar que en la mezcla de 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂, se alcanza a los 60 días un valor de grasa del 17,08%, el cuál es el valor más alto en comparación a las otras mezclas, caso contrario se da en la mezcla de 3% O₂ - 5% CO₂ - 92% N₂ la cual alcanza un contenido de grasa de 16,83%.

Al comparar con la norma INEN 1755:2009, se puede confirmar que el contenido de grasa del aguacate habría alcanzado la madurez de consumo, valor >15,0%. Con base a los resultados del análisis estadístico se podría afirmar que deben pasar 50 días de

almacenamiento para alcanzar la madurez de consumo independientemente del tipo de AM empleada, aunque las frutas todavía no tenían las características físicas (pulpa suave) aceptadas por el consumidor. Lo antes mencionado se corrobora con los resultados obtenidos, ya que la materia seca aumenta al igual que la grasa mientras que la firmeza disminuye.

El aumento en el contenido de grasa o aceite en el fruto de aguacate tiene una estrecha relación con la disminución en el porcentaje de agua durante la maduración (**Márquez, et al., 2014**).

3.1.1.2. Parámetros Físicos

- **Pérdida de peso**

En la Tabla 9 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmósferas modificadas sobre la pérdida de peso en el aguacate, durante los 60 días de almacenamiento.

Para la pérdida de peso, los datos siguen una distribución normal pero no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

Según (**Espinoza-Cruz, et al., 2014**), la pérdida de peso en postcosecha se atribuye principalmente a transpiración causada por un déficit de presión de vapor del producto con relación a su entorno, el cual, por la baja humedad relativa se incrementó en la condición de aire natural y mayor temperatura.

Tabla 9. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la pérdida de peso (%) del aguacate variedad Fuerte, durante los 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	PÉRDIDA DE PESO (%)		RANGO
AM1: 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	0,00	± 0,00	abcd
	10	3,29	± 0,11	efgh
	20	4,60	± 0,13	ijkl
	30	6,38	± 0,20	mnpq
	40	7,47	± 0,28	stuv
	50	7,79	± 0,30	wxyz
	60	7,95	± 0,07	wxyz
AM2: 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	0,00	± 0,00	a
	10	3,24	± 0,06	ef
	20	4,22	± 0,36	i
	30	6,20	± 0,19	lmn
	40	7,10	± 0,23	qr
	50	7,79	± 0,37	w
	60	7,99	± 0,39	wxyz
AM3: 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	0,00	± 0,00	abc
	10	3,14	± 0,42	efg
	20	4,34	± 0,27	ij
	30	6,29	± 0,30	mno
	40	7,15	± 0,11	rs
	50	7,31	± 0,23	rst
	60	8,21	± 0,20	z
AM4: 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	0,00	± 0,00	ab
	10	3,03	± 0,09	e
	20	4,19	± 0,19	ijk
	30	6,19	± 0,03	lm
	40	6,92	± 0,20	pq
	50	7,33	± 0,10	stuv
	60	8,12	± 0,07	wxyz
P-value		< 0,0001		
T ²		113,48		
n*		3		

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Para la pérdida de peso se evidenció en el (Gráfico 7), que hasta los 30 días de almacenamiento sigue una tendencia lineal en cada una de las AM, la mayor pérdida de peso a los 60 días se produce en la M3: 4% O₂ – 7% CO₂ – 89% N₂ con un valor de 8,21% y el efecto contrario se da con la M1: 2% O₂ – 3% CO₂ - 95% N₂ con un valor de 7,95%.

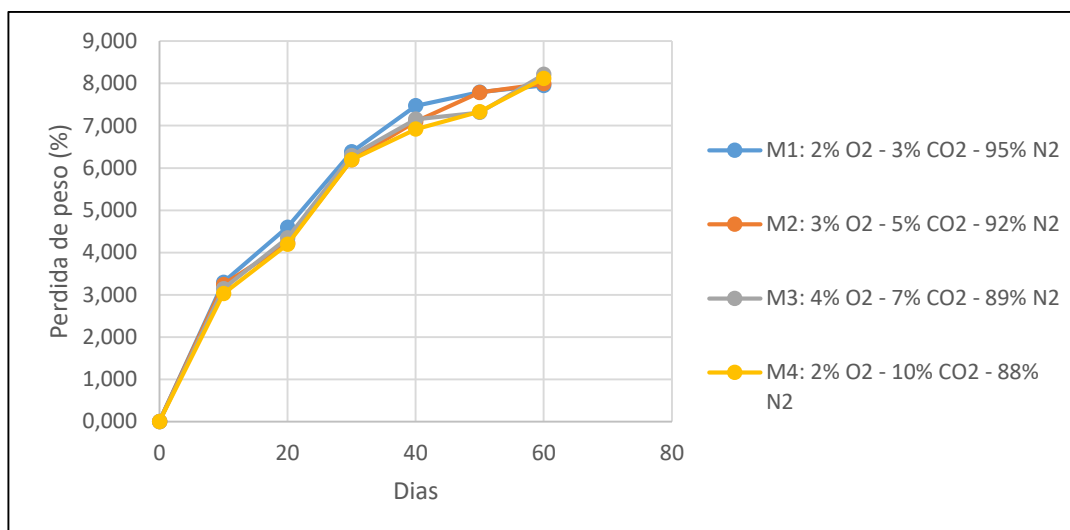


Gráfico 7. Curvas de la pérdida de peso (%) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Estudios realizados por (Espinoza-Cruz, et al., 2014) en aguacate con atmósferas modificadas, muestran que la pérdida de peso cuando estuvieron almacenados a 5 °C fue de 5,7% y destaca que el uso de películas plásticas y refrigeración se encuentran entre las estrategias sugeridas para disminuir este parámetro. Los resultados obtenidos hacen referencia a dicho estudio ya que, a los 60 días de almacenamiento el valor máximo de la pérdida de peso fue de 8,21% conservados a 8 ± 2 °C.

- **Firmeza**

En la Tabla 10 se muestra el análisis (test de Friedman) con un nivel de confianza del 95% del efecto de las atmósferas modificadas sobre la firmeza en el aguacate, durante los 60 días de almacenamiento.

Para el caso de la firmeza (N), los datos siguen una distribución normal pero no cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que los datos no pueden ser analizados mediante el ANOVA, se utilizó estadística no paramétrica, prueba de Friedman al 5% para establecer los mejores tratamientos.

Tabla 10. Efecto de las mezclas gaseosas sobre la firmeza (N) del aguacate variedad Fuerte, durante 60 días de almacenamiento.

COMPOSICIÓN A. M.	T. A. (DÍAS)	FIRMEZA (N)			RANGO
AM1: 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	56,68	±	0,73	Y
	10	49,03	±	0,25	U
	20	45,00	±	0,34	Qr
	30	35,65	±	1,73	Mno
	40	29,79	±	2,18	Ij
	50	25,94	±	1,13	Efgh
	60	22,48	±	3,00	Abc
AM2: 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	56,68	±	0,73	Y
	10	49,26	±	0,83	Uvw
	20	45,07	±	1,26	Q
	30	35,66	±	0,90	Mn
	40	30,37	±	0,83	Ijk
	50	26,22	±	2,58	Efg
	60	23,89	±	0,58	Cd
AM3: 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	56,68	±	0,73	Y
	10	49,52	±	0,68	Uv
	20	45,63	±	0,90	Qrs
	30	36,53	±	0,86	Mnop
	40	29,43	±	1,42	I
	50	26,15	±	2,23	De
	60	22,16	±	1,00	A
AM4: 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	56,68	±	0,73	Y
	10	49,97	±	0,24	Uvwx
	20	45,42	±	0,65	Qrst
	30	34,69	±	1,37	M
	40	30,60	±	0,86	Ijkl
	50	26,60	±	0,87	Def
	60	23,15	±	1,23	Ab
P-value				< 0,0001	
T ²				108,05	
n*				3	

Elaborado por: (Viñán, 2020)

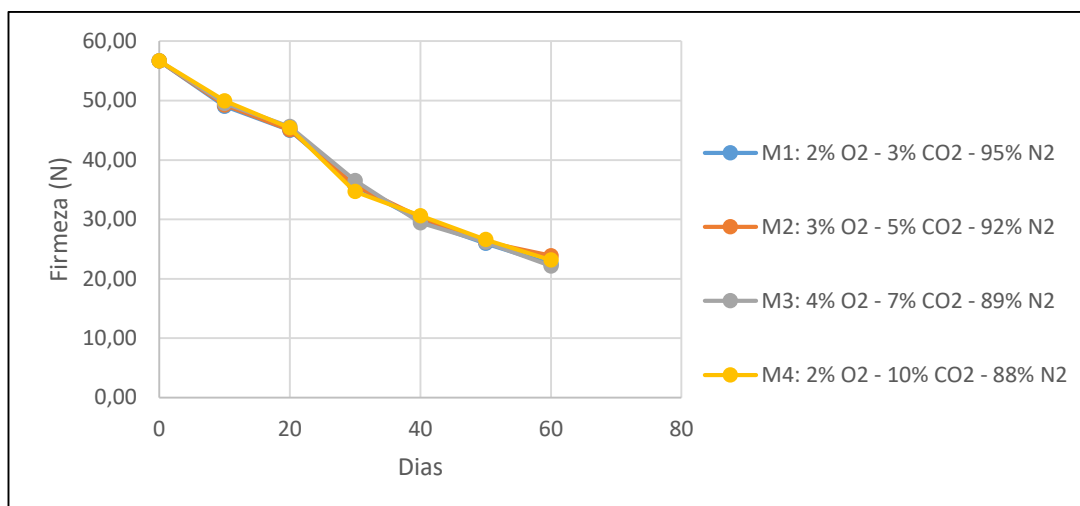


Gráfico 8. Curvas de la firmeza (N) del fruto variedad Fuerte, almacenados en cuatro atmósferas modificadas.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En la firmeza (N), se evidencia en el Gráfico 8 que los resultados obtenidos siguen una tendencia lineal decreciente durante los 60 días de almacenamiento, se podría decir que este parámetro se mantiene estable independientemente del tipo de AM, el menor valor de 22,16 N se registra con la mezcla M3: 4% O₂ – 7% CO₂ – 89% N₂, 60 días; el efecto contrario de 23,89 N se consigue con la mezcla M2: 3% O₂ – 5% CO₂ – 92% N₂, 60 días. Con base al análisis realizado se puede establecer que a medida que disminuye este parámetro el contenido de grasa y materia seca aumenta.

El ablandamiento es el principal aspecto del proceso de maduración en los frutos de aguacate, como consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular. Los cambios ocurridos se deben probablemente a la hidrólisis de los compuestos pécticos presentes en la pared celular, por la acción enzimática, asociados a la pérdida de turgencia celular debida a la transpiración, dando como resultado final el ablandamiento de los frutos de aguacate (Márquez, et al., 2014).

- **Color**

En el Gráfico 9 se presenta un esquema en los ejes cartesianos de los parámetros del color. Según el método CIELab, este sistema define un espacio en coordenadas rectangulares (L, a, b), junto con otro en coordenadas cilíndricas (L, H, C).

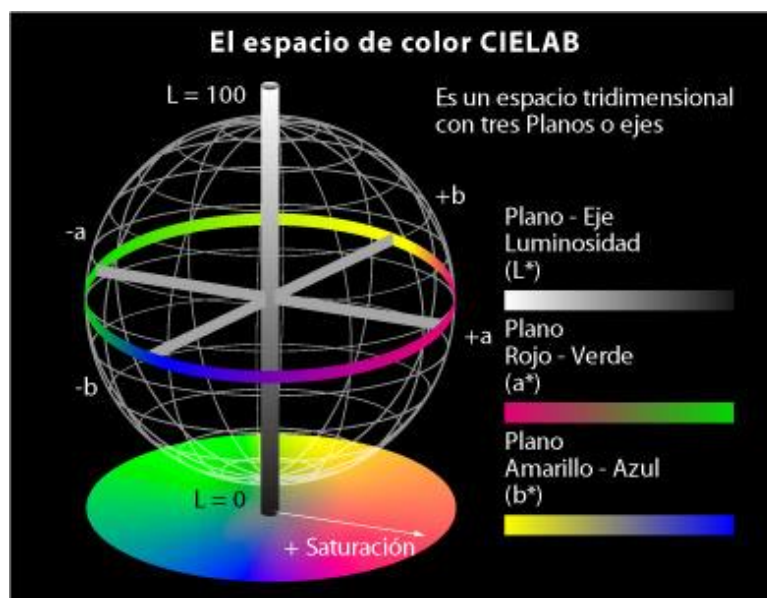


Gráfico 9. Parámetros CIE $L^*a^*b^*$

Fuente: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/>

➤ *Color Externo*

En la Tabla 11 se observa el comportamiento del color externo, que tuvieron los frutos de la variedad Fuerte en las cuatro atmósferas modificadas, con relación a los parámetros del color mediante el método CIELAB.

Tabla 11: Parámetros CIE $L^*a^*b^*$ del color de la cáscara del fruto variedad Fuerte.

MEZCLA	Día	L	a	b	°H	C	IO
AM ₁ : 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	42,33	-11,81	20,73	119,66	23,86	39,58
	10	40,51	-12,07	21,89	118,87	25,00	46,75
	20	37,10	-12,47	23,13	118,33	26,28	59,38
	30	35,92	-13,65	24,74	118,89	28,25	69,41
	40	35,37	-14,01	25,39	118,89	29,00	74,81
	50	34,34	-14,94	27,66	118,38	31,44	94,40
	60	33,11	-15,73	29,08	118,41	33,06	113,41
AM ₂ : 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	42,33	-11,81	20,73	119,66	23,86	39,58
	10	39,59	-11,92	22,56	117,85	25,51	51,98
	20	38,23	-13,88	23,05	121,05	26,91	52,44
	30	35,95	-14,23	24,92	119,74	28,70	68,77

MEZCLA	Día	L	a	b	°H	C	IO
AM ₃ : 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	40	35,08	-15,27	25,83	120,60	30,00	75,21
	50	34,14	-16,04	27,09	120,63	31,49	87,01
	60	33,52	-16,87	28,34	120,77	32,98	99,04
	0	42,33	-11,81	20,73	119,66	23,86	39,58
	10	40,06	-12,17	22,38	118,53	25,48	49,60
	20	38,17	-12,85	23,34	118,83	26,64	56,82
	30	36,26	-13,79	24,05	119,83	27,72	63,51
	40	35,30	-14,71	25,80	119,69	29,70	75,88
	50	34,10	-15,57	26,52	120,42	30,76	84,04
AM ₄ : 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	60	32,26	-17,38	27,84	121,97	32,82	100,65
	0	42,33	-11,81	20,73	119,66	23,86	39,58
	10	39,33	-12,67	23,00	118,86	26,26	52,84
	20	36,57	-14,18	24,66	119,90	28,44	65,25
	30	35,65	-14,85	25,68	120,05	29,66	73,20
	40	34,84	-15,42	26,03	120,63	30,25	77,27
	50	33,97	-16,01	27,21	120,47	31,57	89,00
	60	33,34	-17,10	28,25	121,19	33,02	98,54

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 10 se observa la tendencia de la luminosidad o claridad de la cáscara, la cual tiene un comportamiento decreciente, desde el día 0 a la cosecha del fruto, hasta el día 60 que fue el último día de observación.

Como se observa en el Gráfico 10, los frutos en su estado de madurez de cosecha muestran una tendencia a colores verdes con valores del parámetro a* comprendidos entre -11,81 hasta -17,38 en la mezcla M3: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂ y colores amarillos con valores del parámetro b* comprendidos entre 20,73 hasta 29,08 en la mezcla M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂. Por otro lado, la luminosidad (L) muestra un comportamiento a tonalidades oscuras ya que el parámetro al momento de su cosecha tuvo un valor de 42,33 hasta el último día de observación que fue a los 60 días, el mismo que llegó a 32,26 en la mezcla M3: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂; mientras el parámetro se acerca a 0 la luminosidad tiende a la opacidad y cuando más cerca de 100 sea el valor la cáscara tiende a ser blanca o radiante (Brito & Vásquez, 2013).

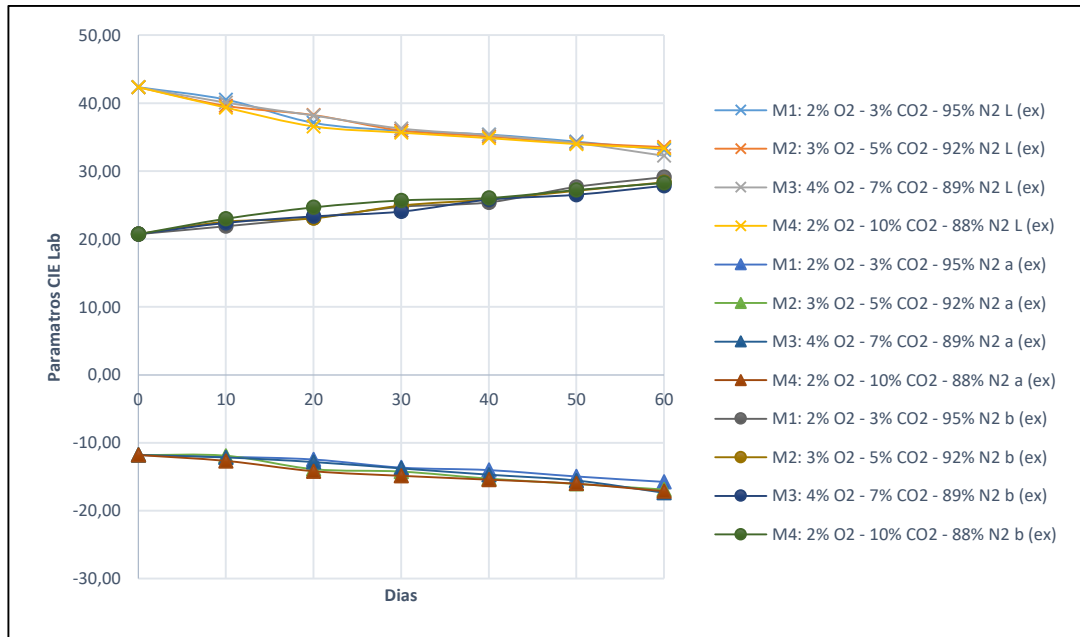


Gráfico 10. Parámetros CIE L*a*b* del color de la cáscara del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Como se observa en el Gráfico 11, el comportamiento del índice de oscurecimiento en la cáscara del aguacate aumenta a medida que aumentan los días de almacenamiento. Cabe mencionar que la mezcla que muestra menor Índice de Oscurecimiento a los 60 días es la mezcla M4: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂ con un valor de 98,54, el efecto contrario ocurre con la mezcla M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂ que tuvo un valor de 113,4.

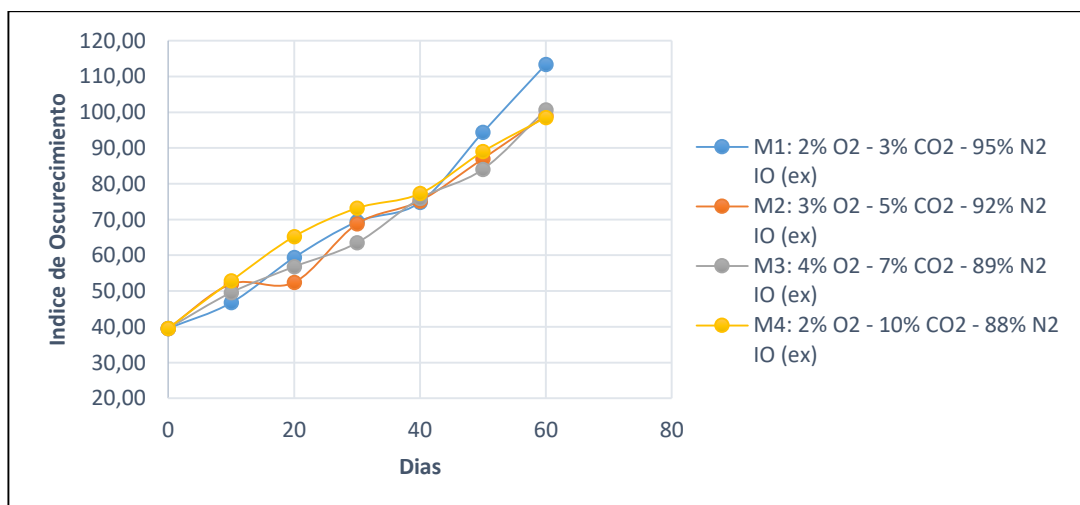


Gráfico 11. Índice de oscurecimiento de la cáscara del fruto variedad Fuerte

Elaborado por: (Viñán, 2020)

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

En el Gráfico 12 se puede evidenciar el comportamiento del croma con respecto a los días de almacenamiento (60 días), la mezcla que muestra menor croma es la mezcla M3: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂ con un valor de 30,76, caso contrario ocurre con la mezcla M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂ con un valor de 33,06. Cabe destacar que a medida que aumentan los días de almacenamiento aumenta el croma.

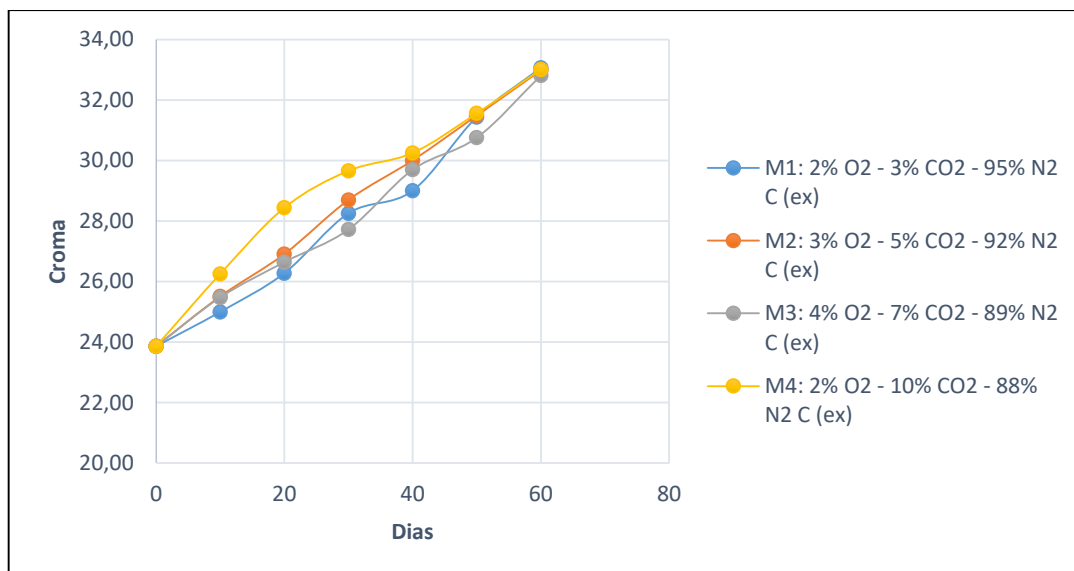


Gráfico 12. Croma (C) de la cáscara del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

El ángulo Hue ($^{\circ}H$), indica el tono de la muestra, su unidad es el grado sexagesimal, esta es una magnitud derivada que puede ser representada en un plano cartesiano, con los ejes a y b, el intervalo puede estar de 0° a 360° (**Brito & Vásquez, 2013**).

El ángulo Hue comienza en el eje +a*, por ejemplo, si una muestra presenta 0° es +a* o de color rojo y si la muestra presenta 90° es +b* o de color amarillo como se mostró en el Gráfico 9.

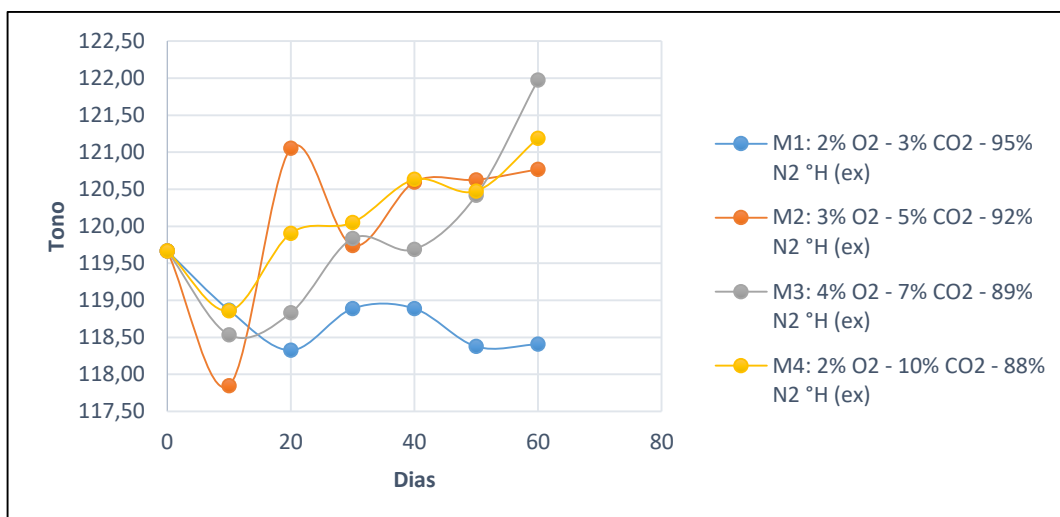


Gráfico 13. Tono Hue ($^{\circ}$ H) de la cáscara del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 13 se observa los valores del color de las muestras expresados en valores de Hue ($^{\circ}$ H) tono, los cuales evidencian una tendencia no lineal ya que se encuentran muy dispersos entre mezclas. Los valores del tono de las muestras están comprendidos entre $117,85^{\circ}$ H y $121,97^{\circ}$ H, lo que indican que tienden al color verde; a medida que avanza el tiempo de almacenamiento aumenta el tono.

➤ *Color Interno*

En la Tabla 12 se observa el comportamiento del color interno, correspondiendo a la pulpa del aguacate de la variedad Fuerte en las cuatro atmósferas modificadas, con relación a los parámetros del color mediante el método CIELAB.

Tabla 12. Parámetros CIE L*a*b* del color de la pulpa del fruto variedad Fuerte.

MEZCLA	Día	L	a	b	$^{\circ}$ H	C	IO
AM ₁ : 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	84,17	-12,72	36,12	109,40	38,30	41,03
	10	80,79	-10,96	34,63	107,55	36,32	42,28
	20	77,13	-9,74	33,87	106,04	35,24	44,75
	30	75,75	-9,40	32,69	106,05	34,01	43,71
	40	73,68	-8,56	32,22	104,88	33,34	45,30
	50	72,13	-7,22	31,37	102,96	32,19	46,27
	60	71,24	-6,44	29,29	102,39	29,99	43,32

MEZCLA	Día	L	a	b	°H	C	IO
AM ₂ : 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	84,17	-12,72	36,12	109,40	38,30	41,03
	10	82,63	-11,42	34,97	108,08	36,79	41,20
	20	77,17	-10,20	34,45	106,49	35,93	45,43
	30	76,36	-9,44	32,47	106,21	33,81	42,75
	40	75,37	-8,41	32,19	104,65	33,27	44,06
	50	74,26	-7,38	31,50	103,19	32,35	44,61
	60	72,11	-6,54	30,08	102,26	30,78	44,23
AM ₃ : 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	84,17	-12,72	36,12	109,40	38,30	41,03
	10	81,24	-11,98	35,74	108,53	37,69	43,06
	20	78,93	-10,44	35,31	106,46	36,82	45,58
	30	77,76	-10,10	34,26	106,43	35,72	44,66
	40	75,05	-9,03	32,58	105,49	33,81	44,45
	50	73,82	-8,31	30,67	105,16	31,77	42,14
	60	71,92	-6,43	30,12	102,06	30,80	44,59
AM ₄ : 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	84,17	-12,72	36,12	109,40	38,30	41,03
	10	82,51	-11,53	35,81	107,84	37,62	42,77
	20	78,41	-10,08	35,36	105,91	36,77	46,47
	30	75,29	-9,20	35,18	104,66	36,37	49,73
	40	74,33	-8,44	34,33	103,81	35,35	49,55
	50	73,41	-7,86	32,73	103,51	33,66	47,46
	60	72,08	-6,43	31,24	101,64	31,90	46,94

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 14 se observa la tendencia de la luminosidad o claridad de la pulpa, la cual tiene un comportamiento decreciente, desde el día 0 el cual fue de la cosecha del fruto, hasta el día 60 que fue el último día de observación.

La pulpa en la madurez de cosecha muestra una tendencia al color verde con valores del parámetro a* comprendidos entre -12,72 hasta -6,43 en la mezcla M3: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂ y colores amarillos con valores del parámetro b* comprendidos entre 36,12 hasta 29,29 en la mezcla M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂. La luminosidad (L) muestra un comportamiento a tonalidades oscuras, ya que la pulpa al momento de su cosecha tuvo un valor de 84,17 hasta el último día de observación a los 60 días, el mismo que llegó a 71,24 en la mezcla M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂.

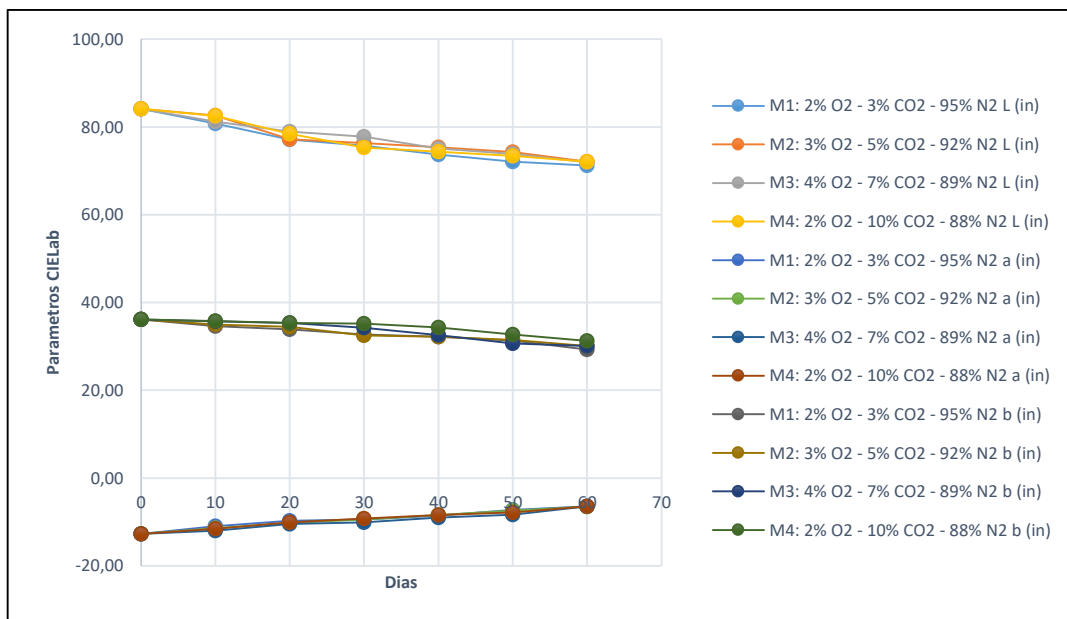


Gráfico 14. Parámetros CIE L*a*b* del color de la pulpa del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

Como se observa en el Gráfico 15, el comportamiento del índice de oscurecimiento en la pulpa del aguacate se incrementa a medida que aumentan los días de almacenamiento. La mezcla que mostró menor Índice de Oscurecimiento a los 60 días fue M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂ con un valor de 43,32, caso contrario ocurre con la M4: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂ que tuvo el mayor valor de 46,94.

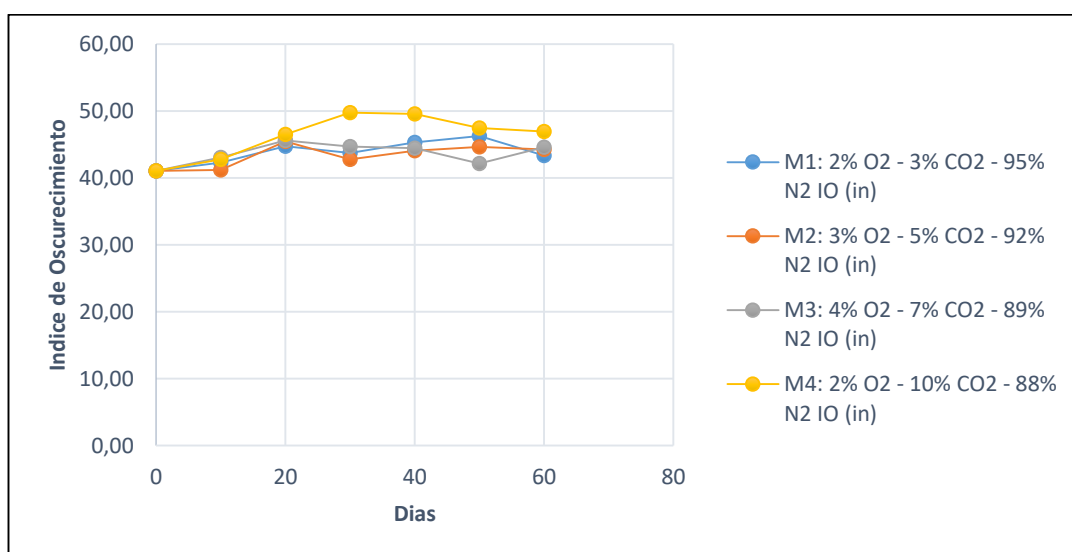


Gráfico 15. Índice de oscurecimiento de la pulpa del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 16 se puede evidenciar el comportamiento del croma de la pulpa, el que disminuye con respecto a los días de almacenamiento. La mezcla que muestra menor Croma a los 60 días, es la M1: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂ con un valor de 29,99, caso contrario ocurre con la mezcla M4: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂ con un valor de 31,90.

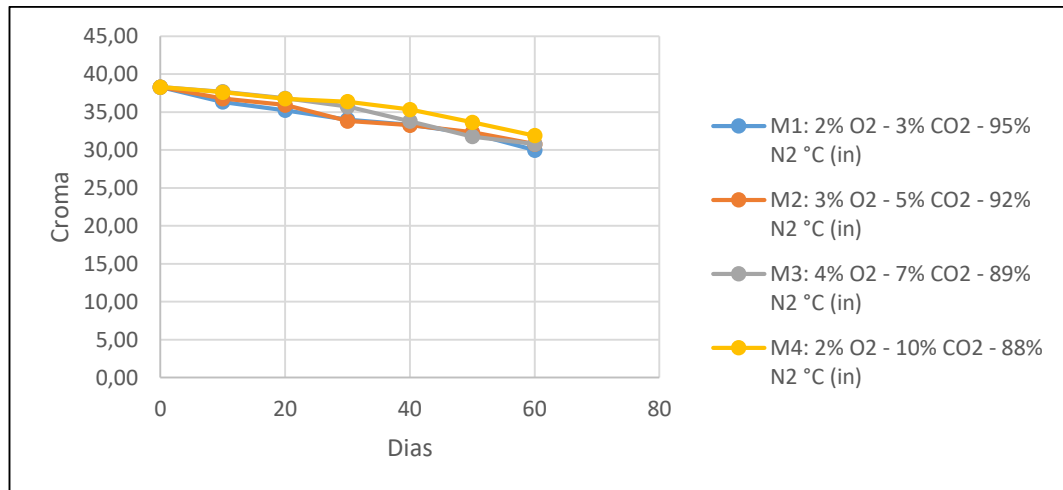


Gráfico 16. Croma (C) de la pulpa del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 17 se muestra los valores del color de la pulpa expresados en valores de Hue (°H) tono, los cuales muestran una tendencia lineal entre las mezclas. Los valores están comprendidos entre 109,40°H y 101, 64°H, indicando que las muestras tienden al color amarillo. Cabe destacar que a medida que avanza el tiempo de almacenamiento disminuye el tono.

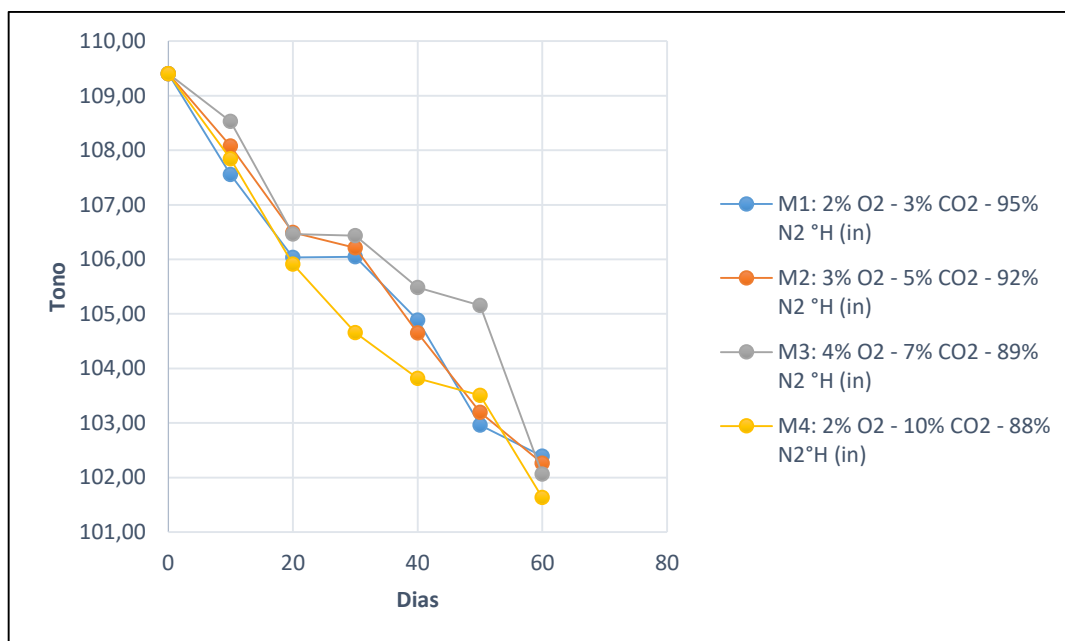


Gráfico 17. Tono Hue ($^{\circ}$ H) de la pulpa del fruto variedad Fuerte.

Elaborado por: (Viñán, 2020)

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

En la Tabla 13, se presenta para la variedad Fuerte 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 13. Días en alcanzar la madurez comestible del aguacate variedad Fuerte.

MEZCLA	Conservación en Atmósferas Modificadas a 8 °C (Días)	Tiempo en alcanzar la madurez de consumo (Días)
AM₁: 2% O₂- 3% CO₂-95% N₂	0	20
	10	17
	20	15
	30	12
	40	9
	50	7
	60	6
AM₂: 3% O₂- 5% CO₂-92% N₂	0	20
	10	10
	20	9
	30	8
	40	6
	50	5
	60	4
AM₃: 4% O₂- 7% CO₂-89% N₂	0	20
	10	10
	20	9
	30	8
	40	6
	50	5
	60	4
AM₄: 2% O₂- 10% CO₂-88% N₂	0	20
	10	9
	20	8
	30	7
	40	5
	50	4
	60	3

Elaborado por: (Viñán, 2020)

En el Gráfico 18 se observa el proceso de maduración de los frutos de la variedad Fuerte posterior a cada tiempo de almacenamiento bajo las condiciones de las cuatro atmósferas modificadas.

Se determina que la Mezcla 1 (2% O₂-3% CO₂-95%N₂) con las condiciones iniciales a la cosecha (0 días) para el contenido de materia seca de 19,99% y grasa de 10,24%, 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 23,13% y de grasa 17,08%, se pudo mantener 7 días para alcanzar la madurez de consumo llegando a obtener la materia seca de 30,59% y grasa 19,51%.

Para las Mezclas de atmósferas modificadas M2, M3 y M4 se obtuvieron valores menores después de la conservación. Las mezclas M2 y M3 fueron iguales y la M4 ligeramente menor, en relación a los tiempos que requirieron hasta alcanzar la madurez de consumo.

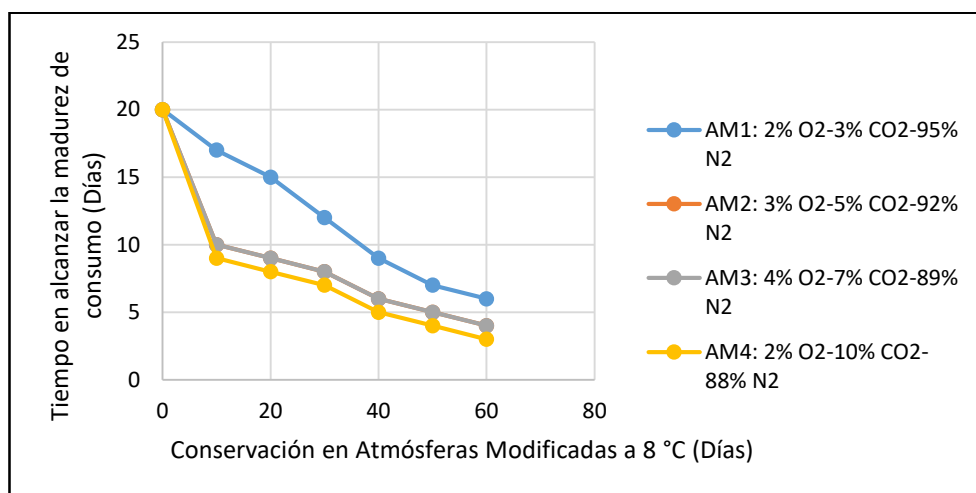


Gráfico 18: Tiempo en alcanzar la madurez comestible posterior a la conservación en condiciones de atmósferas modificadas. Variedad Fuerte

Elaborado por: (Viñán, 2020)

3.1.3. Selección de la mejor atmósfera para el aguacate

Para la selección de la mejor mezcla gaseosa, se basó en la norma ecuatoriana INEN 1755: 2009 que se presenta en la Tabla 14 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 13: 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/cm ²			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 15 se presenta un resumen del análisis que se realizó con base a los parámetros de calidad y la selección del mejor tratamiento con base a la frecuencia de resultados, corresponde a la mezcla gaseosa a los 60 días de conservación de la atmósfera modifica M1: 2% O₂-3% CO₂-95%N₂.

Tabla 14: Resumen de las diferencias entre los tratamientos de almacenamiento bajo atmósferas modificada, variedad Fuerte.

Parámetros	Tiempo de Conservación 60 días		Madurez de Consumo		Valor del mejor tratamiento
	MAYOR	MENOR	MEJOR TRATAMIENTO	MEJOR	
Acidez titulable (% de ácido tartárico)	2% O ₂ – 10% CO ₂ – 88% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	Menor	0,087
Firmeza (N)	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	Menor	22,157
Grasa %	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	3% O ₂ – 5% CO ₂ – 92% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	Mayor	17,08
Materia seca %	3% O ₂ – 5% CO ₂ – 92% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	3% O ₂ – 5% CO ₂ – 92% N ₂	Mayor	23,864

Parámetros	Tiempo de Conservación 60 días		Madurez de Consumo		Valor del mejor tratamiento
	MAYOR	MENOR	MEJOR TRATAMIENTO	MEJOR	
Pérdida de peso %	4% O ₂ – 7% CO ₂ – 89% N ₂	2% O ₂ - 3% CO ₂ – 95% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ - 95% N ₂	Menor	7,954
pH	2% O ₂ – 3% CO ₂ – 95% N ₂	2% O ₂ – 10% CO ₂ – 88% N ₂	2% O ₂ – 3% CO ₂ - 95% N ₂	Mayor	6,663
MADUREZ DE CONSUMO			Frecuencia		
			4% O ₂ – 7% CO ₂ – 89% N ₂	1	
MEJOR TRATAMIENTO			2% O₂ – 3% CO₂ - 95% N₂	4	
			3% O ₂ – 5% CO ₂ – 92% N ₂	1	

Elaborado por: (Viñán, 2020)

3.1.4. Verificación de Hipótesis

- Mediante el análisis no paramétrico de Friedman en cuanto a la acidez titulable, con un nivel de confianza del 95%, se acepta la hipótesis nula donde las mezclas gaseosas no afectan sobre este parámetro, ya que no existe diferencias significativas entre las mezclas gaseosas con respecto a los días de almacenamiento.
- Mediante el análisis no paramétrico de Friedman en cuanto a la grasa, pérdida de peso, pH, firmeza y materia seca, con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde las mezclas gaseosas influyen directamente en el análisis de dichos parámetros ya que existe diferencias significativas entre las mezclas con respecto a los días de almacenamiento.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Empleando un mezclador de gases que usa como suministro gas a presión de oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂) y dióxido de carbono (CO₂) se estudió el efecto de la aplicación de cuatro atmósferas modificadas sobre la calidad física y química del aguacate variedad Fuerte, habiéndose establecido como tiempo de conservación a estas condiciones los 60 días.
- Para retardar la maduración del aguacate variedad Fuerte y mantener una óptima calidad, se estudió el efecto de la composición de los gases de las atmósferas modificadas activas, siendo así que a altas concentraciones de CO₂ y bajas de O₂ en la atmósfera retardan la maduración y las concentraciones adecuadas varían entre 3 – 10% de CO₂, 2 – 5% de O₂ y 88 – 95% de N₂ sobre la calidad físico química del aguacate, por lo que se estableció cuatro niveles (mezclas) de composición: AM₁ (2% O₂ – 3% CO₂ – 95% N₂), AM₂ (3% O₂ – 5% CO₂ – 92% N₂), AM₃ (4% O₂ – 7% CO₂ – 89% N₂) y AM₄ (2% O₂ – 10% CO₂ – 88% N₂).
- Con un muestreo realizado a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días, desde que se llevó el aguacate variedad Fuerte a la planta de procesamiento de frutas del INIAP, con un almacenamiento a $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% de humedad relativa se estableció el mejor nivel de composición de atmósferas modificadas con base a la calidad física y química que se controlaron, habiéndose encontrado la mezcla gaseosa idónea que corresponde a la AM₁: (2% O₂ – 3% CO₂ – 95% N₂) que permita prolongar la vida útil del aguacate variedad Fuerte.
- Posterior al almacenamiento en atmósferas modificadas el fruto tiende a seguir su maduración normal, por lo que para determinar la vida anaquel del aguacate variedad Fuerte, en una muestra conservada al ambiente natural después de cada diez días de muestreo (Día 0 al Día 60) determinándose que la AM₁: (2% O₂–

3% CO₂-95% N₂), los días en que el fruto alcanza su madurez comestible fueron de 20, 17, 15, 12, 9, 7 y 6 respectivamente. Con la AM₂: (3% O₂ – 5% CO₂ – 92% N₂) y con la AM₃: (4% O₂ – 7% CO₂ – 89% N₂) los días en que el fruto alcanza su madurez comestible fueron de 20, 10, 9, 8, 6, 5 y 4 respectivamente; y finalmente con la AM₄: (2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂) los días en que el fruto alcanza su madurez comestible fueron de 20, 9, 8, 7, 5, 4 y 3 respectivamente.

- Se demuestra que en la AM₁ al Día 60, la variedad Fuerte alcanzó su madurez comestible a los 6 días siendo menor en las M₂, M₃, M₄, con lo que al modificar la atmósfera para conservar el aguacate se obtiene un cambio significativo en el tiempo de madurez normal de esta fruta.

4.2. Recomendaciones

- Analizar los parámetros funcionales y la capacidad antioxidante en el mejor tratamiento, por la importancia que da el consumidor por el beneficio que presta para su salud, además sería un valor agregado adicional en beneficio de la búsqueda de mercados que buscan calidad.
- Se recomienda realizar un análisis sensorial en el aguacate durante la conservación y al llegar a la madurez comestible, para determinar el efecto de las atmósferas modificadas sobre el aroma, sabor y color es aceptable por el consumidor.
- Al ser el aguacate una fruta climatérica, es importante que se cosechen los frutos en el estado de madurez fisiológica, homogéneo, utilizando los índices de madurez probados para el aguacate, de esta manera no existirá variabilidad en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz Arcos, M. (Mayo de 2009). Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill). Implicaciones para la optimización del cuajado. *Tesis Doctoral*, 88. Málaga, Algarrobo-Costa, España: Universidad de Málaga.
- Alderman, M. (2006). *Evidence Relating Dietary Sodium to Cardiovascular Disease* (Vol. Vol: 25). J. Am coll nutr. .
- Amórtégui, I. (2001). *El Cultivo del Aguacate, Módulo Educativo para el Desarrollo Tecnológico de la Comunidad Rural*. Ibagué: Editorial El Poir.
- Andrade , R. D., & et al. (2012). Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas. *Información tecnológica.*, 65-72.
- 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.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in beta vulgaris *Plant Physiol*.
- Arrieta Zorro, C. A. (sf de sf de 2003). Diseño de un empaque para exportación de aguacates. *Proyecto de Grado*. Quito, Quito, Ecuador: Universidad Autónoma de los Andes UNIANDES.
- Association of Oficial Analytical Chemistry. (2007). A.O.A.C. En *Manual on policies and procedures*. Estados Unidos: Edition 18. Arlington.
- Astudillo , E., & Rodriguez, P. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *SciELO*, 391. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n2/0122-8706-ccta-19-02-00383.pdf>
- Badu, D., Gurumurthy, P., Borra, S. K., & Cherian, K. M. (2013). Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different in vitro

- models. En *Journal of Medicinal Plant Research*. (Vol. 7(39), págs. 2898 - 2905).
- Bartoli, J. (2008). *Manual Técnico del cultivo de aguacate (Persea americana)*. Cortes, Honduras: Fundación Hondureña de investigación agrícola.
- Bernal, J. A., & Díaz, C. A. (2005). *Manual técnico N°5: Tecnología para el cultivo del Aguacate*. Colombia: Ed. Produmedios. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Río Negro, Antioquia.
- Botanical. (01 de 09 de 2005). *Aguacate, grasa saludable*. Obtenido de <http://www.botanical-online.com/aguacate.htm>
- Brito, B., & Vásquez, W. (2013). *Control de Calidad en la Pre y Pos Cosecha de las Frutas*. Quito.
- Calero, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco, 7(2). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 61-85.
- Chil Núñez, I., Ortiz Zamora, L., Molina Beltran, S. d., & Dutok Sánchez, C. M. (2019). Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate). *AMAZONIA Investiga*, Vol. 8, Núm. 21, 73-75.
- De la Vega, J., Cañarejo, & Pinto, N. (2017). REVISIÓN: Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. En F. d. Ambientales. (Ed.). Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Delgado Pelayo, R., Gallardo Guerrero, L., & Hornero Méndez, D. (2014). Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. *Food Research International*, 65 (Part B), 272-281. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.025>
- Díaz, M., & Toro, C. (2004). Efecto de la adición de Aguacate a la alimentación habitual sobre los niveles de lípidos en personas con dislipidemias. *Universitas Scientiarum*, 49 - 58. Bogota, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

- Eliuth Muñoz, J., & et al. (2018). *Manual Poscosecha del Aguacate*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Espín, S., & Samaniego, I. (2016). Manual para el análisis de parámetros químicos asociados a la calidad del cacao. En M. d. Pesca, & I. S. Mateo (Ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Espinoza-Cruz, C., Valle-Guadarrama, S., Ibarra-Moncada, C., & Martinez, T. (23 de 01 de 2014). Comportamiento postcosecha de frutos de aguacate 'hass' afectado por temperatura y atmósfera modificada con microperforado. *Scielo*, 240. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v37n3/v37n3a9.pdf>
- Ferro, I. (2001). El cultivo de aguacate. *Ibague: Prohaciendo*.
- Forero, F., García, J., & Cárdenas, J. (2007). Situación y avances en la poscosecha y procesamiento del aguacate (Persea americana Mill). *Revista colombiana de ciencias hortícolas.*, Vol. 1(n° 2), 189 - 200.
- Gandolfo Wiederhold, S. P. (2008). Factores Ecofisiológicos Relacionados con el Crecimiento Vegetativo, Floración y Desarrollo del Fruto del Aguacate. *Tesis Doctoral*, 20.
- Gandolfo Wiederhold, S. P. (16 de Junio de 2008). Factores Ecofisiológicos Relacionados con el Crecimiento Vegetativo, Floración y Desarrollo del Fruto del Aguacate. *Universidad Politécnica de Valencia, Tesis Doctoral*, 19-20. Valencia, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- García, H. (2007). *Comportamiento de la uchuva (Physalis peruviana L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa*.
- Gayet, J., & et, a. (1995). Abacate para exportacao; Procedimentos de colheita a pás colheita. En d. A. Ministério da Agricultura, *Publicaciones Técnicas FRUPEX* (pág. 37). Brasilia: ISSN 1413-375X.
- Gonzalez, J. (sf de sf de 2019). *Agrotendencia.tv*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-aguacate-o-palta/>

- Hernández, A. G., & López, M. D. (2010). *Tratado de nutrición Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos (Vol. 2)*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Horacio, J., Adrogué, M. D., Nicolaos, E., & Madias, M. D. (2007). *Sodium and Potassium in the Pathogenesis of Hypertension*. (Vol. Vol. 356). Mechanisms of disease.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2008). *Guía Técnica de Cultivos*. Quito: Manual N° 73.
- Kader, A. (2006). An overview. In Postharvest Technology of Horticultural Crops, AA Kader. *Postharvest Biology and Technology. Publication 3311*. California: Edition. University of California.
- Kim, O., Murakami, A., Nakamura, Y., Takeda, N., Yoshizumi, H., & Ohigashi, H. (2000). *Novel Nitric Oxide and Superoxide Generation Inhibitors, Persenone A and B, from Avocado Fruit EN: J.Agric.* (Vol. Vol. 48). Food chem.
- Kirtil, E., & et al. (2015). *Modified atmosphere packaging of foods*. Reference Module in Food Sciences Elsevier.
- Leong, S. Y., & Oey, I. (2012). Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables Food Chemistry. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.052
- 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. ht t ps: //doi . org/10.1111/jfpp.14757
- Macas Guachamín, G. C. (2013). Estudio de las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha. *Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Maldonado, R. (2006). *Cultivo y producción de la palta*. Lima, Perú: Editorial Ripalme.
- Márquez , C., Yepes, D., Sanchez, L., & Osorio , J. (2014). CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill. cv. “Hass”) EN POSCOSECHA PARA DOS MUNICIPIOS DE ANTIOQUIA. *Dialnet*, 38.
- Martínez Pacheco, M. M., López Gómez, R., Salgado Garciglia, R., Raya Calderón, M., & Martínez Muñoz, R. E. (2011). *Folates and Persea americana* Mill. (*Avocado*) *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
- Martínez, R., Martínez, J. J., Martínez Valero, R., & Martínez, J. (2003). Contribución al estudio de la evolución del crecimiento del fruto del CRV HASS (*Persea americana* Mill) con respecto al tiempo en las condiciones ecológicas del área de Motril. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*, 257-261.
- Mohammad, Y., Sattwik, D., & Kharya, M. D. (2010). The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill. *Pharmacognosy*, 4 (7), 77-84.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1755:2015. (18 de 09 de 2015). NTE INEN 1755:2015. *Frutas Frescas. Aguacate. Requisitos*. Quito, Pichincha, Ecuador: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma. Obtenido de https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1755-2.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana, INEN, 1755. (2009). *Frutas frescas, aguacate, requisitos*. Quito: EC. 8 p.
- Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. . *Revista Lasallista de Investigación*, 5, 112-123.
- Parada, L., & Ortiz, A. (2003). *Avocado*. (& E.-H. D. Mejía, Editor) Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compndium_-_Avocado.pdf

- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2011). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 76-77.
- Restrepo Suárez, A. (2012). Alternativas para la conservación de aguacate (*Persea americana* Mill, variedad Hass) en la inhibición del pardeamiento enzimático. *CAPITULO DE LIBRO para optar el título de Especialista en Alimentación y Nutrición*. Caldas, Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Rivas, G. J., & García, A. M. (2002). Flavonoides en alimentos vegetales: estructura y actividad antioxidante. *Alimentación, Nutrición y Salud*, 31-32.
- Rodriguez Amaya, D. B. (2000). *Carotenoides y Preparación de Alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados*. Campinas, Brasil: Universidade Estadual de Campinas.
- Sánchez, A., & al., e. (2000). Carotenoides: Estructura, Función, Biosíntesis, Regulación y Aplicaciones. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 1-2.
- Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., & Garcia Lozano, J. (2010). Postcosecha y Transformación de Aguacate: Agroindustrial rural innovadora. *Corporación Colombiana Agropecuaria –CORPOICA–*, 16-18.
- Vallejo, W. A., & et al. (sf de Julio de 2018). *researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Estructura-quimica-de-la-clorofila-a-y-la-clorofila-b-Figure-2-Chemical_fig2_331267481
- Viera, A., Sotomayor, 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, Vol. III, N. 3, 1-9*, 1-2.
- Vigyan, K. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology*.
- Zapata, E., & al., e. (2017). *Manual Técnico Poscosecha Aguacate Hass (Persea americana Mill)*. México: ISBN: 978-958-8843-11-7.

Zavaleta, J., & al., e. (2005). Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. *Redalyc*, 2-3.

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. En *Food Chemistry* (Vol. 64(4), págs. 555 - 559). doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

ANEXOS

ANEXO A: DATOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL AGUACATE VARIEDAD FUERTE

Tabla A 1. Acidez titulable (% ácido tartárico) del aguacate variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM₁: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂	0	0,118	0,106	0,118	0,114	0,01	6,02
	10	0,107	0,118	0,118	0,114	0,01	5,95
	20	0,107	0,118	0,107	0,111	0,01	6,16
	30	0,095	0,083	0,118	0,099	0,02	18,40
	40	0,095	0,095	0,071	0,087	0,01	15,85
	50	0,083	0,119	0,095	0,099	0,02	18,35
	60	0,095	0,083	0,083	0,087	0,01	7,88
AM₂: 3% O₂ - 5% CO₂ - 92% N₂	0	0,118	0,106	0,118	0,114	0,01	6,02
	10	0,129	0,106	0,118	0,118	0,01	9,91
	20	0,118	0,106	0,154	0,126	0,02	19,47
	30	0,107	0,107	0,083	0,099	0,01	13,80
	40	0,107	0,071	0,095	0,091	0,02	19,91
	50	0,083	0,119	0,083	0,095	0,02	21,67
	60	0,095	0,083	0,095	0,091	0,01	7,55
AM₃: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂	0	0,118	0,106	0,118	0,114	0,01	6,02
	10	0,106	0,118	0,118	0,114	0,01	6,04
	20	0,107	0,106	0,118	0,110	0,01	6,06
	30	0,095	0,083	0,119	0,099	0,02	18,35
	40	0,107	0,107	0,071	0,095	0,02	21,75
	50	0,119	0,083	0,095	0,099	0,02	18,38
	60	0,083	0,107	0,083	0,091	0,01	15,08
AM₄: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂	0	0,118	0,106	0,118	0,114	0,01	6,02
	10	0,118	0,106	0,095	0,106	0,01	10,98
	20	0,106	0,118	0,107	0,110	0,01	6,26
	30	0,107	0,107	0,095	0,103	0,01	6,67
	40	0,107	0,095	0,071	0,091	0,02	19,91
	50	0,095	0,119	0,083	0,099	0,02	18,36
	60	0,107	0,107	0,071	0,095	0,02	21,65

Elaboración: (Viñán, 2020)

Tabla A 2. pH del aguacate, variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM₁: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂	0	6,14	6,01	6,17	6,11	0,09	1,39
	10	6,45	6,32	6,37	6,38	0,07	1,03
	20	6,44	6,51	6,47	6,47	0,04	0,54
	30	6,19	6,47	6,36	6,34	0,14	2,23
	40	6,47	6,42	6,32	6,40	0,08	1,19
	50	6,52	6,42	6,33	6,42	0,10	1,48
	60	6,67	6,72	6,60	6,66	0,06	0,90
AM₂: 3% O₂ - 5% CO₂ - 92% N₂	0	6,14	6,01	6,17	6,11	0,09	1,39
	10	6,32	6,44	6,35	6,37	0,06	0,98
	20	6,37	6,40	6,41	6,39	0,02	0,33
	30	6,33	6,31	6,36	6,33	0,03	0,40
	40	6,40	6,42	6,35	6,39	0,04	0,56
	50	6,39	6,42	6,33	6,38	0,05	0,72
	60	6,40	6,34	6,21	6,32	0,10	1,54
AM₃: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂	0	6,14	6,01	6,17	6,11	0,09	1,39
	10	6,32	6,37	6,31	6,33	0,03	0,51
	20	6,36	6,33	6,29	6,33	0,04	0,56
	30	6,42	6,36	6,39	6,39	0,03	0,47
	40	5,96	6,48	6,64	6,36	0,36	5,59
	50	6,41	6,32	6,39	6,37	0,05	0,74
	60	6,70	6,49	6,42	6,54	0,15	2,23
AM₄: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂	0	6,14	6,01	6,17	6,11	0,09	1,39
	10	6,19	6,24	6,20	6,21	0,03	0,43
	20	6,32	6,26	6,21	6,26	0,06	0,88
	30	6,18	6,21	6,12	6,17	0,05	0,74
	40	6,19	6,20	6,16	6,18	0,02	0,34
	50	6,25	6,35	6,21	6,27	0,07	1,15
	60	6,26	6,30	6,35	6,30	0,05	0,72

Elaboración: (Viñán, 2020)

Tabla A 3. Materia seca (%) del aguacate variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM ₁ : 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	19,60	20,32	20,08	20,00	0,36	1,82
	10	19,65	20,63	20,48	20,25	0,53	2,61
	20	19,92	22,09	22,07	21,36	1,25	5,84
	30	22,18	18,65	23,35	21,39	2,45	11,44
	40	22,60	20,20	22,55	21,78	1,37	6,30
	50	22,31	20,76	23,00	22,02	1,15	5,21
	60	23,02	23,17	23,21	23,13	0,10	0,45
AM ₂ : 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	19,60	20,32	20,08	20,00	0,36	1,82
	10	19,96	20,06	20,25	20,09	0,15	0,73
	20	21,16	20,80	20,87	20,94	0,19	0,90
	30	21,27	20,12	21,96	21,12	0,93	4,40
	40	20,48	20,72	23,20	21,46	1,51	7,02
	50	22,00	21,31	22,80	22,04	0,74	3,37
	60	21,31	27,72	22,55	23,86	3,40	14,24
AM ₃ : 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	19,60	20,32	20,08	20,00	0,36	1,82
	10	20,68	20,04	19,87	20,20	0,43	2,12
	20	21,51	21,96	20,20	21,22	0,91	4,31
	30	21,76	21,58	24,06	22,47	1,38	6,14
	40	26,00	21,51	20,60	22,70	2,89	12,73
	50	24,50	20,87	23,75	23,04	1,91	8,31
	60	24,16	22,42	23,40	23,33	0,87	3,73
AM ₄ : 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	19,60	20,32	20,08	20,00	0,36	1,82
	10	20,04	20,12	19,94	20,03	0,09	0,44
	20	21,07	21,36	21,12	21,18	0,15	0,72
	30	20,28	22,16	21,91	21,45	1,02	4,76
	40	21,56	22,40	23,96	22,64	1,22	5,39
	50	23,40	23,55	22,11	23,02	0,79	3,44
	60	23,60	23,15	22,71	23,15	0,45	1,92

Elaboración: (Viñán, 2020)

Tabla A 4. Grasa (%) del aguacate variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM₁: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂	0	10,19	9,88	10,66	10,24	0,40	3,87
	10	11,18	11,71	10,06	10,98	0,84	7,64
	20	11,12	11,04	11,93	11,36	0,50	4,36
	30	12,99	11,87	12,09	12,32	0,59	4,82
	40	14,77	13,74	14,14	14,22	0,52	3,65
	50	15,79	17,39	15,42	16,20	1,05	6,46
	60	17,29	17,17	16,77	17,08	0,27	1,58
AM₂: 3% O₂ - 5% CO₂ - 92% N₂	0	10,19	9,88	10,66	10,24	0,40	3,87
	10	11,16	11,02	10,72	10,97	0,22	2,02
	20	11,52	10,66	11,52	11,23	0,50	4,45
	30	13,62	11,75	11,64	12,34	1,11	9,03
	40	14,05	13,44	14,66	14,05	0,61	4,35
	50	16,90	15,45	16,27	16,21	0,73	4,48
	60	17,30	16,60	16,59	16,83	0,41	2,43
AM₃: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂	0	10,19	9,88	10,66	10,24	0,40	3,87
	10	11,78	11,94	12,08	11,94	0,15	1,25
	20	11,69	12,30	11,99	11,99	0,30	2,52
	30	14,46	14,31	12,67	13,81	0,99	7,19
	40	15,91	13,97	13,85	14,57	1,16	7,93
	50	16,04	15,24	16,69	15,99	0,73	4,54
	60	16,13	17,24	17,38	16,91	0,68	4,04
AM₄: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂	0	10,19	9,88	10,66	10,24	0,40	3,87
	10	10,90	11,72	11,14	11,25	0,42	3,73
	20	10,51	12,08	11,75	11,45	0,83	7,23
	30	13,62	14,67	14,40	14,23	0,55	3,83
	40	14,91	14,75	14,36	14,68	0,28	1,93
	50	15,74	17,52	15,95	16,40	0,97	5,92
	60	16,30	17,22	17,54	17,02	0,64	3,79

Elaboración: (Viñán, 2020)

Tabla A 5. Pérdida de peso (%) del aguacate variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM₁: 2% O₂ - 3% CO₂ - 95% N₂	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	43,30
	10	3,356	3,162	3,360	3,293	0,113	3,44
	20	4,458	4,707	4,625	4,597	0,127	2,76
	30	6,242	6,285	6,611	6,379	0,202	3,16
	40	7,251	7,380	7,783	7,471	0,278	3,72
	50	7,531	7,740	8,114	7,795	0,295	3,79
	60	8,247	7,505	8,109	7,954	0,394	4,96
AM₂: 3% O₂ - 5% CO₂ - 92% N₂	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	43,30
	10	3,189	3,303	3,234	3,242	0,057	1,76
	20	3,807	4,402	4,454	4,221	0,359	8,51
	30	6,401	6,036	6,150	6,196	0,186	3,01
	40	7,212	7,248	6,830	7,096	0,232	3,27
	50	7,781	8,162	7,419	7,787	0,371	4,77
	60	7,913	8,039	8,032	7,995	0,071	0,89
AM₃: 4% O₂ - 7% CO₂ - 89% N₂	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	43,30
	10	3,408	2,662	3,359	3,143	0,417	13,27
	20	4,131	4,650	4,244	4,342	0,273	6,29
	30	5,984	6,311	6,581	6,292	0,299	4,75
	40	7,271	7,131	7,061	7,154	0,107	1,50
	50	7,042	7,442	7,449	7,311	0,233	3,18
	60	8,056	8,433	8,152	8,213	0,196	2,38
AM₄: 2% O₂ - 10% CO₂ - 88% N₂	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	43,30
	10	3,113	2,940	3,026	3,026	0,087	2,86
	20	4,316	3,970	4,292	4,192	0,193	4,61
	30	6,221	6,170	6,191	6,194	0,026	0,42
	40	7,040	7,026	6,687	6,918	0,200	2,89
	50	7,356	7,417	7,221	7,331	0,100	1,37
	60	8,157	8,160	8,040	8,119	0,069	0,85

Elaboración: (Viñán, 2020)

Tabla A 6. Firmeza (N) del aguacate variedad Fuerte.

REPLICA							
MEZCLA	Día	1	2	3	Promedio	Desviación	CV (%)
AM ₁ : 2% O ₂ - 3% CO ₂ - 95% N ₂	0	56,97	55,85	57,22	56,68	0,73	1,29
	10	49,04	48,79	49,28	49,04	0,25	0,50
	20	45,39	44,83	44,79	45,00	0,34	0,75
	30	37,65	34,75	34,55	35,65	1,73	4,87
	40	29,03	28,10	32,25	29,79	2,18	7,31
	50	24,85	25,88	27,11	25,94	1,13	4,35
	60	19,30	22,91	25,25	22,49	3,00	13,33
AM ₂ : 3% O ₂ - 5% CO ₂ - 92% N ₂	0	56,97	55,85	57,22	56,68	0,73	1,29
	10	48,40	50,06	49,33	49,26	0,83	1,69
	20	46,45	44,78	43,99	45,07	1,26	2,79
	30	36,66	34,90	35,44	35,66	0,90	2,54
	40	29,45	30,60	31,05	30,37	0,83	2,72
	50	23,26	27,99	27,41	26,22	2,58	9,84
	60	23,55	23,55	24,56	23,89	0,58	2,44
AM ₃ : 4% O ₂ - 7% CO ₂ - 89% N ₂	0	56,97	55,85	57,22	56,68	0,73	1,29
	10	49,82	50,01	48,75	49,53	0,68	1,37
	20	45,06	45,16	46,67	45,63	0,90	1,97
	30	37,07	35,54	37,00	36,53	0,86	2,36
	40	28,38	31,05	28,87	29,43	1,42	4,84
	50	28,58	25,67	24,21	26,15	2,23	8,52
	60	23,13	22,21	21,14	22,16	1,00	4,51
AM ₄ : 2% O ₂ - 10% CO ₂ - 88% N ₂	0	56,97	55,85	57,22	56,68	0,73	1,29
	10	50,23	49,91	49,77	49,97	0,24	0,48
	20	45,41	46,07	44,78	45,42	0,65	1,42
	30	34,22	33,62	36,24	34,69	1,37	3,95
	40	29,87	30,40	31,55	30,60	0,86	2,81
	50	27,26	25,62	26,93	26,60	0,87	3,26
	60	22,91	22,07	24,48	23,15	1,23	5,30

Elaboración: (Viñán, 2020)

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS



Imagen B 1: Cosecha del aguacate



Imagen B 2: Empaque del aguacate



Imagen B 3: Rotulado de las muestras



Imagen B 4: Almacenamiento de las muestras



Imagen B 5: Determinación del contenido de grasa



Imagen B 6: Determinación de la acidez, pH.



Imagen B 7: Muestras de aguacate después del almacenamiento en atmósferas modificadas



Imagen B 8: Preparación de las muestras para la determinación de materia seca



Imagen B 9: Pérdida de peso



Imagen B 10: Equipo para inyectar atmósferas modificadas