

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO POSCOSECHA  
Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE MADURACIÓN DEL AGUACATE (*PERSEA  
AMERICANA MILL CV. HASS*) PARA MERCADO DE EXPORTACIÓN.

GUILLERMO LEÓN ARANGO ORREGO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
AGRONOMIA  
RIONEGRO  
2020

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO POSCOSECHA  
Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE MADURACIÓN DEL AGUACATE (*PERSEA  
AMERICANA MILL CV. HASS*) PARA MERCADO DE EXPORTACIÓN.

GUILLERMO LEÓN ARANGO ORREGO

Trabajo de grado

Ana María Aristizábal Montoya  
Magister en Innovación Alimentaria y Nutrición

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
AGRONOMIA  
RIONEGRO

2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios ser inspirador y quien me brindo la fuerza para continuar en este proceso de cumplir uno de mis mayores anhelos en la vida.

A mis padres donde quiera que estén por inculcarme siempre luchar por hacer lo que me gustará e hiciera feliz, además de brindarme amor, trabajo y sacrificio constantes en todos esos años que estuvieron a mi lado.

A mi familia, mujer e hija, por la paciencia y permitirme dedicar tanto tiempo a múltiples ocupaciones y restarles tiempo a ellas.

A mis hermanos y amigos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi existencia.

A todas las personas que han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **Agradecimientos**

Expreso mi agradecimiento a Dios por ponerme en este camino para transitarlo y darme el privilegio de culminar un trayecto más en el caminar de la vida.

A la universidad por brindarme la oportunidad de convertirme en profesional y ser mi casa por tanto tiempo. A la asesora Ana María Aristizábal por guiarme y apoyarme en esta investigación, con su confianza y rigor me ánimo a terminarlo.

A mis compañeros de clase Anderson Rodriguez, Santiago Sierra y su mamá, fueron los compas y aliados de tantas batallas.

Un trabajo bien hecho es siempre es fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que muchos contribuyeron a materializar, como el señor Nevardo Elías Mejía con amabilidad y tiempo. Con el ánimo constante y cariño para ser un profesional que recibí de mi familia, Ronig Cárdenas Osorio y los suyos, Marta María Barreneche Gómez, María Paola, Karolina Mesa Barreneche y Lucia Rodriguez Mejia.

A mis hermanos y primos con quienes compartí una infancia feliz, que guardo en el recuerdo y es un aliento para seguir escribiendo sobre la vida.

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

Pero en especial agradezco a mi compañera Daniela Montes y mis hermosas hijas, por la paciencia, comprensión y solidaridad en el trasegar de este proyecto, así que este logro también es de ustedes.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES .....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	13
JUSTIFICACIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos .....	15
MARCO TEÓRICO .....	16
Generalidades Aguacate .....	16
Mercado del Aguacate .....	16
Índice de cosecha.....	17
METODOlogía .....	28
Variables agronómicas.....	28
Recolección de las muestras .....	29
Preparación de las muestras.....	29
Análisis estadístico .....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Determinación de daños por frío en los frutos de aguacate con diferente índice de madurez en la poscosecha.....	32
Comparación de los tiempos de maduración de frutos en la poscosecha con diferente índice de madurez almacenados en frío.....	38
CONCLUSIONES.....	47

REFERENCIAS bibliográficas .....	48
----------------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado son los resultados de la evaluación de las condiciones de almacenamiento poscosecha y su efecto sobre la calidad de maduración del aguacate (*Persea americana mill cv. hass*) cultivados en el oriente antioqueño para el mercado de exportación. La calidad es una de las limitantes a la hora de exportar aguacate a la Unión Europea, lo cual sumado al crecimiento de la oferta de frutos provenientes de otros países implica un reto mayor para la consolidación del mercado.

Las condiciones de almacenamiento pueden ser determinantes en las características organolépticas que presenta la fruta y con los cuales es posible acceder a mercados especializados y exclusivos, con los cuales puede garantizarse un mejor precio para el productor y todos los agentes de la cadena productiva del aguacate.

El interés por este estudio surge de la necesidad de la comercializadora y exportadora Mountain Avocado de ofrecer a sus clientes un producto de óptimas condiciones y al analizar los efectos del almacenamiento poscosecha sobre la calidad de maduración de los frutos, para establecer parámetros y/o condiciones específicas en el índice de madurez de cosecha que permitan en el mediano plazo cumplir con los estándares de calidad del mercado, reflejado en la disminución de las notas créditos y obtención de bonificaciones. Contribuyendo con bases para el sector agrícola del país en el manejo poscosecha y de frutas para la exportación

Se evaluaron las condiciones de almacenamiento y los efectos que genera sobre la calidad de la maduración de la fruta para exportación, donde a su vez se realizaron pruebas de maduración para determinar y comparar los días que se demora el aguacate del oriente antioqueño en madurar según su índice de cosecha. Se compararán las pérdidas de peso que se generan en el almacenamiento y transito hasta que llega al consumidor final, del mismo modo se determinaron y

analizaran los daños causados por frío, fibrosis vascular y pudrición peduncular durante el proceso de exportación de los frutos.

También se analizó la maduración dispereja (frutos que maduran y frutos que no alcanzan a tener la madurez de consumo) que presentan los frutos, con el fin de identificar los posibles problemas que pueda llegar a tener la fruta a la hora de ser comercializada.

Se realizó una evaluación visual de la calidad de la pulpa donde se pueda identificar los daños más comunes para cada fruta según las condiciones agroecológicas de cada huerto.

**Palabras clave:** Aguacate Hass, Almacenamiento, Calidad, Poscosecha

## ANTECEDENTES

Garantizar la calidad de los frutos de aguacate Hass de exportación depende entre otros factores de la poscosecha, en esta etapa las condiciones de almacenamiento y maduración son determinantes para la calidad del producto y los países destino de exportación cuentan con altos estándares de calidad que pueden convertirse en barreras para la comercialización o generar pérdidas a los exportadores.

La maduración del fruto puede verse afectada al ser poco uniforme o con daños ocasionados por el frío o agentes biológicos. En España se han llevado a cabo investigaciones para evaluar la maduración e incidencia de pudrición a temperatura ambiente, cámaras con inyección de etileno y en cuartos frigoríficos (Hermoso, Torres, & Farré, 2007).

En dicho estudio concluyeron que cuando el aguacate se almacena y madura con humedad relativa alta, esta aumenta la incidencia de podrido frente al testigo que se maduró y almaceno a una humedad relativa de 60%.

Otro de los inconvenientes en la maduración es la pérdida de peso de los frutos, Osuna, Beltran, & Vazquez, 2005 realizaron estudios en México el principal productor de aguacate hass con miras a retrasar la maduración y mejorar la madurez del fruto empleando inhibidores de etileno en condiciones ambiente y de refrigeración, en el primero lograron disminuirse las pérdidas de peso y en ambas condiciones aumentar la vida en anaquel a 6 días.

La madurez y comportamiento de los frutos varían, es así como Herrera-González, Salazar-García, Martínez-Flores, & Ruiz-García en 2017 investigaron para establecer indicadores preliminares de madurez y comportamiento en poscosecha en algunas de las variedades de exportación que se producen en México. En Costa Rica (Cerdas Araya, Montero Calderón, & Díaz

Cordero, 2006), en la zona de Dos Santos realizaron estudios para establecer parámetros e índices para la cosecha. También se han establecido manuales para el cultivo en ese país enfocados en las buenas prácticas agrícolas con miras a mejorar calidad y disminuir los problemas de maduración (Garbanzo, 2011). En Chile, se han realizado estudios para determinar la variabilidad en la maduración del aguacate cultivado en las diferentes zonas donde se produce este cultivo en ese país (Rivera et al., 2017).

En Colombia según lo reportaba la Camara de Comercio de Medellín, 2012, en los informes económicos para la cadena del aguacate se contaban con pocos estudios al respecto. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) estableció parámetros de calidad para la producción de aguacate hass para exportación (Sandoval Aldana, Forero Longas, & García Lozano, 2010). Márquez, Yepes, Sanchez, & Osorio, 2014, evaluaron los cambios fisicoquímicos en frutos de aguacate hass en dos municipios productores del oriente antioqueño.

En 2013, en el departamento de Antioquia se dio inicio al proyecto de regalías enfocado en el desarrollo tecnológico, productivo y comercial del aguacate hass, de este se destacan los estudios de Rodriguez & Astudillo, 2018 en poscosecha con el fin de identificar parámetros e indicadores de calidad para el aguacate, así mismo la identificación de los indicadores de madurez de la cosecha adaptable a las condiciones de campo, con datos en 8 fincas de 3 subregiones del departamento (Rodriguez, Henao, Correa, & Aristizabal, 2018a). Pese a este esfuerzo, siguen haciendo falta estudios en poscosecha, así como el establecimiento de parámetros que se ajusten a las especificaciones del cliente, logística de entrega, área de operaciones, entre otros.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mercado de exportación del aguacate Hass presenta una tendencia de crecimiento alta debido al alto consumo del producto a nivel mundial, generando un desafío importante para el comercializador: entregar al mercado internacional un producto que conserve las mismas características en términos de comportamiento de maduración y calidad de la fruta. El departamento de Antioquia en los últimos años ha aumentado la producción y zonas cultivadas, con ello también se ha visibilizado las problemáticas de poscosecha reflejadas en los frutos por la madurez no uniforme, pérdida de peso y calidad de la fruta (características organolépticas), las cuáles podrían estar influenciadas por variables como condiciones agroclimáticas, ubicación, tiempo de cosecha, etc. Los problemas de maduración dispareja, el bajo peso y daños por frío son cada vez son más comunes en frutos de aguacate. Del mismo modo el color de la pulpa, la desincronización en la maduración que se encuentra asociada con los daños causados por el frío externo, o este último hace referencia a la zona más fría del cultivo (Cox, McGhie, White, & Woolf, 2004), En México y Chile han publicado estudios donde se demuestra que las labores culturales como la poda adecuada y las labores técnicas, así como los planes de fertilización son los mejores contribuyentes para reducir las pérdidas de aguacate durante su poscosecha y cadena de comercialización (González-Durán et al., 2007).

En Colombia los estudios publicados para poscosecha y calidad, están principalmente dirigidos a caracterización del cultivo y a la determinación de factores que inciden en la duración y calidad del aguacate desde el enfoque del cultivo y no de la poscosecha. Las comercializadoras y exportadoras carecen de información para evitar pérdidas en esta etapa; los factores a controlar y estándares para garantizar la calidad de los frutos, lo que genera desprestigio.

De las cifras de la compañía Mountain Avocados para 2017, las pérdidas económicas alcanzaron un 60%, reflejadas en las notas crédito realizadas por el cliente a las exportaciones y justificadas en problemas como la maduración dispareja de los frutos, pérdida de peso, daños por frío, baja calidad y daño causado por microorganismos (*Colletotricum gloeosporioides* Penz). En general estas problemáticas acarrearán graves problemas logísticos para los comercializadores y exportadores (Rivera et al., 2017), así como pérdida de credibilidad en el mercado y posicionamiento del producto respecto a otros países productores.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento postcosecha y su efecto en la calidad de maduración de los frutos de aguacate Hass (*Persea americana cv? Hass*) cultivados en el oriente antioqueño para el mercado de exportación?

## JUSTIFICACIÓN

Un desafío importante en la producción de aguacate Hass, es ofrecer frutos con las características de calidad óptimas que respondan a las exigencias del mercado. El consumo a nivel mundial va en aumento, y los principales destinos de exportación son la Unión Europea, Estados Unidos y el continente asiático, entre otros.

Colombia se posiciona entre los principales productores, con lo cual se hace necesario garantizar la competitividad en el mercado y con ello, buscar soluciones a los problemas que la afectan, como las problemáticas en poscosecha, madurez no uniforme de los frutos, pérdidas de peso y calidad sensorial de fruto. Por lo que resulta de gran interés identificar, establecer los parámetros de cosecha, manejo poscosecha y calidad del aguacate, con miras a que el país continúe activo en la exportación. Y con estos parámetros evaluados establecer los procedimientos necesarios que permitan minimizar o prevenir los daños y pérdidas en los frutos de aguacate Hass cultivados en el oriente antioqueño para el mercado de exportación.

De acuerdo con la información suministrada por comercializadoras y exportadoras, las pérdidas de las empresas exportadoras para 2017, fueron provocadas principalmente por problemas de calidad en la poscosecha de los frutos, donde se destaca la maduración dispareja, daños por frío y pérdida de peso.

Con esta investigación se buscó evaluar las condiciones de manejo en poscosecha y su efecto sobre la calidad de maduración de los frutos de aguacate Hass cultivados en el oriente antioqueño con miras a garantizar los requerimientos de calidad del mercado exportación. Aportando nueva información y/o parámetros que puedan contribuir a la competitividad del sector agrícola, así como la culminación del proceso formativo en pregrado de un profesional en agronomía.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar de las condiciones de almacenamiento poscosecha y su efecto sobre la calidad de maduración del aguacate (*Persea americana Mill cv. Hass*) cultivados en el oriente antioqueño para el mercado de exportación

### **Objetivos Específicos**

Determinar los daños por frío presentados en la poscosecha en frutos con diferentes índices de madurez de cosecha en las fincas del estudio.

Analizar las pérdidas de peso de los frutos con diferentes índices de madurez de cosecha durante el almacenamiento poscosecha.

Comparar los tiempos de maduración de los frutos con diferentes índices de madurez de cosecha posterior al almacenamiento en frío simulando las condiciones de exportación.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Generalidades Aguacate**

El aguacate Hass es una dicotiledónea perteneciente al orden de las ranales, y la familia de las lauráceas. Es originario de América central es aquí donde se encuentra su banco genético, se divide en tres eco-tipo (Vélez, 2011). Aguacate antillano, aguacate mexicano y aguacate guatemalteco, el fruto tiene forma de pera y mide de 7.5 a 33 cm, la cáscara puede ser de verde oscura a morado y su piel puede ser lisa o rugosa, su cáscara puede ser quebradiza flexible, gruesa o granular todas estas características cambian según la variedad (Dane, 2015)

### **Mercado del Aguacate**

En Colombia se reportaron desde los años 80 cultivos de aguacate Hass, pero solo hasta el año 2000 se hicieron las primeras exportaciones de gran volumen de los frutos, llegando en 2011 a un total de USD 1.808 millones, con un aumento del 21,5 % respecto al año inmediatamente anterior y del 354 % frente al 2002, primer año de la última década corrida (Camara de Comercio de Medellín, 2012), Actualmente, el departamento de Antioquia lidera la exportación de aguacate Hass con un 52,8%, si bien existen municipios con amplia extensión de hectáreas cultivadas, como Urrao, predominan los pequeños predios cultivados especialmente en el oriente Antioqueño con áreas cultivadas no mayores a 10 hectáreas (El Colombiano, 2020).

Según reportes de la FAO, entre los países con mayor producción en 2016 Colombia ocupó el 4º lugar con 304.938 toneladas, en países con mayor área sembrada ocupa el 3º 35.114 Ha. Colombia para el año 2010 inició con la exportación a Países Bajos por un valor de US\$97.325, en 2016 continuaba como principal destino de exportación, enviando cerca de 7000 toneladas representando el 42% de las ventas, seguido de 27% en Reino Unido y 20 % España (Dinero, 2017).

El posicionar los frutos de aguacate Hass en el mercado internacional implica un reto para la producción, es necesaria la tecnificación de los huertos, establecer protocolos que garanticen un máximo y un mínimo de calidad, crear agremiaciones que se empoderen del sector y busque alianzas estratégicas de producción, valor agregado y comercialización. Para la exportación es necesario establecer criterios de manejo y poscosecha, con miras a garantizar la calidad del fruto, y la rentabilidad del sector.

### **Índice de cosecha**

El índice de madurez, es un indicador que permite identificar el momento óptimo de cosecha, mediante el contenido de materia grasa (MG) del fruto, sin embargo es difícil de determinar por el productor en campo (Rodríguez et al., 2018b). Pero indirectamente se puede hacer con la materia seca (MS) dado el alto grado de correlación entre la MG y el contenido de MS en los frutos (Buelvas Salgado, G. A.; Patiño Gómez, J. H.; Cano-Salazar, 2012). La MS, puede determinarse bajo un método simple, económico y rápido, en el cual el equipo requerido es un horno microondas. A través del cálculo de MS se han establecido criterios para la cosecha en otros países como por ejemplo en Costa Rica (Cerdas Araya et al., 2006). El contenido de MS según Flores et al., 2016 tiene un efecto sobre el tiempo de maduración de los frutos de aguacate Hass, encontrando que los frutos requirieron de 12 a 12.8 días, para madurar cuando fueron cosechados con MS entre 22.8% y 25.8%, respectivamente.

### **Cosecha**

Una vez establecido que los frutos alcanzan el índice de madurez de cosecha se programa la recolección de los frutos, la cual consiste en retirar el fruto del árbol mediante el corte del pedúnculo con una tijera cosechadora de mano, tijera cosechadora de altura o con ganchos cosecheros, los frutos cortados de los árboles se van almacenando en una mochila, la cual a su vez

se vacía en canastillas plásticas con capacidad para 20 kg, las cuales se transportan a la sala de poscosecha, la fruta cosechada no debe tocar el suelo por ningún motivo (Garbanzo Solís 2011).

### **Poscosecha.**

Una vez los frutos de aguacate han sido cosechados bajo los criterios de madurez óptimos. La poscosecha se convierte en una etapa crucial del proceso productivo, dado que la calidad de los frutos para el mercado de exportación depende de las operaciones como la limpieza y desinfección, acondicionamiento, clasificación, empaque, embalaje, almacenamiento, etc.

De los defectos de calidad relacionados a las condiciones de almacenamiento se encuentran la maduración dispereja y daños por frío, el color de pulpa, la desincronización en la maduración está asociada a daños ocasionado por frío y frío externo, especialmente con los frutos cosechados de partes más bajas del huerto (Flores et al., 2016). Las pérdidas de peso en los frutos son un problema de calidad para Márquez et al., 2014 en el estudio realizado en los municipios del Carmen y el Retiro concluyen entre otros las pérdidas están ubicadas en un 23% a 24%.

### **Limpieza y desinfección.**

Una vez cosechado el aguacate Hass en la finca es limpiado para retirar los residuos vegetales y descartar frutos pequeños o con daños (Instituto Colombiano de Agricultura (ICA), 2012). En planta los frutos son lavados por aspersion o inmersión en tinas con una solución que contenga una sustancia antimicrobiana como hipoclorito de sodio o prochloraz N-propil-N-(2-(2,4,6-triclorofenoxi)etil)imidazol-1-carboxamida, la sustancia a emplear será de acuerdo al mercado destino del aguacate (Zapata J, Ochoa A, Ceja E, Gómez V, & Ríos M, 2014).

La limpieza y desinfección de los frutos es indispensable para proteger la fruta de hongos que pueden provenir del campo como la Antracnosis, uno de los hongos que más afecta dicho fruto en la postcosecha (Naf Colombia 2018). Esta etapa consiste en lavar los frutos con abundante agua para retirar la suciedad o restos de materia orgánica que pueda tener los frutos, luego se hace una desinfección con un desinfectante en las concentraciones recomendadas por el fabricante. De acuerdo con el protocolo de Mountain Avocado se emplea un desinfectante de ácido peracético Bio citric® en una dosis de 2.5 ml por litro de agua, posteriormente se hace un sellado con un fungicida cuyo ingrediente activo es el prochloraz en concentración del 45%, incluido en dosis de 1,3 mL por litro o Bioperac® un sanitizante de amplio espectro que contiene ácido peracético y peróxido de hidrogeno a dosis de 2 ml por litro de agua.

### **Clasificación.**

El aguacate Hass se clasifican por el calibre del fruto de acuerdo con el mercado destino, en la Tabla 1 se muestran los estándares para la clasificación. Mediante una máquina son separados los frutos de mayor a tamaño a menor, seleccionando según el país de destino, para la Unión Europea toma los frutos en calibre 11, para Estados Unidos y Argentina selecciona en calibre 8 y para Japón los frutos en calibre 4. La variación en los calibres radica que en Estados Unidos y la Unión Europea aceptan fruta de menor tamaño, mientras que en Japón requiere frutos de mayor tamaño y más uniforme. Para la clasificación de los frutos, se emplea máquina clasificadora la cual separa los frutos por rango de peso, a través del programa computacional ingresado por el operador, de acuerdo con los requerimientos del área comercial o según país de destino. El calibre está dado por el peso del fruto expresado en gramos.

**Tabla 1.** Rango de calibres según el mercado de exportación (Naf Colombia, 2018).

Calibre	Norma UE	Rango UE	Rango USA	Rango Japón
12	300 - 371	306 - 365		
14	258 - 313	266 - 305		
16	227 - 274	236 - 265		
18	203- 243	211 - 235		306 - 320
20	184 - 217	191 - 210		271 - 305
22	165- 196	171 - 190		
24	151 - 175	156 - 170		224 - 270
26	144 - 157	146 - 155		
28	134 - 147	136 - 145		
30	123 - 137	125 - 135		180 - 223
32	80 - 123	100 - 124	332 - 391	
36			307 - 331	
40			262 - 306	
48 (50)			199 - 251	
60			168 - 198	
70			135 - 167	
84			106 - 134	
96			75 - 105	

## Inspección visual

Los frutos de aguacate Hass son inspeccionados visualmente para retirar los que no se ajusten a los estándares de comercialización del mercado destino, es decir separar los frutos óptimos de los inmaduros, sobre maduros, o con daños físicos y/o biológicos, clasificándolos de acuerdo al peso o calibre de los frutos (Sandoval Aldana et al., 2010).

Los defectos menores y su porcentaje de presencia en los lotes para el mercado de exportación se encuentran relacionados en la Tabla 2. Son todos los defectos que afectan las cualidades físicas de la fruta, pero nunca cambian sus características organolépticas y nutraceuticas, Estos defectos se determinan de manera visual (Icontec END 924 2018).

**Tabla 2.** Tolerancia de defectos menores en frutos de aguacate Hass para exportación

<b>Defectos Menores</b>	<b>%</b>
Herida cicatrizada	3
Russet	5
Manchas	5
Daño por roce	5
Deformación leve	4
Golpe de sol leve	5
Quimera (solo de color)	1
Descalibre	3
Virado de color	5
Pedúnculo largo	2
Daño por trips ( $> 2 \text{ cm}^2$ )	2
<b>Sumatoria de defectos</b>	<b>12%</b>

Fuente (Icontec END 924 2018).

Los defectos mayores no son tolerables en los frutos de aguacate para el mercado de exportación, estos se relacionan en la Tabla 3. Todos estos afectan las cualidades físicas de la fruta, sus características organolépticas y nutraceuticas (Icontec END 924 2018).

**Tabla 3.** Listado de defectos mayores en aguacate Hass para el mercado de exportación

<b>Defectos Mayores</b>	<b>%</b>
Pudrición	0
Deshidratación severa	0
Herida abierta	0
Monalonion	0
Golpe de sol severo	0
Residuos de pesticidas	0
Daño por golpes	0
Insectos cuarentenarios	0
Fruta sobremadura	0
Mezcla de variedad	0
Fumagina	0
Escamas	0
Pedúnculo desgarrado/ausente	0
<b>Sumatoria de defectos</b>	<b>0%</b>

Fuente. (Icontec END 924 2018).

## **Empaque**

Para el empaque la máquina calibradora separa los frutos por rango de peso, a través del programa computacional ingresado por el operador, de acuerdo con los requerimientos del área comercial según criterio del exportador. Imagen 1. Se muestre el empaque de la fruta en canastilla plástica por 10 kg.



Para el resto de los embalajes se deberán considerar los pesos indicados en cada una de sus fichas de embalaje según el exportador y el lugar de destino dado que cuando la fruta se empaca para lugares más retirados del de origen estos parámetros pueden cambiar. (Naf Colombia 2020).



**Imagen 2.** Almacenamiento postcosecha palletizado cajas para exportación. Fuente propia.

### **Pre enfriamiento**

Finalizado el proceso empaque, embalaje y palletizado la fruta entra a cámara de pre frío en número no superior a 20 pallet, donde a través de aire forzado se baja la temperatura hasta los 5,0 °C. El objetivo es permitir el flujo de aire dentro de la cámara y hacer más eficiente el enfriamiento de la fruta. Un buen frío, aumenta la vida útil de la fruta ya que la temperatura baja permite mayor conservación de esta (Icontec. END 924 2018).

El tiempo del túnel dependerá de la temperatura inicial de la fruta, pero en esta variedad generalmente es de al menos 10 horas. Finalizado el proceso de pre frío la fruta se lleva a cámara de mantención donde se estabiliza la temperatura de la fruta.

### **Almacenaje**

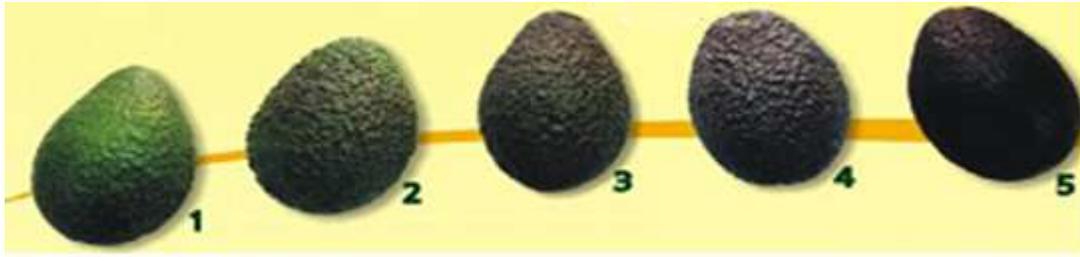
Una vez que los pallets se sacan de pre frío son llevados a una cámara de conservación donde se realiza la inspección o muestreo y reintegro, se almacena hasta su embarque manteniendo una temperatura de pulpa de 5,0 ° C. En esta cámara se mantienen permanentemente monitoreo de temperatura, humedad (80%) y etileno. La fruta debe permanecer en la cámara al menos 24 horas antes del embarque. Las cajas que sean muestreadas para verificar su temperatura deberán quedar identificadas con el adhesivo de color y para frío, se deberá pinchar siempre la misma caja para disminuir el número de frutos con heridas.

Los pallets se estiban en la cámara quedando lo más pegados entre ellos para evitar que se pierda aire entre los pallets, luego se colocan bufandas plásticas entre éstos y en la base de madera con el fin de forzar que el aire pase por las ventilaciones de las cajas.

Posteriormente se instalan los sensores de temperatura en la pulpa de un fruto y se controla desde sala de máquinas (Ministerio de Agroindustria de Argentina 2009).

### **Grado de maduración.**

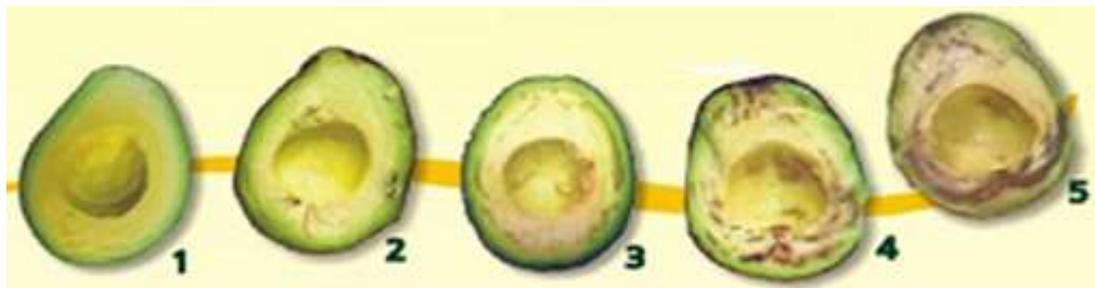
El grado de maduración se puede evaluar a través de la coloración de la cáscara, también denominado escala de color, como se muestra en la figura 1. La escala de medición va de 1 a 5, considerando el rango entre 1 y 2 como fruto medianamente maduro, 3 y 4 un nivel óptimo de madurez y 5 un fruto sobre madurado, de acuerdo con el manual de bolsillo para determinación de la calidad del aguacate de exportación de la unión europea.



**Figura 1.** Escala de Color Fuente (White, A. Woolf, A. Hoffman, P & Raparúa, M. L., 2009)

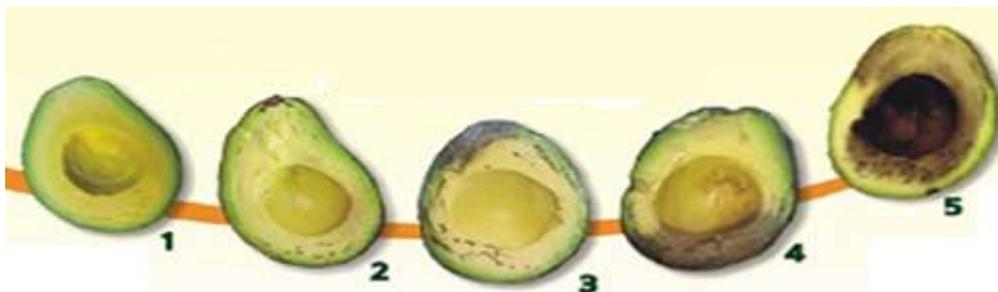
### **Maduración dispareja.**

En muchos de los huertos es común encontrar frutos que no alcanzan la madurez de consumo y tampoco la madurez de cáscara, (cambio de color de morado a negro oscuro) cuando han pasado por el tiempo de maduración promedio para un fruto cosechado bajo los mismos estándares de cosecha.



**Figura 2.** Maduración dispareja y Pardeamiento vascular (White, A. Woolf, A. Hoffman, P & Raparúa, M. L., 2009)

Una vez los frutos de aguacate Hass han sido cosechados bajo los criterios de madurez, la calidad está sujeta a la poscosecha donde se presentan problemas como maduración dispareja y daños por frío, el color de pulpa, la desincronización en la maduración para el consumo.



**Figura 3.** Pardeamiento de la pulpa (White, A. Woolf, A. Hoffman, P & Raparúa, M. L., 2009)



## METODOLOGIA

Para la evaluación de las condiciones de almacenamiento poscosecha y su efecto sobre la calidad de madurez de los frutos aguacate Hass cultivado en el oriente antioqueño para el mercado de exportación, se incluyeron 7 fincas, ubicadas en los municipios del Carmen de Viboral, La Unión, Rionegro, El Santuario y San Vicente, cuya extensión oscilaba entre 2 y 7 hectáreas, árboles con edad de siembra entre 4 y 8 años, producción promedio de 10 ton/ha, y un rendimiento de fruta exportada entre un 80 y 90%. Además, únicamente se incluyeron en el estudio aquellas fincas que tuvieran el registro ICA del cultivo, aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y manejo técnico adecuado.

### Variables agronómicas

La caracterización de las condiciones agronómicas como el porcentaje de humedad relativa (%HR), nubosidad, velocidad del viento, precipitación fueron consultadas en los históricos de cada municipio, mientras que para la altura se empleó altímetro y se hicieron tres mediciones en la finca (parte alta, media y baja), las mediciones se promediaron y expresaron en metros sobre el nivel del mar (msnm). La temperatura promedio se registró utilizando un termómetro y se hicieron tres mediciones, a las 7:00 am, 12:00 m y 6:00 pm, los resultados se expresaron como promedio tal y como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 4.** Caracterización fincas del estudio por variables agronómicas

Finca	Municipio	Altura msnm	Temp. promedio °C	Precipitación mm	Vientos km/h	% Nubosidad	%HR (Día – Noche)
La Fragata	San Vicente	2208	16.51	2280	10.54	54%	43 - 92
La Roca	Santuario	2150	17.23	2296	13.23	50%	50 - 80
Sanaran	La Unión	2459	15.45	2402	11.78	68%	60 - 83
La Fragata 2	Carmen de Viboral	2160	18.65	2304	12.89	54%	60 - 86%
El Cagualate	Rionegro	2112	18.21	2272	16.25	43%	45 - 70
Encanto de las Cuchillas		2163	18.93	2272	20.56	43%	45 - 70
La Esperanza de Dios		2080	20.13	2272	19.81	43%	45 - 70

### **Recolección de las muestras**

Los frutos para el estudio se recolectaron durante la cosecha travesía 2019 (mayo a junio) en 3 niveles de madurez de cosecha determinada por contenido de Materia Seca (MS) de 23%, 25% y 28% respectivamente, rangos de aceptación del producto para comercialización en el mercado de exportación.

### **Preparación de las muestras**

Los frutos cosechados fueron transportados al laboratorio de calidad en la exportadora y comercializadora Mountain Avocados (km 3.5 Vereda La Tolva, vía Caldas Amagá - Antioquia), donde se acondicionaron con una solución desinfectante de prochloraz al 45% (1 cc/l de agua), posteriormente se realizaron las pruebas de calidad, la clasificación por calibre de los frutos se realizó en la máquina clasificadora electrónica de aguacate (TPT4520), las muestras seleccionadas en calibre 20 se almacenaron en 21 cajas tipo exportación con peso promedio por caja 4,2 kg.

Todas las muestras seleccionadas fueron calibre 20, valor medio entre los calibres, esto se hizo teniendo en cuenta el calibre, tamaño y peso, color externo usando la escala de 1 a 5 (donde 1 es verde y 5 virado, ligeramente maduro) según el Manual de bolsillo Internacional sobre la calidad del aguacate (White, A. Woolf, A, Hoffman, P & Raparúa, M. L, 2009).

En la fase de almacenamiento poscosecha se hizo seguimiento a la calidad de frutos, una vez madurados se registró la inspección visual (daños por frío, % de deshidratación o pérdida de peso, maduración, calidad de la pulpa, pardeamiento vascular y daños por microorganismos presentes antracnosis o puntos negros, pudrición peduncular y *Collectotricum* sp), al igual que en el color de corteza (cáscara) se utilizó una escala de referencia al color de pulpa que está establecida por la unión europea White, A. Woolf, A, Hoffman, P & Raparúa, M. L, 2009, la cual va de 1 a 5, donde 1 es pulpa en óptimas condiciones para mercado y 5 pulpa con problemas de pardeamiento y no puede ser comercializada), Materia Seca (MS) de los frutos madurados, se

tomaron 5 frutas por cada una de las 3 cajas que se maduraron por finca, para un total de 15 frutos por finca y el resultado final será un promedio de estas, la maduración se llevó a cabo (simulando las condiciones del viaje), a temperatura constante de 6 °C y a una humedad relativa (HR) del 65%, durante 20 días. Después de este tiempo se tomaron las cajas y se secaron al pasillo de los cuartos fríos por un día hasta subir la temperatura a 16 grados, con el fin de no generar cambios bruscos en la temperatura, después fueron puestos a madurar a temperatura ambiente, (22 °C y 32% HR) en el laboratorio de calidad de la planta Mountain Avocado y a partir del momento que se llevan al laboratorio se empiezan a contar los días en que demoro en madurar la fruta. La MS se determinará por técnica de secado hasta peso constante con uso de microondas como lo describe Cerdas Araya et al., 2006.

Para el análisis de los frutos maduros se tomaron las cajas de cada finca se pesaron y se obtuvo un peso promedio por caja madurada de 4,040Kg a 4,151Kg, se les hizo comparativo con la Tabla de referencia para maduración en cuanto al color de cascara, se les observó si tenían daño por *Collectotricum* spp., Antracnosis o, pudrición peduncular. Para el pardeamiento de pulpa y los haces vasculares se partieron en mitades el 40 % de los aguacates de cada caja y con las escalas de referencia para pardeamiento de pulpa, de haces vasculares, grado maduración de cáscara y grado de maduración de la pulpa, realizó el comparativo y asignó la calificación según correspondiente según White, A. Woolf, A, Hoffman, P & Raparúa, M. L, 2009.

### **Análisis estadístico**

Para determinar los daños por frío presentados en la poscosecha en frutos con diferentes índices de madurez en las fincas del estudio, se calcularon tablas de contingencia que permitieron establecer el porcentaje de frutos que presentaron daño por frío, y a través del estadístico de *Chi cuadrado* se establecieron pruebas de hipótesis de independencia no exactas entre las variables

analizadas por cada una de las fincas y los días de madurez. Los resultados se representaron en gráficos de barras bivariados utilizando el módulo de gráficos estadísticos de MS Excel.

Para analizar las pérdidas de peso de los frutos con diferentes índices de madurez de cosecha durante el almacenamiento se presentaron análisis de medias para evaluar la evolución de la pérdida de peso entre cada una de las fincas, así como la materia seca. Igualmente se hizo un análisis de varianza ANOVA con el fin de identificar si existen diferencias estadísticas significativas entre las variables MS y peso del fruto por cada una de las fincas analizadas.

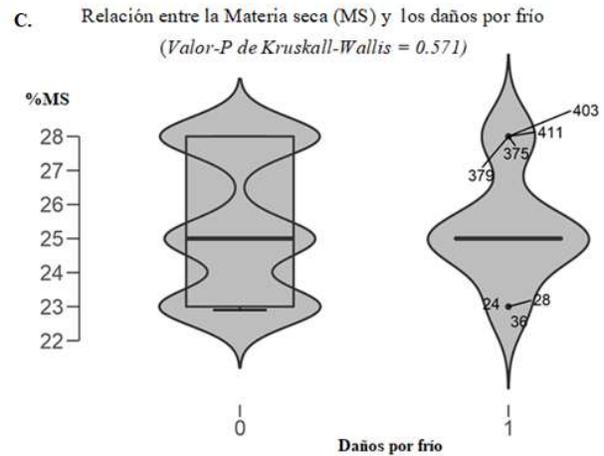
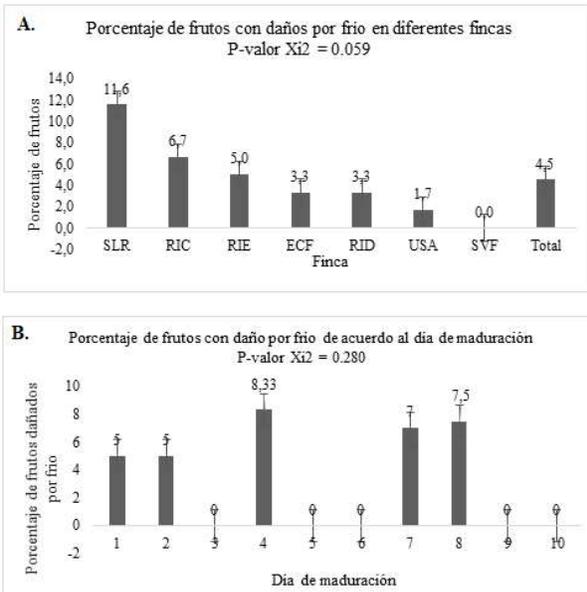
Para estimar el efecto de la maduración en las diferentes características de calidad del producto que va a exportación se realizó un análisis bivariado, haciendo uso del software R Project.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Determinación de daños por frío en los frutos de aguacate con diferente índice de madurez en la poscosecha.**

De manera general para las fincas se observó que en muchos casos la corteza o cáscara de los frutos no cambio de color cuando alcanzaron la madurez de consumo, observando que es una condición característica de esta variedad, coincidiendo por lo investigado por Herrera, Salazar y E tal. 2017.

Se evaluaron los daños por frío de los frutos, dicha variable se analizó 23 días después del almacenamiento en cuartos fríos, bajo temperatura de 5° C y una humedad relativa del 65%. Bajo estas condiciones se quiso simular las condiciones de viaje sin perder la cadena de frio. En la gráfica 1 se muestran los daños donde La fragata de San Vicente (SVF) no presento daños por frío en poscosecha en ninguno de los 3 índices de madurez, 5 fincas presentaron daños en el índice 25Ms y 2 fincas presentaron daños en el índice 28Ms y la finca el encanto de las cuchillas en Rionegro (RIE) presento daños en el índice 22.9Ms. Encontrándose que el almacenamiento en frío realmente afecta la fruta, con más incidencia en la fruta por frio en el índice 25Ms, siendo similares con lo encontrado por Fernández y Ruiz (1983) quienes encontraron que el almacenamiento no deterioró el aspecto de la fruta en el momento de sacarlo del frio, pero en el instante de comercialización presenta daños significativos en casca como en pulpa en relación con los frutos que no se almacenaron en frio.



**Gráfico 1.** Porcentaje de frutos con daños por frío según la Finca después de la maduración (A), porcentaje de frutos con daño por frío de acuerdo con el día de maduración (B), y la relación entre la materia seca y los daños por frío según el índice de Cosecha %MS (C).

La Gráfica 1 (A), presenta de acuerdo con el índice de madurez, los daños por cada finca ubicados en el eje X y en eje Y se muestra el porcentaje correspondiente. La única finca que no presentó daños por frío con relación al grado de madurez de cosecha, fue la fragata de San Vicente (SVF). Las fincas RID, USA, RIC, ECF y SLR, presentaron daños en el grado de maduración 25 con un promedio de daño entre 5% y 25%, las fincas RIC y SLR, presentaron daños en dos grados de maduración en 25 y 28, la única finca que presentó daños por frío en el grado 22.9 de maduración fue la RIE, En resumen el daño por frío se aumenta en el índice 25Ms lo que hace que el índice de maduración 23Ms sea el más oportuno para cosechar y reducir los daños por este fenómeno. De acuerdo a los días de maduración Gráfico 1B no se presentó diferencias estadísticas significativas entre el grado de maduración. Igualmente, si no se considera la finca, la Materia seca no presentó ningún tipo de relación con los daños en frío de acuerdo con la prueba de *Kruskal-Wallis* ( $Valor-P = 0.571$ ), Gráfico 1C.

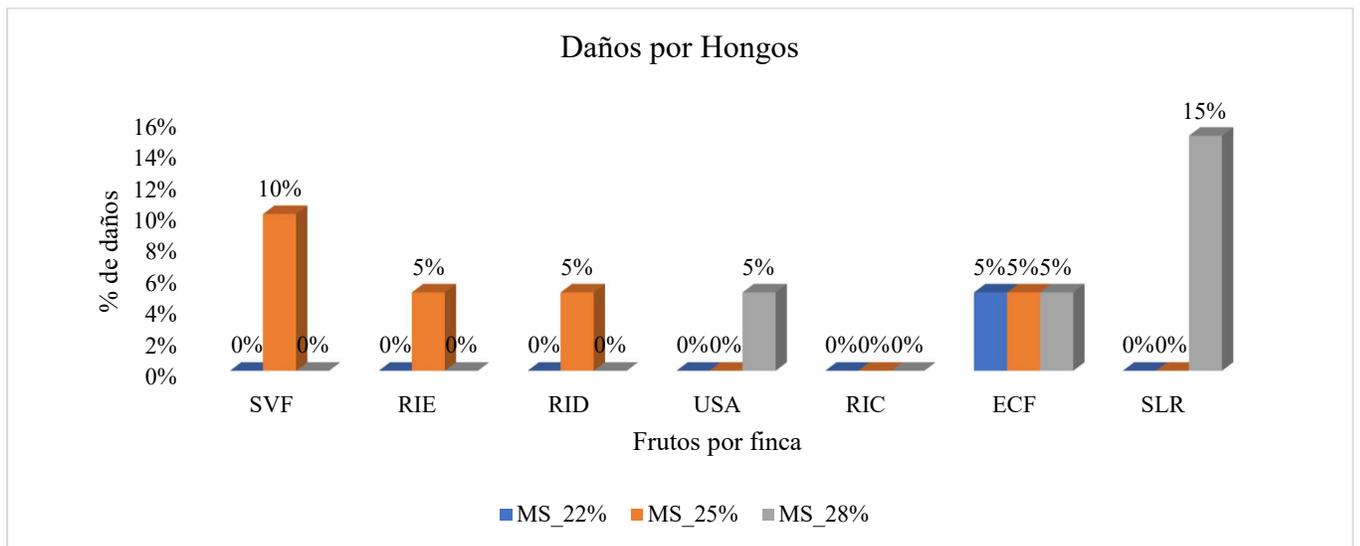
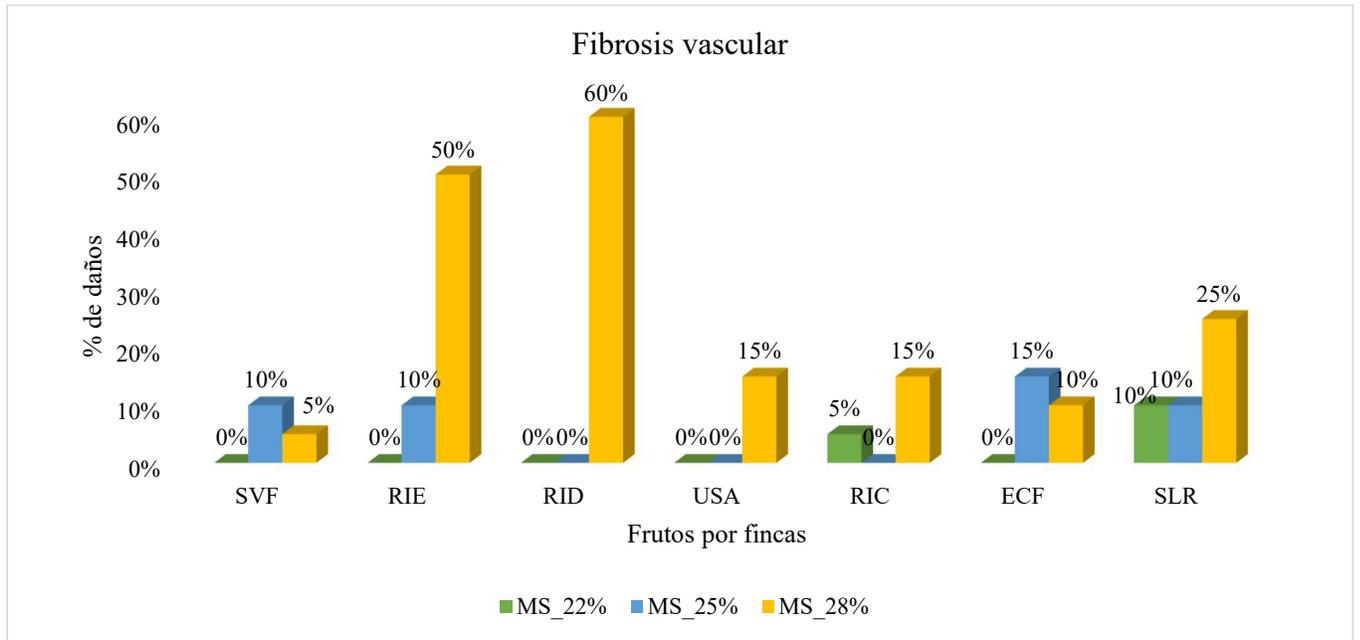
Los daños por hongos (H), la fibrosis vascular (FV) y pudrición peduncular (PP) se encuentran en la Gráfica 2., para los frutos cosechados con diferente índice de cosecha 22, 25 y 28% MS de las fincas del estudio.

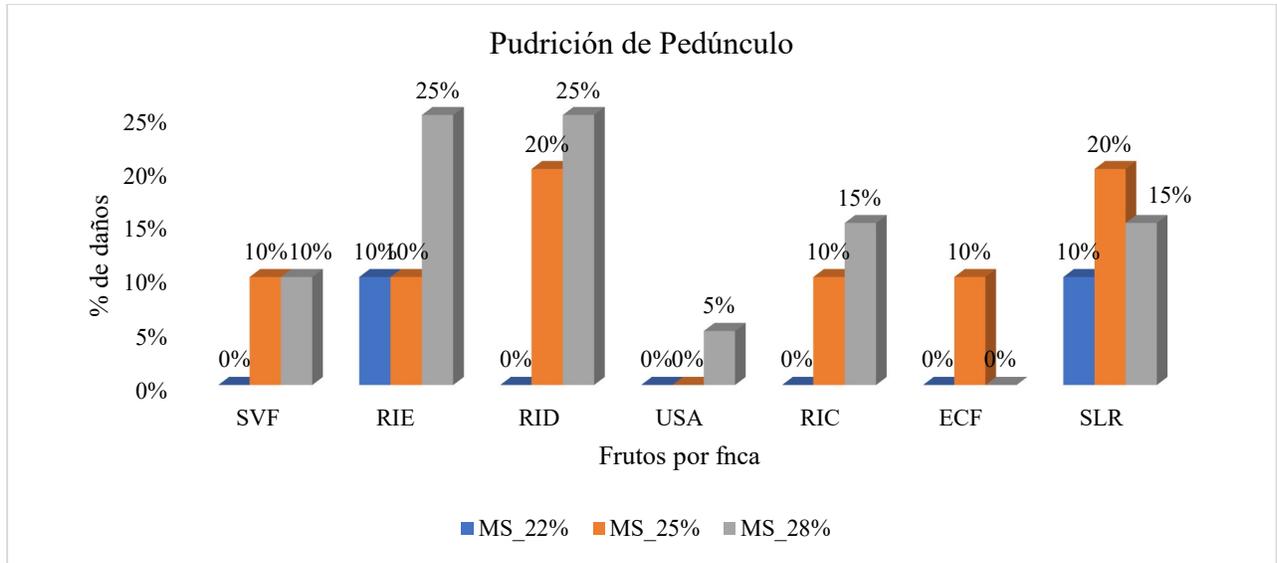
Las fincas RIC y SLR presentaron daños por FV en el índice de madurez 22% MS, ninguna supero el 10%, en el grado de maduración 25% MS se presentó en las fincas SVF, RIE, ECF y SLR un aumento de un 15%, en cuanto al índice de madurez del 28% MS los frutos no presentaron daños. Con estos resultados podemos decir que la fibrosis vascular evidencia un comportamiento discontinuo porque empezó a presentarse en el grado 22.9 para unas fincas y en el grado 25 de Ms aumentó, pero en fincas diferentes a las que se presentó en el grado 22.9 de Ms y en el grado 28 de Ms desaparece. Esto puede deberse a errores en la medición o toma de los datos.

Los daños por hongos en los frutos con índice de madurez 23% MS, la única finca que presento fue la EFC con un 5%, los síntomas y daños fueron similares a las causadas por *Colletotrichum gloeosporioides*. Trinidad, Ascencio, Ulloa y E al. (2017). Reportaron 3 especies de este patógeno causando daños en aguacates almacenados, para el grado 25 de Ms las fincas que se ven afectadas son SVF, RIE, RID y ECF con un porcentaje máximo de 10% y las fincas con presencia de daños por hongos para el grado de maduración de 28 de MS fueron USA, ECF y SLR y el máximo porcentaje de daño para este grado fue 15% de los frutos. En resumen, los daños por hongos se presentaron en los 3 grados de maduración siendo más severos en el grado de maduración 28 de Ms y en el grado 22.9 son muy mínimos y no superan el porcentaje reportado por la exportadora que facilita la logística para esta investigación.

La pudrición peduncular se presentó solo en el grado de maduración 28 de Ms en 6 fincas de las que se realizó el estudio (SVF, RIE, RID, USA, RIC y SLR) con un valor mínimo de 5% y un Máximo de 25%, la única finca que no presento daños por pudrición peduncular fue ECF. Es

de afirmar que este fue el daño con mayor frecuencia entre las fincas y con mayor número de frutos dañados durante el estudio realizado y se acerca mucho a lo reportado por la exportadora que facilita la logística para esta investigación.





**Gráfico 2.** Porcentaje de frutos con a) Daños por Hongos, b) Fibrosis Vascular c) Pudrición peduncular, en frutos índices de madurez de cosecha (22, 25 y 28% MS) de las fincas del estudio.

**Análisis de las pérdidas de peso de los frutos con diferentes índices de madurez de cosecha durante el almacenamiento poscosecha**

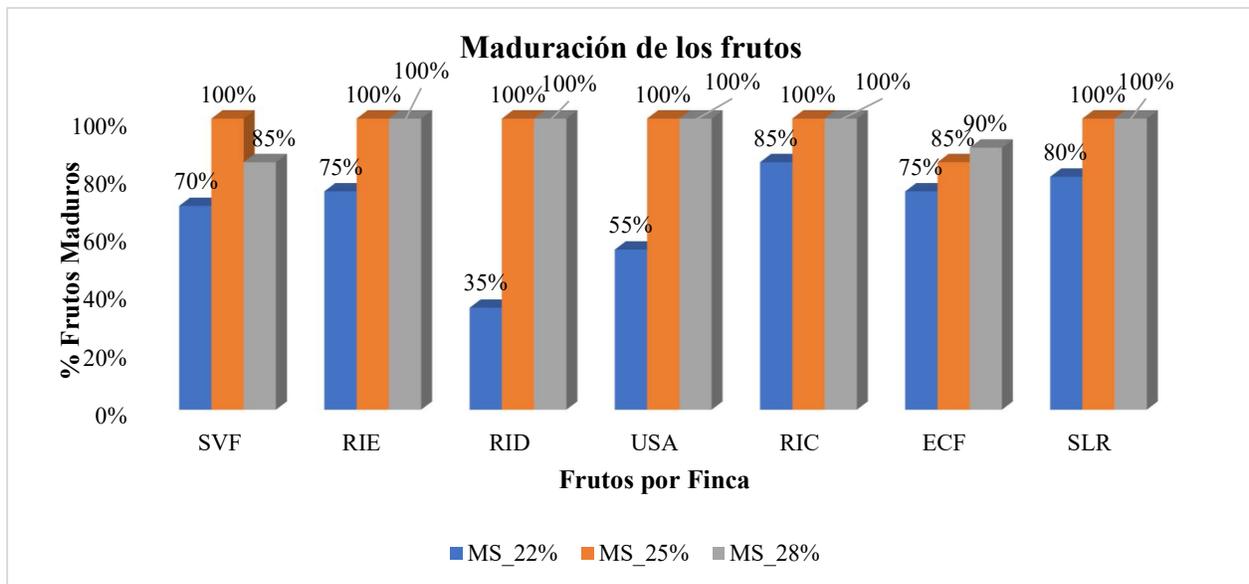
La pérdida de peso reportada por Lallum y E tal. (2004) fue 6.9% a los 12 días de almacenamiento, se encontró en este trabajo, 2,4% difiere con las pérdidas reportadas por estos autores. Para todos los huertos las pérdidas de peso son diferentes y para todos los índices de maduración se tiene similitud entre ellas y del mismo modo no están relacionadas almacenamiento o grado de maduración (se relacionan a la tasa de respiración del proceso normal de maduración del aguacate). En este estudio se almacenaron en frío por 20 días, pasado este tiempo se tomó la unidad de embalaje y se sometió a verificación del peso. En la Tabla 5. Se relaciona la pérdida de peso por unidad de embalaje.

*Tabla 5. Pérdida de peso por unidad de embalaje*

Finca	MS. % ( $\pm$ 0,5)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Pérdida Peso g	$\bar{X}$ pérdida peso (g)	% $\bar{X}$ Pérdida peso
SVF	23	4153	4080	73	103.33	2.48
	25	4164	4076	88		
	28	4189	4040	149		
RIE	23	4159	4101	58	65.00	1.56
	25	4186	4105	81		
	28	4159	4103	56		
RID	23	4211	4151	60	60.00	1.43
	25	4211	4149	62		
	28	4209	4151	58		
USA	23	4197	4098	99	101.67	2.42
	25	4189	4089	100		
	28	4197	4091	106		
RIC	23	4179	4112	67	65.00	1.56
	25	4171	4116	55		
	28	4171	4098	73		
ECF	23	4208	4099	109	111.33	2.65
	25	4208	4089	119		
	28	4201	4095	106		
SLR	23	4191	4102	89	82.67	1.97
	25	4191	4109	82		
	28	4189	4112	77		

### Comparación de los tiempos de maduración de frutos en la poscosecha con diferente índice de madurez almacenados en frío.

Los frutos alcanzaron la madurez de consumo para el grado de materia seca 22.9 en 14.5 días promedio, con una temperatura ambiente entre 17.1 a 21.0 °C en todos los 7 huertos. En el grado 25 de materia seca los días promedios fueron 12 con temperaturas iguales que los primeros, para todos los 7 municipios. Los días promedios de maduración para el grado de materia seca 28 fue de 9 días, bajo las mismas temperaturas y para las 7 fincas. Lo encontrado en cuanto a tiempo de maduración, es similar a lo reportado por Ozuna-García y E tal en (2010) en maduración de aguacate Hass. Es de recalcar que ellos hacen un reporte generalizado para un solo índice de cosecha (24% MS) y la presente investigación fue hecha para tres índices de madurez, la piel del 90% de los frutos de todos los cultivares viró a negro y alcanzaron la madurez de consumo durante su almacenamiento a temperatura ambiente y el 10 % del total de frutos muestreados no alcanzaron la madurez de consumo lo que se conoce como maduras dispareja (Gráfica 3).



**Gráfico 3.** Días de Maduración en los frutos poscosecha con diferente Índice de Madurez

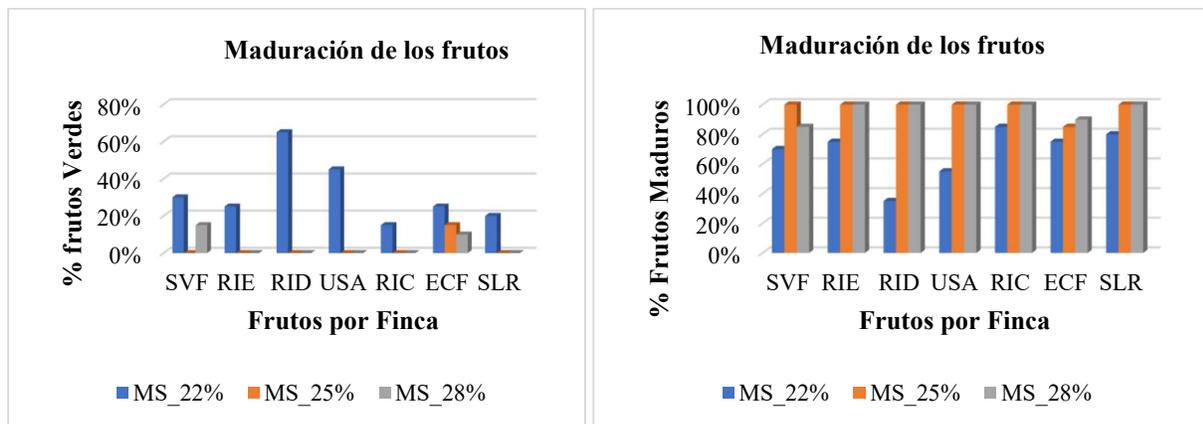
En la Gráfica 3, se puede observar los días que tardaron los frutos de aguacate para alcanzar la madurez de consumo, después de la recolección en los diferentes niveles de madurez de cosecha por cada una de las fincas del estudio. En el eje Y están el número de días, mientras que en el X cada una de las fincas con sus respectivos niveles de frutos cosechados 23, 25 y 28 % de MS.

Los días promedios de maduración encontrados en este estudio para el índice de madurez 23% MS fue 14.4 días, donde hubo frutos que demoraron para tener madurez de consumo 17 días como máximo y 13 días como mínimo. El promedio para el índice de cosecha de 25 de MS fue de 11.8 días donde algunos frutos se demoraron 14 días como máximo y otros 10 días como mínimo. Para obtener el índice de maduración 28 de MS fue de 8.1 días donde se encontraron frutos que se demoraron 10 días como máximo y frutos que se demoraron 8 días como mínimo, con estos datos se puede decir que cuando el aguacate del oriente antioqueño se cosecha con un índice de madurez entre 23% y 28%, alcanza la madurez de consumo en un intervalo de 8.1 a 14,4 días después de pasar por todo el proceso de exportación. Los resultados encontrados en este estudio son parecidos a lo reportado por Herrera, González y E tal (2017) reportando que los aguacates del oriente antioqueño se demoran entre 8 y 12 días en madurar, cuando se cosechan con madurez fisiológica adecuada, La madurez de consumo en esta investigación está dada por una escala de color de cáscara y calidad de la pulpa, la cual va 1 a 5 donde la madurez de consumo apta es 3 en parámetros físicos, dicha escala es de la unión europea que es el principal cliente de la exportadora que facilito la logística para este trabajo de grado.

En la Tabla 2 puede observarse el promedio de días que tardaron en madurar cada una caja con 24 aguacates, del estudio por finca y diferentes niveles de madurez. Almacenados a temperatura ambiente después de pasar 20 días en cuarto frio a temperatura de 5°C.

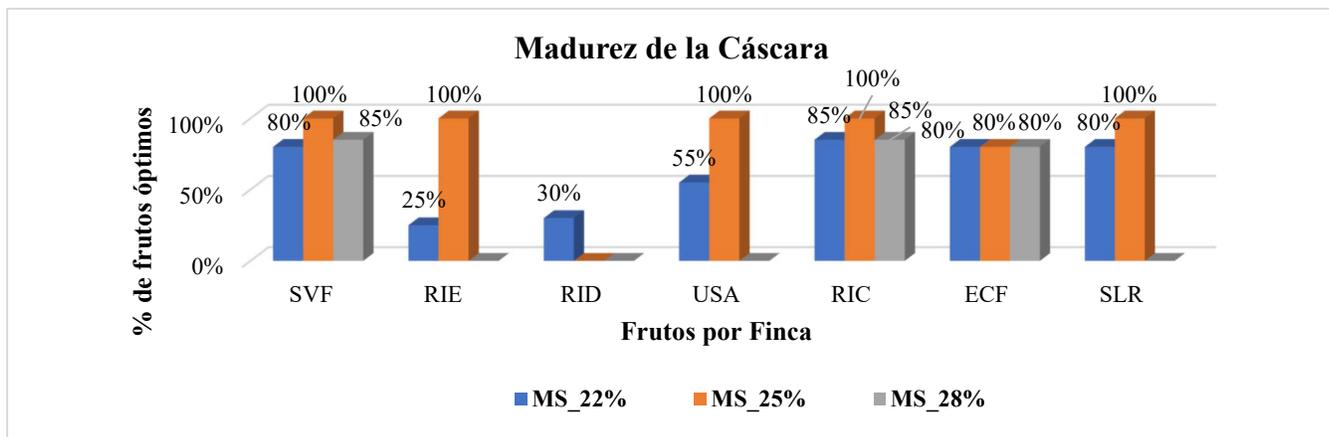
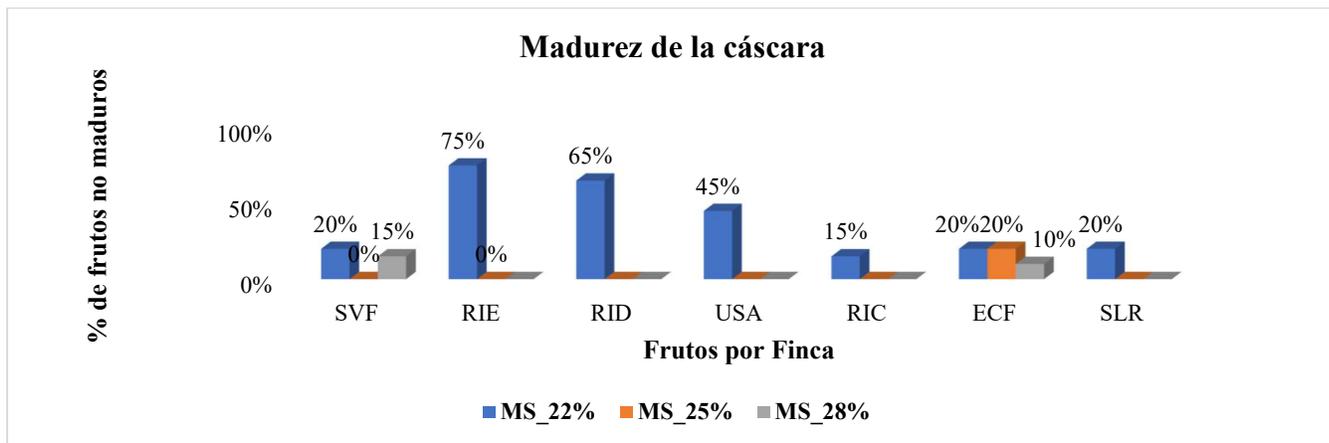
FINCA	% MS ( $\pm$ 0,5)	Días maduración	$\bar{X}$ Días Maduración
SVF	23	15	14.4
RIE		15	
RID		17	
USA		14	
ECF		13	
RIC		11	
SLR		16	
RIE	25	11	11.7
USA		11	
SVF		14	
RIC		11	
SLR		11	
RID		14	
ECF		10	
RIE	28	7	8.1
SVF		7	
RID		9	
USA		9	
RIC		9	
ECF		8	
SLR		8	

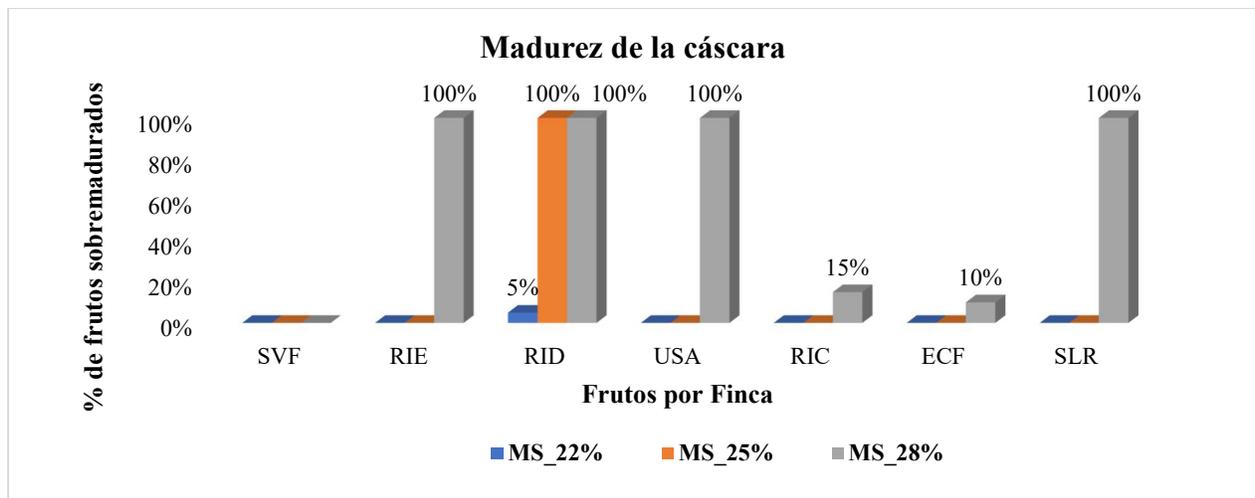
**Tabla 2.** Días de maduración según índice de cosecha por finca



**Gráfico 4.** Maduración de los frutos poscosecha con diferente Índice de Madurez a) frutos verdes, b) frutos maduros

La Gráfica 4, muestra el porcentaje de frutos con maduración dispereja, es decir los aguacates que maduraron y los que no maduraron en cada uno de los índices de maduración, para los frutos con 22% MS en la finca RID tuvo un 70% de aguacates verdes, seguida de USA con un 45% y la finca SVF con un 25% las otras 4 fincas tuvieron maduración dispereja por debajo del 20%, para el índice de maduración 25% la finca ECF presento un 16.7% de aguacates que no maduraron (4und), las otras 6 fincas maduraron el 100% de los aguacates, para el índice de materia seca 28%, las fincas SVF y ECF presentaron menos del 10% de maduración dispereja y las otras 5 fincas maduro el 100% de los aguacates.





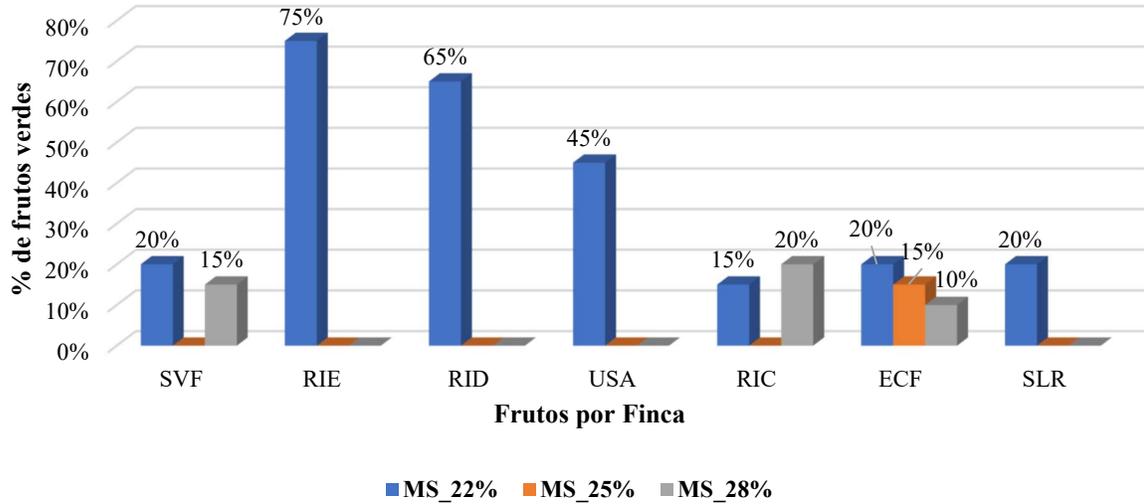
**Gráfico 5.** Grado de Madurez de cáscara en frutos con IM 22, 25 y 28% MS.

En el Grafico 5 se presentan los resultados de la maduración física de los frutos de aguacate, en eje Y porcentaje de grado de maduración y en X fincas, después del almacenamiento.

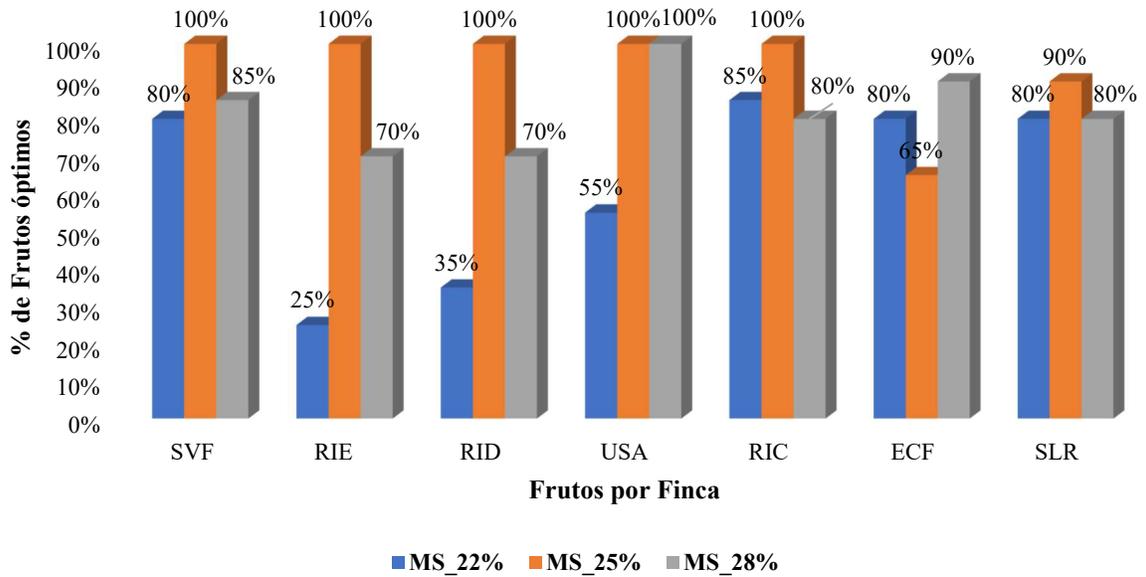
Márquez, Yepes, Sánchez y Osorio (2014) Reportaron que las diferencias en la maduración de los frutos de aguacate en el oriente antioqueño pueden deberse a las condiciones agroecológicas de la zona y al manejo que se le da a cada huerto.

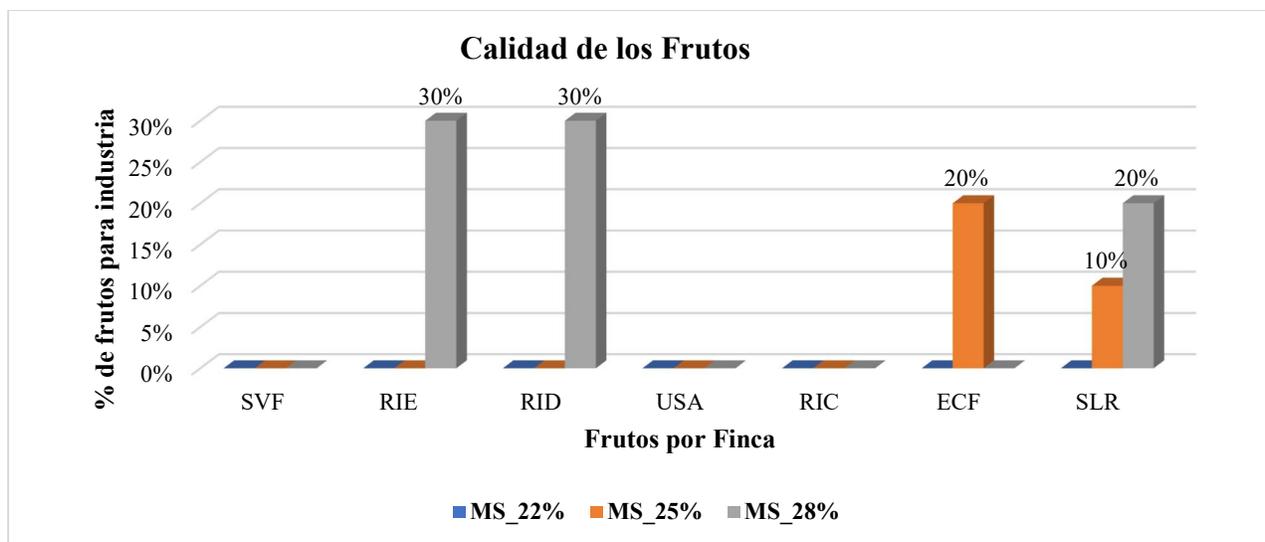
En el índice de maduración 22 las finca SVF, RIC, ECF y SLR alcanzaron un grado óptimo de maduración física cercano al 80 % y las otras 3 fincas se ubicaron por debajo del 60%, para índice de maduración 25 las fincas SVF, RIE, USA, RIC y SLR el 100% de los frutos alcanzo el grado óptimo de maduración, mientras que las fincas RID el 100% de los frutos alcanzo el grado sobre maduros y la finca ECF el óptimo de maduración solo lo alcanzaron el 80% de los frutos. En las fincas RIE, RID, USA y SLR el 100% de los frutos se encontraron en el rango de sobre maduros para el IM 28 y las fincas SVF, RIC y la ECF el 80% o más de los frutos estuvieron en el rango óptimo de maduración.

### Calidad de la pulpa



### Calidad de los frutos



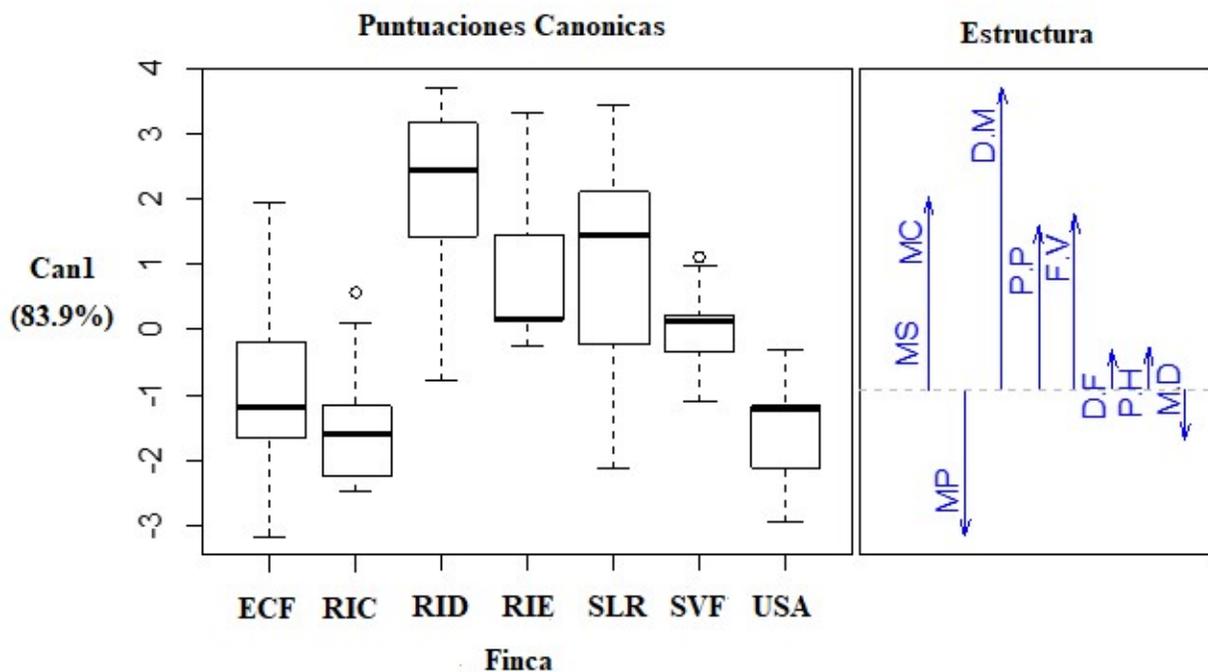


**Gráfico 6.** Calidad de la pulpa en los frutos con diferente Índice de Madurez después de la maduración, a) frutos verdes, b) frutos óptimos, c) frutos para la industria

De acuerdo con el manual de bolsillo de la calidad del aguacate para exportación a la Unión Europea (White, A. Woolf, A, Hoffman, P & Raparúa, M. L, 2009). Arévalo, Saucedo y e tal, México 2002 para medir la calidad de la pulpa se definió una escala, donde 0 es verde, entre 1 y 2 se define como óptimo (en la gráfica representado como O), 3, 4 y 5 se estableció como apto para industria (en el gráfico representado como I). En la Gráfica 6. se muestran las 7 fincas del estudio en los 3 índice de madurez (22, 25 y 28% Materia Seca) evaluados después de terminado el almacenamiento simulando las condiciones exportación.

En el grafico 6 se presentan los resultados de la maduración interna de los frutos de aguacate después del almacenamiento, en el índice de maduración 22, las finca SVF, RIC, ECF y LSR alcanzaron un grado Óptimo de maduración en pulpa cercano o superior al 80% y las 3 fincas restantes se ubicaron por debajo del 60% para el grado óptimo de maduración interna para el IM 22 todas las fincas presentaron pulpa verde siendo la finca RIE la de mayor porcentaje para este defecto. Así mismo podemos ver que para el índice maduración 25 las fincas SVF, RIE, RID,USA y RIC el 100% de los frutos alcanzo el grado óptimo de maduración en pulpa seguidas de un 85%

que tuvo la finca SLR para este parámetro, mientras la finca ECF presento un 15% de frutos con pulpa verde y un 20% con pulpa tipo industrial (I), para el IM 28 y las fincas SVF, USA, RIC, ECF y la ECF el 80% o más de los frutos estuvieron en el rango óptimo de maduración de la pulpa, de ese mismo modo las fincas RIE, RID y SLR presentaron pulpa tipo Industrial (I) para el IM 28 y las fincas RIC, SVF y ECF presentaron pulpa verde (v) por debajo del 20% para este mismo Índice de Madurez.



**Gráfico 7.** Calidad de la pulpa en los frutos con diferente Índice de Madurez después de la maduración

Gráfico 7 análisis multivariado, Distancia relativas y características significativas entre todas las variables del estudio, se puede observar que se tiene variación significativa para las variables, maduración cascara (MC), días de maduración (DM), pudrición peduncular (PP), fibrosis vascular (FV) y madures de Pulpa (MP), mientras que para daños frio (DF), presencia de hongos

(PH) y maduración dispereja (MD) no tiene variaciones significativas entre ellas, y materia seca es igual para todas las finca.

Se forman dos grupos de fincas con algunas similitudes entre ellas el primer grupo lo conforman las fincas ECF, RIC y USA, el segundo grupo se presentan las fincas RID, RIE, SLR y SVF.

## CONCLUSIONES

Al evaluar los efectos de la madurez de cosecha sobre la calidad del aguacate Hass producido en el oriente antioqueño para mercados de exportación se concluyó que el índice de Madurez del 25% de MS empleado por la exportadora Mountain Avocados es adecuado ya que presentar menos problemas de calidad de la fruta proveniente de las fincas del estudio.

Al identificar los daños por frío en la poscosecha de frutos con diferentes contenidos de Materia Seca (MS) en las fincas del estudio, se encontró que estos se relacionan con el manejo interno en cada finca respecto a las labores de fertilización y prácticas culturales del productor, edad del cultivo y condiciones medioambientales, dichos daños no guardan relación y no son favorecidos con las condiciones y operaciones poscosecha que se realizan en la exportadora.

Al análisis de las pérdidas de peso de los frutos con diferentes IC durante el almacenamiento muestran valores semejantes a lo reportado por la literatura y que en ninguno de los casos se hallaron valores superiores al rango referente de pérdidas del 3% al 7%, en las fincas del estudio se situó entre 2.4% a 4.1%.

La comparación de los tiempos de maduración de los frutos con diferentes índices de cosecha posterior al almacenamiento en frío (simulación de las condiciones de exportación), es de 14,5 días para 23% MS, 12 días para 25% de MS y 9 día para 28% de MS, lo cual concuerda con lo investigado por Sandoval et al, 2010 reportan que para el aguacate variedad Carmen Hass, el cual guarda mucha similitud con el Hass en su comportamiento en poscosecha, la escala de maduración de aguacates cosechados en 23% de MS maduran entre 9 y 14 días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buelvas Salgado, G. A., Patiño Gómez, J. H., & Cano-Salazar, J. A. (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (Persea americana Mill) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 138-150. Retrieved December 03, 2020, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492012000200015&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492012000200015&lng=en&tlng=es).
- Camara de Comercio de Medellín. (2012). Cadena del aguacate en Antioquia. *Informes de Estudios Economicos, Para El Desarrollo Del Cultivo de Aguacate En Antioquia.*, 104. <https://doi.org/10.3923/ajpnft.2015.96.105>
- Cerdas Araya, M. D. M., Montero Calderón, M., & Díaz Cordero, E. (2006). Manual de manejo de pre y poscosecha de aguacate(Persea americana) (p. 95).
- Cox, K. A., McGhie, T. K., White, A., & Woolf, A. B. (2004). Skin colour and pigment changes during ripening of “Haas” avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31(3), 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.008>
- Dane (2015). Boletín Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. El cultivo del aguacate (Persea americana Miller.), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales (Primera parte) (octubre 2015, número 40) recuperado de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_oct\\_2015.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf)
- Dinero (2017). Aguacate: el oro verde de la economía colombiana (30 de marzo 2017). *Recuperdo de* <https://www.dinero.com/economia/articulo/siguen-creciendo-lasexportaciones-de-aguacate/276829>
- El Colombiano (2019). 80% de los cultivos de aguacate hass son de campesinos (17 de abril de 2019) Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/negocios/economia/80-de-los-cultivos-de-aguacate-hass-son-de-campesinos-IB10557359>
- Flores, R., Veloz, S., Osorio, G., Etileno, P. D. E., Asociados, Y. C., Maduración, A. L. A., Carmen, H. Y. (2016). Ethylene production and changes associated with the ripening of avocado fruits “Hass” and “Carmen Hass.”

- Garbanzo, M. (2011). Manual de Aguacate. Buenas Prácticas de Cultivo Variedad Hass. 2 ed. San José de Costa Rica. 96 p. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-4259.pdf>
- González-durán, I. J. L., Salazar-garcía, S., Alberto, I. N. G., Jiménez, C., Jeffrey, L. I. C., & Jones, M. A. X. (2007). Uso de la Poda Progresiva para Recuperar la Productividad de Huertos Emboscados de Aguacate ‘ Hass ’ en Nayarit.
- Hermoso, J. M., Torres, D. M., & Farré, J. M. (2007). Cultivo ecológico y convencional del aguacate. In Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate).
- Herrera-González, J. A., Salazar-García, S., Martínez-Flores, H. E., & Ruiz-García, J. E. (2017). Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate méndez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 55–63. <https://doi.org/10.1145/1276377.1276478>
- Icontec (2018). END 094:2018. Especificación Normativa Disponible establece los requisitos que debe cumplir el aguacate Persea americana Mill, variedad Hass, destinado para el consumo en fresco o como materia prima para la agroindustria. Disponible <https://www.icontec.org/rules/frutas-frescas-aguacate-variedad-hass-especificaciones/>
- Instituto Colombiano de Agricultura (ICA) (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate (Persea americana Mill). Medidas para la temporada invernal. Medidas para la temporada invernal. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/->
- Márquez, C. J., Yepes, D. P., Sanchez, L., & Osorio, J. A. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (persea americana mill. cv. “hass”) en poscosecha para dos municipios de antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 32. <https://doi.org/10.21897/rta.v19i1.723>
- Osuna, G. J. A., Beltran, J. A., & Vazquez, V. V. (2005). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest behavior of avocado “Hass”. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate “Hass.” *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(1), 1–8.
- Rivera, S. A., Ferreyra, R., Robledo, P., Selles, G., Arpaia, M. L., Saavedra, J., & Defilippi, B. G.

- (2017). Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in 'Hass' avocado under long term storage. *Scientia Horticulturae*, 216, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.024>
- Rodriguez, P., & Astudillo, C. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 383–392. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:694](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:694)
- Rodriguez, P., Henao, J. C., Correa, G., & Aristizabal, A. (2018a). Identification of Harvest Maturity Indicators for 'Hass' Avocado Adaptable to Field Conditions. *HortTechnology*, 28(December), 815–821. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04025-18>
- Rodriguez, P., Henao, J. C., Correa, G., & Aristizabal, A. (2018b). Identification of Harvest Maturity Indicators for 'Hass' Avocado Adaptable to Field Conditions. *HortTechnology*, 28(December), 815–821. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04025-18>
- Sandoval Aldana, A., Forero Longas, F., & García Lozano, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora. *Corpoica*, 105. Recuperado de [http://www.karisma.org.co/publico\\_hbotero/CDplantasequipoabril2012/5POSTCOSECHA DEAGUACATE.pdf](http://www.karisma.org.co/publico_hbotero/CDplantasequipoabril2012/5POSTCOSECHA DEAGUACATE.pdf)
- Vélez, E. M. (2011). Aguacate. *Bayer CropScience*, 45. Y esta: Unidos, Estados, D. C. (2015). El cultivo del (*persea americana* Miller.), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias , curativas e industriales ( Primera parte ), 40, 80.
- White, A., A. Woolf, P. Hofman y M.L. Arpia. 2009. The international avocado quality manual. Plant and Food Research, Auckland, Nueva Zelanda.
- Zapata J, E., Ochoa A, S., Ceja E, J., Gómez V, F., & Ríos M, A. (2014). *Manual técnico poscosecha del aguacate Hass ( Persea americana Mill )*. Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB.