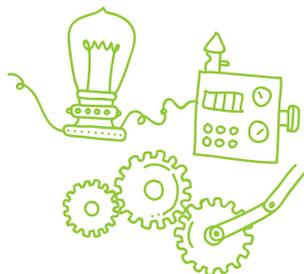


# Procesos agroindustriales en aguacate cv. Hass



Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente



Financian



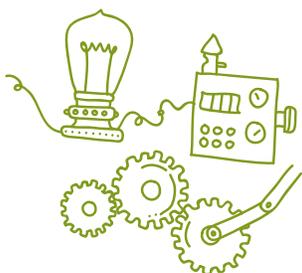
Apoyan



Organiza



# Procesos agroindustriales en aguacate cv. Hass



Alberto Díaz Ortiz,  
Claudia Isabel Ochoa Martínez  
Carlos Vélez Pasos,  
Alfredo Adolfo Ayala Aponte  
Alejandro Fernández Quintero  
Diana María Delgado Solarte  
Cindy Camila Plaza Cortés  
Diana Milena Terán Llorente  
Vanessa González Torres  
Lina Vanessa González Hoyos  
Juan Pablo Benítez Franco  
Claudia Liliana Vargas Serna  
Paula Andrea Escobar Espina

Diego Alberto Castellanos Espinosa  
Diana Cristina Moncayo Martínez  
Adriana Isabel Rada Bula  
Adriana Lisbeth Rodríguez Dionicio  
Alex Arbey Lopera Sepúlveda  
Joaquín Guillermo Ramírez Gil



# Procesos agroindustriales en aguacate cv. Hass

Financian



Apoyan



Organiza



## Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Castellanos Espinosa, Diego Alberto, 1984-

Procesos agroindustriales en aguacate cv Hass / Diego Alberto Castellanos Espinosa [y otros tres]. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia, 2022

262 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, figuras, fotografías, mapas

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-794-753-3 (rústica). -- ISBN 978-958-794-754-0 (e-book)

1. Aguacate -- Comercialización -- Valle del Cauca -- Colombia -- Proyectos 2. Persea americana 3. Agroindustria 4. Vigilancia tecnológica -- Valle del Cauca -- Colombia -- Proyectos 5. Agricultura de montaña 6. Tecnología postcosecha 7. Fruticultura I. Moncayo Martínez, Diana Cristina, 1985- II. Rada Bula, Adriana Isabel III. Lopera Sepúlveda, Alex Arbey IV. Título  
CDD-23 664.804653 / 2022

© Universidad Nacional de Colombia  
© Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente

Primera edición, junio del 2022

ISBN impreso: 978-958-794-753-3

ISBN digital: 978-958-794-754-0

Preparación editorial  
Editorial Universidad Nacional de Colombia  
Av. El Dorado # 44A-40  
Hemeroteca Nacional Universitaria  
Bogotá D. C., Colombia  
(+57 1) 316 5000 Ext. 20040  
direditorial@unal.edu.co

Coordinación editorial  
Angélica María Olaya Murillo  
Corrección de estilo  
Hernán Rojas Rodríguez  
Diseño de la colección  
Andrea Kratzer  
Diseño de cubierta  
Juan Carlos Villamil N.  
Maquetación  
Carlos Contreras

Universidad del Valle Cl. 13 # 100-00, Cali, Valle del Cauca  
Teléfono: (+57) 602 321 21 00 Punto focal:  
Profesor Alberto Díaz Ortiz Correo: alberto.diaz@correounivalle.edu.co

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos  
ICTA  
Dirección Ac. 26 # 40-85  
Edificio 500 C  
Bogotá D.C., Colombia  
Teléfono: (+57) 601 316 50 00 Ext.19205-19206  
Punto focal: Diego Alberto Castellanos  
Correo: dacastellanose@unal.edu.co

Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente. Código BPIN 2014000100010, financiado por el Sistema General de Regalías (sgr) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Cra 32 # 12-00 vía Candelaria Teléfono: (+602) 286 88 88 Punto focal: Profesor Herney Darío Vázquez Amariles Correo electrónico: ladera\_pal@unal.edu.co Página web: <https://ladera.palmira.unal.edu.co/>

Este documento hace parte de una serie de volúmenes estratégicos desarrollados en el marco de proyecto "Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente", financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Fotografías de cubierta Pedro José Arango Dussan

Viñeta de cubierta diseñada por ikatod / rawpixel / Freepik, tomada de: [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual CC BY-NC-SA

# CONTENIDO

<b>1. VIGILANCIA EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES Y PRODUCTOS DEL AGUACATE HASS .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.1 Aguacate Hass .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Metodología .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Resultados .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.1 Vigilancia en procesos agroindustriales y productos .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2 Análisis comparativo y recomendaciones para minimizar brechas .....</b>	<b>102</b>
<b>1.4 Conclusiones .....</b>	<b>106</b>
<b>2. AGUACATE HASS MÍNIMAMENTE PROCESADO.....</b>	<b>107</b>
<b>2.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales .....</b>	<b>107</b>
<b>2.1.1 Introducción .....</b>	<b>107</b>
<b>2.1.2 Justificación .....</b>	<b>108</b>
<b>2.1.3 Revisión de literatura .....</b>	<b>109</b>
<b>2.1.4 Objetivos .....</b>	<b>113</b>
<b>2.1.5 Metodología .....</b>	<b>113</b>
<b>2.1.6 Resultados .....</b>	<b>117</b>
<b>2.1.7 Conclusiones .....</b>	<b>142</b>
<b>2.1.8 Ficha técnica del producto .....</b>	<b>143</b>
<b>2.2 Empaque innovador desarrollado para aguacate tipo “Hass” fresco .....</b>	<b>144</b>
<b>2.2.1 Generalidades del producto por empacar .....</b>	<b>144</b>
<b>2.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto .....</b>	<b>145</b>
<b>2.2.3 Ficha técnica del producto .....</b>	<b>152</b>
<b>3. AGUACATE HASS PROCESADO COMO ACEITE .....</b>	<b>156</b>
<b>3.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales .....</b>	<b>156</b>
<b>3.1.1 Objetivos .....</b>	<b>158</b>
<b>3.1.2 Materiales y métodos .....</b>	<b>158</b>
<b>3.1.3 Resultados .....</b>	<b>166</b>
<b>3.1.4 Conclusiones.....</b>	<b>176</b>
<b>3.1.5 Ficha técnica del producto .....</b>	<b>176</b>
<b>3.2 Empaque innovador desarrollado .....</b>	<b>177</b>
<b>3.2.1 Generalidades del producto por empacar .....</b>	<b>177</b>

<b>3.2.2</b> Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto .....	<b>179</b>
<b>3.2.3</b> Ficha técnica del producto .....	<b>186</b>
<b>4. ANEXOS</b> .....	<b>190</b>
<b>4.1.</b> Anexos a la sección 2.1 .....	<b>190</b>
<b>4.2</b> Anexos a la sección 3.1: resultados estadísticos .....	<b>194</b>
<b>4.2.1</b> Regresión de superficie de respuesta: rendimiento (g aceite/100 g ms) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>194</b>
<b>4.2.2</b> Regresión de superficie de respuesta: L* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>196</b>
<b>4.2.3</b> Regresión de superficie de respuesta: a* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>199</b>
<b>4.2.4</b> Regresión de superficie de respuesta: b* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>201</b>
<b>4.2.5</b> Regresión de superficie de respuesta: índice de refracción vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>204</b>
<b>4.2.6</b> Regresión de superficie de respuesta: densidad (g/ml) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>206</b>
<b>4.2.7</b> Regresión de superficie de respuesta: valor peróxido (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C).....	<b>209</b>
<b>4.2.8</b> Regresión de superficie de respuesta: índice de anisidina (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>211</b>
<b>4.2.9</b> Regresión de superficie de respuesta: humedad (%) b. h. vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>213</b>
<b>4.2.10</b> Regresión de superficie de respuesta: índice de acidez o valor ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>215</b>
<b>4.2.11</b> Regresión de superficie de respuesta: acidez o contenido agl (% ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>217</b>
<b>4.2.12</b> Regresión de superficie de respuesta: rendimiento (g aceite/100 g ms) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>220</b>
<b>4.2.13</b> Regresión de superficie de respuesta: L* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>222</b>
<b>4.2.14</b> Regresión de superficie de respuesta: a* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>224</b>
<b>4.2.15</b> Regresión de superficie de respuesta: b* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>226</b>
<b>4.2.16</b> Regresión de superficie de respuesta: índice de refracción vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>228</b>
<b>4.2.17</b> Regresión de superficie de respuesta: densidad (g/ml) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>230</b>

<b>4.2.18</b>	Regresión de superficie de respuesta: valor peróxido (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%) Temperatura de secado (°C) .....	<b>233</b>
<b>4.2.19</b>	Regresión de superficie de respuesta: índice de anisidina (meq/kg aceite vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>235</b>
<b>4.2.20</b>	Regresión de superficie de respuesta: humedad (%) b. h. vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>237</b>
<b>4.2.21</b>	Regresión de superficie de respuesta: índice de acidez o valor ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C) .....	<b>239</b>
<b>4.2.22</b>	Regresión de superficie de respuesta: acidez o contenido AGL (% ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C).....	<b>241</b>
<b>5</b>	REFERENCIAS .....	<b>244</b>



## **1. VIGILANCIA EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES Y PRODUCTOS DEL AGUACATE HASS**

Dentro del proyecto BPIN 2014000100010, “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, la Universidad del Valle propuso la actividad 2: diseñar e implementar procesos agroindustriales que generen valor agregado a los productos seleccionados con base en estándares internacionales, y desarrollar y evaluar empaques innovadores apropiados para los productos seleccionados en fresco y procesados. Esta tarea incluye, entre otras, las siguientes actividades específicas: 1) vigilancia tecnológica sobre procesos agroindustriales y productos, 2) selección de los productos procesados para desarrollar y 3) selección de los procesos.

Este documento corresponde al entregable de las actividades específicas 1, 2 y 3. Aquí se incluyen los resultados de los productos y los procesos seleccionados de acuerdo con las brechas identificadas para la cadena del aguacate Hass, tanto en fresco como procesado, y se realiza un análisis comparativo de los resultados. La vigilancia tecnológica se llevó a cabo incluyendo 4 tipos de vigilancias (competitiva, comercial, científico-tecnológica y estratégica). Con base en estas se seleccionaron los productos y procesos correspondientes a las frutas tomadas como objeto de estudio.

A partir de lo anterior, es posible entender el aumentar la vida útil del producto fresco como un reto para la exportación. En el aguacate Hass colombiano se presentan problemas de calidad cuando el producto llega a los países destino, debido a la falta de un protocolo para el almacenamiento refrigerado durante el transporte y para la maduración posterior. Esto ocasiona pérdidas económicas por disminución en el precio de compra, rechazos del producto y un bajo reconocimiento de origen. Por otra parte, el sector productivo del aguacate Hass requiere procesar los frutos que no cumplen con los estándares internacionales para la exportación como fruta fresca y los excedentes de producción.

Para responder a las situaciones presentadas, es necesario buscar alternativas de conservación y transformación que permitan aumentar la productividad y competitividad de los sectores mencionados. Se definieron los siguientes productos y procesos:

- Aguacate fresco: almacenamiento refrigerado y maduración controlada.
- Aguacate procesado: aceite de aguacate obtenido por prensado en frío.

### **1.1 Introducción**

Este documento se presenta en el marco del proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento del Valle del Cauca, Occidente”, ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, la Universidad del Valle y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), con el apoyo económico



del Sistema General de Regalías de Colombia (SGR). Este estudio se desarrolló mediante la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva con el fin de establecer una herramienta que brinde información estratégica para la toma de decisiones de los actores involucrados en el proyecto. Su objetivo principal es identificar a través de la información recopilada, procesada y analizada los productos para desarrollar, tanto frescos como procesados, y la selección de procesos para el aguacate Hass.

### **1.1.1 Aguacate Hass**

El aguacate (*Persea americana* Miller) es una fruta tropical apreciada en el mercado mundial por su contenido nutricional, por sus características organolépticas y por las diferentes opciones para su consumo en fresco y procesado.

El cultivar o variedad Hass surgió a partir de una mutación espontánea de parentales desconocidos y fue seleccionado por Rudolph G. Hass, en La Habra Heights (California). El aguacate (*Persea americana* cv. Hass) es producido en México, Indonesia, Estados Unidos, Colombia y Guatemala (Márquez *et al.*, 2014).

Después del agua, el segundo componente mayoritario del aguacate es el aceite, con un contenido de lípidos de 16,4 %, seguido por la fibra, con un contenido de 7,9 %. De los minerales se destaca el potasio con 143 mg (ICBF, 2015). El aguacate aporta prácticamente todas las vitaminas requeridas por el organismo (vitaminas A, C, D, E, K, B1, B2, B, niacina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico), es útil en el tratamiento del colesterol y la prevención de la arteriosclerosis, estimula la formación de colágeno y combate el envejecimiento. La pulpa es fuente de energía, proteínas, minerales y ayuda a restaurar los glóbulos rojos en la sangre (Bernal y Díaz, 2008; Ortega, 2003; Vivero *et al.*, 2019).

El consumo de aguacate Hass corresponde a cerca del 80 % del consumo de aguacate en el mundo. Sus frutos son de buena calidad, de tamaño mediano, con un peso promedio de 200 g y de 8 a 10 cm de largo. Su forma es ovoide periforme y tienen exocarpo rugoso de color verde que se oscurece al madurar, tornándose negro, un indicador natural de la madurez de consumo. El mesocarpio es cremoso de color amarillo con un contenido de grasa entre 17 y 21 % y con un sabor a nuez muy apreciado por los consumidores. El fruto maduro fisiológicamente se conserva bien en el árbol. La relación cáscara:semilla:pulpa es de 8,5:11,5:80 %, respectivamente (Bernal *et al.*, 2014).

El aguacate Hass se ha convertido en un fruto de importancia para el sector agrícola y económico de Colombia. En este país, se cultiva principalmente para la exportación. Gracias a las excelentes oportunidades económicas que presenta en los mercados extranjeros, su cultivo ha aumentado, impulsado por la exportación a Estados Unidos y Europa (principalmente al Reino Unido, España y los Países Bajos). Para el 2019, se estima que la



producción de aguacate Hass en Colombia fue alrededor de 60.000 t (Astudillo-Ordóñez y Rodríguez, 2018; Escobar *et al.*, 2019; Semana, 2017 y 2018; Ramírez-Gil *et al.*, 2018).

Para 2018, Colombia se ubicó como el quinto productor a nivel mundial, con una participación del 5,7 % en el mercado. Las exportaciones de aguacate Hass en los últimos años están por encima de las de otras variedades de aguacate que se producen en el país (Hernández y Fernández, 2018). En 2019, Colombia se logró posicionar en el tercer lugar a nivel mundial, registrando un 6 % del área total de cultivo en el mundo, con más de 54.000 ha. A la vez, ocupó el cuarto lugar con respecto al total de la producción mundial, 11 % del total, con más de 540.000 t (Minagricultura, 2019b).

Desde 2015, el comportamiento de las exportaciones ha mantenido una tendencia creciente, que se ha visto reflejada en un aumento del 83 % respecto a las ventas en el mercado internacional de 2015 y a las exportaciones consolidadas del 2019. A partir de 2015, la dinámica productiva y comercial ha permitido sustituir las importaciones de la fruta en fresco, y ganar participación en el mercado internacional. Debido a la demanda del producto en mercados internacionales, en los últimos 5 años, la producción de aguacate creció 89 %, como efecto combinado entre el aumento en el área cosechada (62 %) y en el rendimiento (17 %). De estas cifras, aproximadamente, el 75 % del área sembrada con aguacate corresponde a variedades de pieles verdes, criollos o antillanos, y el 25 % restante se encuentra establecido con la variedad Hass (Minagricultura, 2019a).

Por su parte, el Valle del Cauca se ha convertido en epicentro de exportación del aguacate Hass hacia los países mencionados. Empresas colombianas y extranjeras con sedes en el departamento trabajan de la mano de los pequeños productores para producir y comercializar el fruto. Actualmente, el departamento cuenta con 1800 ha de siembra ubicadas en los municipios de Roldanillo, Bolívar, Trujillo, El Cairo, Versalles y El Águila, lo que ha permitido la venta al mercado extranjero de este producto (Gutiérrez, 2019). Adicionalmente, el Valle del Cauca es el segundo departamento, junto con Caldas, líder a nivel de rendimiento por hectárea sembrada, después de Bolívar (Minagricultura, 2019a).

El aguacate Hass ha cobrado gran importancia para la industria alimenticia, ya sea como fruto fresco, como materia prima o como ingrediente para diversos productos. Entre los principales procesos derivados de aguacate para la industria alimenticia, se encuentran la elaboración de productos indulgentes, naturales y de organismo como aguacate por mitades, pulpa de aguacate (guacamoles) y aceites, además de otros alimentos que se han clasificado en la tendencia de alimentos exóticos y productos *prémium*, como las barras de chocolates, las cervezas o los helados, entre otros (Ortiz-Viedma *et al.*, 2018).

Para su comercialización, es importante retrasar la maduración con el fin de extender la vida útil de este fruto. Esto se logra reduciendo la producción de etileno y la tasa de respiración (Coorey *et al.*, 2018; Toivonen y Brummell, 2008). Algunas de las estrategias que se



emplean para extender la vida útil del aguacate y preservar su calidad son la conservación a bajas temperaturas o el uso de recubrimientos con compuestos biodegradables, naturales y bioactivos (Kim *et al.*, 2002; Tien *et al.*, 2001).

Debido a la heterogeneidad de los frutos y a la falta de control y protocolos eficientes de exportación, un significativo número de productos no cumple con la calidad de consumo, generando residuos y pérdida de valor en la cadena comercial (Amitic *et al.*, 2017; Pro-colombia, 2016). Emplear tratamientos como la congelación, refrigeración o aplicación de recubrimientos, y establecer el control de estos para determinar las condiciones que conserven la propiedades del fruto durante el transporte pueden disminuir los daños del producto generando valor a través de la obtención de protocolos que garanticen la calidad del aguacate Hass colombiano de exportación (González Cuello *et al.*, 2017; Pacific Fruits, 2018).

Entre los mayores problemas que enfrenta la producción agroindustrial de aguacate en el país, se encuentran la falta de tecnologías apropiadas, el subaprovechamiento de la materia prima y el nulo valor agregado a los productos. En este sentido, solamente existen débiles esfuerzos de procesamiento que no han permitido una agroindustria competitiva frente otras de nuestro país, ni mucho menos frente a productos importados de otros países, cuyos niveles de innovación son mucho más consistentes (Sandoval *et al.*, 2010).

De acuerdo con Minagricultura (2019), uno de los desafíos del subsector aguacatero es la generación de valor agregado que conduciría a la diversificación de mercados (por ejemplo, plantas de extracción de aceite), así como la promoción de la certificación en protocolos de trazabilidad, calidad e inocuidad para el fruto en fresco (BPA, GlobalG. A. P.).

Para mantener la calidad fisicoquímica y funcional de los productos de aguacate, es necesaria la implementación de prácticas de poscosecha efectivas y con tecnologías adecuadas, acompañadas del desarrollo de productos agroindustriales a partir de los frutos, lo cual puede contribuir a que pequeños productores se asocien como empresas. De la misma manera, se avanza en la integración en el mercado al poder ofertar volumen y calidad, generando productos de un mayor valor agregado; además, se logra una identidad del aguacate o producto procesado, destacando las cualidades y la confianza que el consumidor puede encontrar en sus productos (Sandoval *et al.*, 2010).

Por lo descrito anteriormente, esta vigilancia tecnológica se realizó con el propósito de revisar el potencial comercial, estratégico, científico-tecnológico y competitivo de aguacate Hass, en el Valle del Cauca y en el mundo, en fruta fresca y procesada.

Los resultados más relevantes obtenidos muestran que en el caso de aguacate Hass es necesario establecer protocolos para una maduración controlada durante la exportación que garantice homogeneidad de los frutos al llegar al país destino, adicionalmente la alta



demanda a nivel mundial de exportación de este fruto ha obligado a los productores a aumentar su producción, sin embargo, se genera una gran cantidad de aguacate que no reúne los requisitos para ser exportable y por lo tanto el sector aguacatero debe procesar, encontrando en el aceite un producto viable para resolver esta brecha.

## 1.2 Metodología

Se utilizó la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva como herramienta de búsqueda y análisis de los resultados para la selección de productos y procesos teniendo en cuenta las brechas identificadas.

La vigilancia tecnológica (VT) es un proceso organizado, selectivo y permanente en el que se capta información de diversa índole del exterior y de la propia organización (comercial, competitiva, tecnológica, entre otras) con el fin de seleccionarla, analizarla y difundirla, para, posteriormente, convertirla en conocimiento que facilite la toma de decisiones con menor riesgo, así como anticipar futuros cambios (norma UNE 166006, 2018). La inteligencia competitiva (IC) es un conjunto de acciones coordinadas de búsqueda, tratamiento (filtrado, clasificación, análisis), distribución, comprensión, explotación y protección de la información obtenida de modo legal, útil para los actores económicos de una organización para el desarrollo de sus estrategias individuales y colectivas (definición según norma UNE 166006:2011 Ex Gestión de la I+D+i: sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva). Esta disciplina provee insumos de información y conocimiento de frontera que permiten direccionar estratégicamente las decisiones.

Una descripción de los tipos de vigilancia realizados se esquematiza así:



**Figura 1.** Esquema de tipos de vigilancia realizados

Fuente: adaptado de Palop y Vicente (1999).

Cada tipo de vigilancia se llevó a cabo en 6 fases, como se muestra.



**Figura 2.** Fases para el procedimiento de vigilancia

Fuente: adaptado de Palop y Vicente (1999).

- En la fase 1 (delimitación y alcance) se realizó la delimitación del campo de interés y el alcance de la información a conseguir.
- En la fase 2 (búsqueda) se realizó la recopilación de información a partir de bases de datos especializadas, empleando una metodología y estrategia de búsqueda avanzada. Adicionalmente a las bases de datos se hicieron entrevistas y reuniones. En esta etapa se definieron las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda. Además, se seleccionaron y delimitaron las fuentes de información y de acceso legal.
- En la fase 3 (almacenamiento) se estructuró la información identificada. Se creó una base de datos en formato Excel (para cada tipo de vigilancia) para la extracción y clasificación de la información consultada. Además, se crearon carpetas con la información asociada a las visitas que se realizaron (no se anexan en este informe).
- En la fase 4 (procesamiento) se organizaron las bases de datos y se convirtieron en fuentes de información precisa.
- En la fase 5 (análisis) se realizó el análisis de la información. Se realizó un proceso de categorización y contextualización para cada tipo de vigilancia. La información recopilada se organizó bajo las etiquetas: argumentos, recomendaciones y estrategias propias del sector.
- En la fase 6 (depuración y validación) se depuró y validó la información para cada tipo de vigilancia. De igual manera, se identificaron tendencias y perspectivas.



A partir de la información obtenida en las vigilancias comercial, estratégica y competitiva, se realizó la selección del producto y, con la información de las vigilancias científico-tecnológica y competitiva, se realizó la selección del proceso.

Finalmente, se recopiló la información de las brechas identificadas de acuerdo con las visitas a los sectores productivos de aguacate Hass ubicados en el Valle del Cauca. Con lo cual, se realizó un análisis comparativo de acuerdo con los resultados obtenidos en este proceso.

### 1.3 Resultados

En la fase 1 (delimitación y alcance) se realizó la delimitación del campo de interés y el alcance de la información por conseguir, como se observa a continuación.

**Tabla 1.** Delimitación y alcance del estudio

<b>Objetivo general</b>	Establecer productos en fresco y procesados de aguacate Hass, y los procesos agroindustriales para su desarrollo.	
<b>Objetivos específicos</b>	<p>Recopilar información estructurada y sistemática bajo la metodología de vigilancia tecnológica.</p> <p>Evaluar la información obtenida a partir de la vigilancia tecnológica que ofrezca un panorama comercial, estratégico científico-tecnológico y competitivo de las 3 frutas estudiadas.</p> <p>Identificar brechas para la selección de un producto fresco y un producto procesado a partir de aguacate Hass, y realizar un análisis comparativo de los procesos de elaboración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilancia comercial: reseñar diferentes organizaciones (productoras, procesadoras y exportadoras) que tienen potencial en el mercado de aguacate Hass.</li> <li>• Vigilancia estratégica: identificar tendencias del mercado, teniendo en cuenta aspectos económicos, ambientales, normativos y culturales.</li> <li>• Vigilancia científico-tecnológica: identificar avances científicos y tecnológicos para los productos y procesos.</li> <li>• Vigilancia competitiva: identificar competidores actuales y potenciales nacionales e internacional.</li> </ul>
<b>Equipo de trabajo</b>	Unidad de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de la Otri, grupo de profesionales vinculados al proyecto Univalle.	
<b>Profesional</b>	Expertos en ingeniería de alimentos	

Fuente: elaboración propia.

En la fase 2 (búsqueda) se describen las fuentes de información, las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda empleadas para cada tipo de vigilancia, tal como se presentan a continuación.

**Tabla 2.** Descripción de la fase 2 para las vigilancias comercial, estratégica, científico-tecnológica y competitiva

Búsqueda de aguacate Hass	
Comercial	Fuentes de información: ProColombia-ColombiaTrade, Corpohass, VeritradeCorp, Importgenius, CBI, Trade Map, Mincomercio, Revista Dinero, LegisComex, ICA, USA GOV.
	Palabras clave
	Español: aguacate Hass, empresas exportadoras de aguacate Hass, empresas importadoras de aguacate Hass, productos de aguacate, empresas exportadoras de aceite, empresas importadoras de aceite.
	Inglés: Hass avocado, Hass avocado exporters companies, Hass avocado importers companies, oil exporters companies, oil importers companies, avocado products.
Ecuaciones de búsqueda: Compañías + hass avocado Hass avocado + products Hass avocado + exporters + companies Hass avocado + importers + companies Oil + importers + companies Oil + exporters + companies Códigos arancelarios: 080440, 1507, 1508, 1509, 1511, 1512, 1513, 2201, 2202, 3301, 1302.	
Estratégica	Fuentes de información: agronegocios, CBI (Center of the Promotions Import), Deloitte, El Colombiano, Fact.MR, Forbes, Fona, iMarc, Market Research Future, Mintel, Nielsen, Procolombia, Produce Market Guide, Portafolio, Portal Frutícola, Revista Dinero.
	Palabras clave
	Español: aguacate Hass, tendencias, productos procesados, aceite de aguacate.
	Inglés: Hass avocado, trends, processed products, avocado oil.
Ecuaciones de búsqueda: El colombiano AND aguacate Hass Dinero AND aguacate Hass Forbes AND aguacate Hass Procolombia AND aguacate Procolombia aguacate Hass avocado oil AND trends Hass avocado processed products and trends Mintel AND avocado oil Nielsen AND avocado oil avocado oil AND trends Europe	



<b>Científico- tecnológica</b>	Fuentes de información: Orbit Intelligence, Patentscope, Google, Lens, Scopus, Science Direct, Web of science, Scielo, OLX, Alibaba, Mercado Libre, Epsa, entre otras.	
	Palabras clave	<p>Español: <i>Persea americana</i> Mill, conservación, aguacate Hass, tecnológicas, procesamiento, conservación, baja temperatura, enzimas, aceite de aguacate, extracción, prensado, prensado en frío, almacenamiento postcosecha, propiedades fisicoquímicas.</p> <p>Inglés: conservation, Hass avocado, processing, conservation, low temperature, enzymes, avocado oil, extraction, pressing, cold pressing, postharvest storage, physicochemical properties.</p>
	<p>Ecuaciones de búsqueda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretreatment process + Hass Avocado</li> <li>• Cold Storage + Hass Avocado</li> <li>• Shelf Life + Hass Avocado</li> <li>• Aguacate Hass + Conservación</li> <li>• Aguacate Hass + Baja temperatura</li> <li>• (avocado hass) OR (Persea americana Mill) OR (Avocado AND Storage) OR (avocado AND postharvest) OR (Avocado AND Physicochemical properties)</li> <li>• “Aceite de Aguacate” + “prensado en frío”</li> <li>• “Aceite de Aguacate”+extracción+ Proceso</li> <li>• (TITLE-ABS-KEY (*persea americana mill) AND (TITLE-ABS-KEY (*avocado Hass))) AND (TITLE-ABS-KEY (*storage) AND (TITLE-ABS-KEY (*harvest time)))</li> <li>• (TITLE-ABS-KEY (*avocado hass) OR (TITLE-ABS-KEY (*persea americana mill))) AND (TITLE-ABS-KEY (*storage) AND (TITLE-ABS-KEY (*harvest time)))</li> <li>• (TITLE-ABS-KEY (*persea americana mill) OR (TITLE-ABS-KEY (*avocado Hass))) AND (TITLE-ABS-KEY (*storage))</li> <li>• (TITLE-ABS-KEY (*persea americana mill) OR (TITLE-ABS-KEY (*avocado Hass))) AND (TITLE-ABS-KEY (*storage) AND (TITLE-ABS-KEY (*harvest)))</li> <li>• (TITLE-ABS-KEY (*persea americana mill) AND (TITLE-ABS-KEY (*avocado hass))) AND (TITLE-ABS-KEY (*postharvest) AND (TITLE-ABS-KEY(*storage)) OR (TITLE-ABS-KEY (*physicochemical properties)))</li> <li>• “Avocado” AND “oil” AND “extraction”</li> <li>• {“Avocado “oil” AND “extraction”}</li> <li>• (ACEITE OR OIL) + (PRENSADO EN FRIO OR COLD PRESSED) + (AGUACATE HASS OR PERSEA AMERICANA)</li> <li>• (PRENSADO EN FRIO OR COLD PRESSED) + (AGUACATE HASS OR PERSEA AMERICANA)</li> <li>• (ACEITE DE AGUACATE HASS OR PERSEA AMERICANA OIL)</li> <li>• “avocado” AND “oil” AND “extraction”)/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• “avocado” AND “oil” AND “extraction” AND “cold pressed”)/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• (“avocado” AND “oil” AND “extraction” AND “cold” AND “pressed” AND “green” AND “technologies”)/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• (((“avocado” OR “persea americana”) AND “oil” AND “extraction”))/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• (((“avocado” OR “persea americana”) AND “oil” AND “extraction” AND “cold pressed”))/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• (((“avocado” OR “persea americana”) AND “oil” AND “extraction”))/TI/AB/CLMS/OBJ</li> <li>• (“avocado” AND “oil” AND “green” AND “extraction”)/TI/AB/CLMS/OBJ</li> </ul>	



	<p>Fuentes de información: CBI (Center of the Promotions Import), Market Research Intellect, El Colombiano, Portafolio, Corpohass, FreshPlaza, Mercado Libre, Amazon, Mintel, Google, entre otras.</p>				
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="410 321 784 464"> <p>Palabras clave</p> </td> <td data-bbox="784 321 1356 464"> <p>Español: aguacate, oportunidades, compañías de aguacate, precios, mejores importadores, mejores exportadores, comercialización de aguacate, aceite de aguacate, mercados, competitividad.</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="410 464 784 625"></td> <td data-bbox="784 464 1356 625"> <p>Inglés: Hass avocado, competitiveness, opportunities, avocado companies, best importers, best exporters, avocado marketing, avocado oil, markets, prices.</p> </td> </tr> </table>	<p>Palabras clave</p>	<p>Español: aguacate, oportunidades, compañías de aguacate, precios, mejores importadores, mejores exportadores, comercialización de aguacate, aceite de aguacate, mercados, competitividad.</p>		<p>Inglés: Hass avocado, competitiveness, opportunities, avocado companies, best importers, best exporters, avocado marketing, avocado oil, markets, prices.</p>
<p>Palabras clave</p>	<p>Español: aguacate, oportunidades, compañías de aguacate, precios, mejores importadores, mejores exportadores, comercialización de aguacate, aceite de aguacate, mercados, competitividad.</p>				
	<p>Inglés: Hass avocado, competitiveness, opportunities, avocado companies, best importers, best exporters, avocado marketing, avocado oil, markets, prices.</p>				
<p><b>Competitiva</b></p>	<p>Ecuaciones de búsqueda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hass avocado AND Best Importers</li> <li>• Avocado Oil AND Best Importers</li> <li>• Companies AND Hass avocado</li> <li>• Companies AND avocado oil</li> <li>• Companies AND Hass avocado AND commercialization</li> <li>• Companies AND avocado oil AND commercialization</li> <li>• avocado oil AND opportunities</li> <li>• Hass avocado AND opportunities</li> <li>• avocado oil AND commercialization AND prices</li> <li>• Hass avocado AND commercialization AND prices</li> <li>• avocado oil AND commercialization AND prices AND Europa</li> <li>• avocado oil AND commercialization AND prices AND USA</li> <li>• Companies AND Hass avocado AND markets AND Europe</li> <li>• Companies AND avocado oil AND markets AND USA</li> </ul>				
<p><b>Visita a centros de innovación y agricultores, reuniones en Ciat</b></p>	<p>Pacific Fruits International SAS Frutales Las Lajas SAS CIAT</p>				

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan las fases 3, 4, 5 y 6 del ciclo de vigilancia.

### 1.3.1 Vigilancia en procesos agroindustriales y productos

#### Vigilancia comercial

El objetivo de esta vigilancia es identificar necesidades de clientes, mercados potenciales, así como proveedores actuales del sector. Durante este proceso, se hallaron algunas organizaciones con alto potencial, entre las que se encuentran empresas productoras,



procesadoras y exportadoras, que proveen una oferta actual de productos en Colombia y el Valle del Cauca, y unos canales de distribución principales (ver figura 3).

### Producción nacional

El aguacate Hass ha ganado popularidad por su versatilidad y por sus características nutricionales, que lo han llevado a una creciente demanda mundial. Las estrategias de competitividad van encaminadas hacia el desarrollo de todos los campos de la cadena de valor relacionada con la producción y exportación de productos agrícolas, como en el caso del aguacate.

Según Minagricultura (2019), en Colombia, en el 2018, el área total sembrada de aguacate fue de 76.987 ha y se estimó que en el 2019 esta cifra aumentaría hasta 84.587 ha. Aproximadamente el 75 % del área sembrada en aguacate corresponde a variedades pieles verdes, criollos o antillanos y el 25 % restante se encuentra establecida en la variedad Hass.

Para 2018, la producción total fue de 544.941 t; de esa producción, 116.162 t correspondieron a aguacate Hass. De acuerdo con el comportamiento del mercado de aguacate, entre 2015 y 2018, se estimó que para 2019 la producción total de aguacate sería 596.814 t y la del aguacate Hass alcanzaría 148.429 t.



**Figura 3.** Cadena productiva de aguacate a 2019

Fuente: MADR (2019).

La tabla 3 presenta las principales empresas comercializadoras de aguacate Hass en Colombia.



**Tabla 3.** Empresas comercializadoras de aguacate Hass en Colombia

Empresa	Ciudad	Información de contacto	Presentación del producto	Canal de venta
 <b>Cartama</b>	Medellín, Antioquia	Dirección: carrera 33 # 7-29, edificio Blanco, oficina 402 Página web: <a href="http://www.cartama.com.co">www.cartama.com.co</a>		Página web de la empresa
 <b>Terravocado</b>	Medellín, Antioquia	Dirección: calle 24 # 60-19 Teléfono: (604) 4483772 Página web: <a href="http://www.terravocado.com">www.terravocado.com</a>		Página web de la empresa
 <b>Hass Colombia</b>	El Retiro, Antioquia	Dirección: km 1, vía El Retiro-Rionegro. Vereda Don Diego. Página web: <a href="http://www.Hass-colombia.com">www.Hass-colombia.com</a>		Página web de la empresa
 <b>Montana Fruits SAS</b>	Guarne, Antioquia	Dirección: km 23 Autopista Medellín, Bogotá Celular: (314)8615194 Correo electrónico: <a href="mailto:g.tecnica@montanafruits.com.co">g.tecnica@montanafruits.com.co</a> Página web: <a href="http://www.montanafruits.com">www.montanafruits.com</a>		Directo con la empresa
 <b>Jardin Exotics SAS</b>	Jardín, Caldas	Dirección: km 3, vía Jardín-Riosucio Teléfono: (606) 8455812 Correo electrónico: <a href="mailto:info@jardinexotics.com.co">info@jardinexotics.com.co</a> Página web: <a href="http://www.jardinexotics.com.co">www.jardinexotics.com.co</a>		Directo con la empresa
 <b>Tropical Food Center SAS</b>	Santa Rosa de Cabal, Risaralda	Dirección: calle 24 # 13-22 Celular: (310)2215817, (311)6077066 Página web: <a href="http://www.tropicalfoodcenter.com/">www.tropicalfoodcenter.com/</a>		Página web de la empresa



Empresa	Ciudad	Información de contacto	Presentación del producto	Canal de venta
 <p><b>Oro Verde SAS</b></p>	Guarne, Antioquia	Dirección: parque Industrial Rosendal, bodega 10 Teléfono: (604) 5517250 Correo electrónico: info@oroverdeHass.com Página web: www.oroverdeHass.com		Directo con la empresa
 <p><b>Cerro Prieto Colombia SAS Zomac</b></p>	Riosucio, Caldas	Dirección: carrera 5 #19-74, Avenida Fundadores Celular: (312)8335552 Página web: www.acpagro.com/		Directo con la empresa
 <p><b>Arcángel Miguel International SAS</b></p>	Tebaida, Quindío	Dirección: lugar lote 39, 40, 41, zona franca del eje cafetero. Celular: (316)3111792		Directo con la empresa
 <p><b>Westfalia Fruit Colombia SAS</b></p>	Rionegro, Antioquia	Teléfono: (604) 5301706 Correo electrónico: jflorez@westfaliafruit.com Página web: www.westfaliafruit.com		Directo con la empresa
 <p><b>Disant SAS</b></p>	Bogotá, Cundinamarca	Dirección: calle 25B # 72-80 Celular: (310)2488015		Directo con la empresa



Empresa	Ciudad	Información de contacto	Presentación del producto	Canal de venta
 <p><b>Hass Diamond</b> Company SAS</p>	<p>Dosquebradas, Risaralda</p>	<p>Dirección: calle 9 # 4A-420, bodega 10. Teléfono: (606) 3300062 Celular: (310)5357224 Correo electrónico: info@Hassdiamond.co Página web: www.hassdiamond.co</p>		<p>Directo con la empresa</p>
 <p><b>Global Hass</b> Colombia SAS</p>	<p>Marquetalia, Caldas</p>	<p>Dirección: vía Victoria, km 5. Cel: (314)6788587.</p>		<p>Directo con la empresa</p>
 <p><b>Fruty Green</b> Packing SAS</p>	<p>Medellín, Antioquia</p>	<p>Dirección: calle 3 sur # 43a-52 Cel: 3136867323 Correo electrónico: comercioexterior@ frutygreen.com Página web: www.frutygreen.com</p>		<p>Directo con la empresa</p>
 <p><b>Agrícola Ocoa</b> Colombia SAS</p>	<p>Medellín, Antioquia</p>	<p>Dirección: km 5, avenida Las palmas, piso 5, oficina 102 Tel: (4)2310483 Página web: colombochilena.com/ asociados/agricola-ocoa/ www.floresdeocoa.cl</p>		<p>Directo con la empresa</p>
 <p><b>Camposol</b> Colombia S. A.</p>	<p>Pereira, Risaralda</p>	<p>Dirección: carrera 15 #12-37, oficinas 901 y 902, edificio Torre núcleo Página web: www.camposol.com.pe/en/</p>		<p>Directo con la empresa</p>



Empresa	Ciudad	Información de contacto	Presentación del producto	Canal de venta
 <b>Colomich SAS</b>	Pereira, Risaralda	Dirección: calle 84 # 17-18, piso 2, barrio La Villa Teléfono: (6)4262237		Directo con la empresa
<b>Green Fruits Colombia SAS</b>	Bogotá, Cundinamarca	Dirección: carrera 81 B # 10F -11, BG 101 Teléfono: (1)8055077 Página web: <a href="http://www.greenfruitavocados.com/columbia/">www.greenfruitavocados.com/columbia/</a>		Directo con la empresa

Fuente: elaboración propia con base en ICA (2020) y Piedrahíta (2018). Las imágenes fueron tomadas de las páginas web de Cartama, Terravocado, Hass Colombia, Montana Fruits, Jardín Exotics, Tropical Food Center SAS, Oro Verde SAS, Cerro Prieto Colombia SAS Zomac, Arcángel Miguel Internacional SAS.

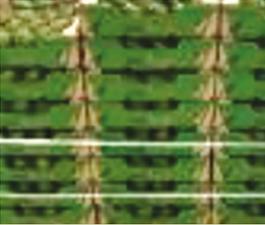
De acuerdo con cifras del Dane y el análisis de Procolombia, a junio de 2019, las exportaciones colombianas de aguacate aumentaron 37,6 % al registrar 52.900.000 USD. Este monto del primer semestre del año representó las exportaciones totales de aguacate en todo el 2017. Los principales departamentos exportadores de aguacate aumentaron sus registros en el primer semestre del año en comparación con el 2018: Antioquia lideró las ventas internacionales de esta fruta con 27.000.000 USD (aumento de 20,7 %), seguido por Risaralda con 17.500.000 USD (incremento de 88,6 %); Valle del Cauca es el tercero en la lista con 3.800.000 USD (crecimiento de 0,2 %). También Bogotá sumó 2.600.000 USD (crecimiento de 82,6 %) y Caldas con 470.505 USD (variación de 605 %) (Mincit, 2019). Todo esto se da en el marco de las grandes importaciones de Estados Unidos (41 %) y de otros lugares como Países Bajos (9 %), Francia (7 %), Alemania (5 %), España (5 %), Reino Unido (4 %), (Portal Fruticola, 2019).

El Valle del Cauca se sigue considerado como el tercer departamento exportador de aguacate del país. Además, desde el año 2015, ha aumentado la producción total de aguacate, manteniéndose en el octavo lugar, según reportes del año 2018 y la estimación del año 2019, pero en el tercero en cuanto al rendimiento de toneladas por área (Minagricultura, 2019).

En la tabla 4 se presentan las principales empresas productoras de aguacate Hass en el Valle del Cauca.



**Tabla 4.** Empresas comercializadoras de aguacate Hass en el departamento del Valle del Cauca

Empresa	Ciudad	Información	Presentación del producto	Canal de venta
 <b>Pacific Fruits SAS</b>	Palmira	Dirección: km 1, vía Aeropuerto-Rozo Teléfono: (2)3865060 Celular: (350)4336969 Correo electrónico: infopacificfruits@gmail.com Página web: www.fruitspacific.com		Directo con la empresa
 <b>FRUTALES LAS LAJAS S.A.</b> Productores-Intermediarios <b>Frutales las Lajas S. A.</b>	Zarzal	Km 1, vía Zarzal-Cartago Celular: (313)7432024 Correo electrónico: gerencia2@frutaleslajjas.com Página web: www.frutaleslajjas.com		Supermercados, minimercados y directo con la empresa
 <b>King Fruits Company SAS</b>	Acopi Yumbo	Dirección: carrera 37 # 10-303, parque industrial La Esperanza Teléfono: (602) 572 9073 Correo electrónico: info@kingfruits.com.co Página web: www.kingfruits.com.co		Directo con la empresa
<b>Jupiter Marketing SAS</b>	Cali	Dirección: carrera 121 # 10-45, casa 4, parcelacion La Umbría Teléfono: (2)4858228		Directo con la empresa
<b>Tierra de Aguacates SAS</b>	Cali	Dirección: calle 12 A # 50-110, Santa Anita Teléfono: (2)3822011		Directo con la empresa
<b>Avo Hass Colombia SAS</b>	Palmira	Dirección: calle 30 # 27-70, oficina 401 Teléfono: (2)2874483		Directo con la empresa

Fuente: elaboración propia con base en The Bogotá Post (2020), Frutales las Lajas S. A.(s.f.), Kingsfruits Company SAS (s.f), Fresh Plaza (2014), Colombia.com (2019).



## Industrialización

El aguacate Hass se consume principalmente en su forma natural, ya sea en rebanadas, en pulpa para ensaladas o como acompañante de algún plato. Por sus características nutricionales ha ganado popularidad y se ha convertido en materia prima de preparaciones derivadas. Se procesa para producir pulpas y guacamole, además de productos sofisticados como mantequilla y aceite, este último es el que ha demostrado mayor popularidad en los mercados extranjeros.

En la tabla 5 se presentan algunas empresas productoras de diversos derivados de aguacate Hass como aceite de aguacate, guacamole y pulpa.

**Tabla 5.** Empresas productoras de derivados de aguacate Hass en Colombia

Empresa	Ciudad	Información	Producto	PVP	Canal de venta
 terravocado <b>Terravocado</b>	Medellín, Antioquia	Dirección: calle 24 # 60-19 Teléfono: (604) 448 3772	 Aceite de aguacate	-	Página web de la empresa
 terravocado <b>Terravocado</b>	Medellín, Antioquia	Dirección: calle 24 # 60-19 Teléfono: 4483772	 Pulpa de aguacate	-	Página web de la empresa
 <b>Taconacho</b> Tex-Mex Nuovo Alimentos SAS	Bello, Antioquia	Dirección: Avenida 10 diagonal 52-80 Centro empresarial Nortiko, bodega 3 Teléfono: (604) 4480134	 Guacamole	6690 COP 1,71 USD	Supermercado
 team <b>Team Foods</b>	Bogotá D. C., Cundinamarca	Dirección: carrera 11 # 84-09, edificio Torre Amadeus, piso 4 Teléfono: (601)6515700	 Aceite de aguacate (importado)	35.900 33.604 COP 8,47 USD	Supermercado



<p><b>Pascuita Food Solutions Ltda.</b></p>	<p>Bogotá D. C., Cundinamarca</p>	<p>Dirección: calle 75 # 71B-11 Teléfono: (601)5470441 Correo electrónico: pascuita14@hotmail.com</p>	 <p>Guacamole sin aji</p>	<p>10.980 COP 5,37 USD</p>	<p>Supermercado</p>
 <p><b>Zafran Griffith Foods SAS</b></p>	<p>Medellín, Antioquia</p>	<p>Dirección: carrera 52 # 14-30, local 110, Centro Empresarial Olaya Herrera, Medellín, Antioquia Teléfono: (4)2650461</p>	 <p>Guacamole</p>	<p>4400 COP 1,13 USD</p>	<p>Supermercado y tienda virtual</p>
 <p><b>Smart Cooking</b></p>	<p>Envigado, Antioquia</p>	<p>Dirección: calle 37 sur # 28C-60 Teléfono: (604) 276 6196 Correo electrónico: contacto@smartcooking.com.co</p>	 <p>Aceite de aguacate</p>	<p>29.500 COP 7,55 USD</p>	<p>Supermercado Exportado a Corea del Sur</p>
 <p><b>Juancamole C. I. Castaño y Hoyos SAS</b></p>	<p>Pereira, Risaralda</p>	<p>Dirección: carrera 12 # 13E-48 Teléfono: (604) 3314150</p>	 <p>Guacamole</p>	<p>3050 COP 0,78 USD</p>	<p>Supermercado</p>
 <p><b>La Simona SAS</b></p>	<p>Dosquebradas, Risaralda</p>	<p>Dirección: calle 40 # 29-74 Celular: (300)6030948</p>	 <p>Aceite de aguacate</p>	<p>20.000 COP 5,12 USD</p>	<p>Tienda virtual de la empresa</p>
 <p><b>San Gregorio</b></p>	<p>Bogotá D. C., Cundinamarca</p>	<p>Dirección: calle 64G # 89A-79 Teléfono: (1)2237624</p>	 <p>Pulpa de aguacate Hass</p>	<p>-</p>	<p>Página web de la empresa</p>

Fuente: elaboración propia con base en la información recolectada en las páginas web de Terravocado, Taconacho, Teams Foods, Comershopapp, Zafran, Smart Cooking, Juancamole, Tierracol y San Gregorio.



En el caso del Valle del Cauca, el aguacate Hass se comercializa principalmente en fresco, y la mayoría de la producción se destina a la exportación. En la tabla 6 se presentan las empresas vallecaucanas que ofrecen productos procesados derivados del aguacate Hass. Se evidencia el guacamole como el producto principal en procesamiento. De acuerdo con lo anterior, aprovechar nuevas opciones de elaboración, como la extracción de aceite, entre otros, para ampliar la oferta hacia los mercados nacional y extranjero es una oportunidad para los productores y empresarios.

**Tabla 6.** Empresas productoras de derivados de aguacate Hass en el Valle del Cauca

Empresa	Ciudad	Información	Producto	PVP	Canal de venta
 Koba Colombia SAS	Yumbo	Dirección: carrera 20 # 12-101, esquina, Callejón Anchicayá, Cencar	 Guacamole	2990 COP 0,77 USD	Tiendas D1
 K-Listo	Yumbo	Dirección: carrera 36 # 1-287 Teléfono: (602) 3798225	 Ají, guacamole	9550 COP 2,44 USD	Supermercado
 Puerto Coco	Cali	Dirección: calle 9 # 51-58 Celular: (310)5349725	 Helados de aguacate	-	Tienda

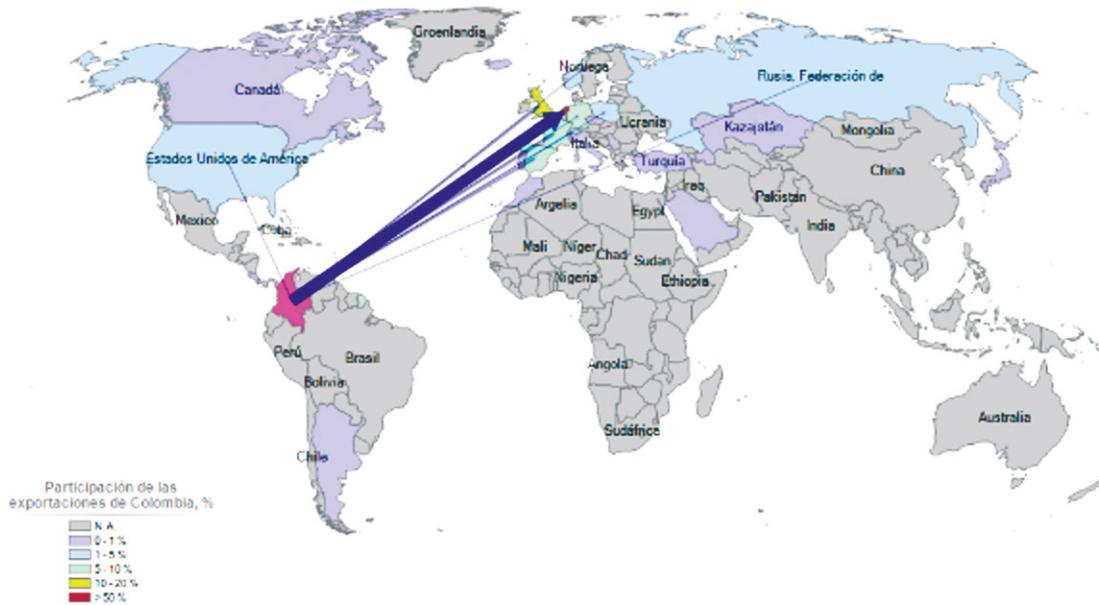
Fuente: elaboración propia elaboración propia con base en la información recolectada en las páginas web de Comershopapp y K-listo.

### Exportaciones de aguacate fresco

En Colombia, el aguacate variedad Hass se cultiva principalmente para la exportación. Gracias a las excelentes oportunidades económicas que presenta en los mercados de, por ejemplo, Países Bajos, Reino Unido, España y Estados Unidos, su cultivo en el país ha aumentado (Astudillo-Ordóñez y Rodríguez, 2018; Ramírez-Gil *et al.*, 2018).



Los principales países importadores de aguacate colombiano (ver figura 4) se encuentran en Europa, como los Países Bajos, que importa 28.682 t, lo que corresponde a una participación de las exportaciones para Colombia de 51,4 %. Este se encuentra seguido por Reino Unido (7135 t y 10,4 %), Francia (5836 t y 9,7 %), España (6739 t y 8,8 %) y Noruega (1168 t y 2,9 %).



**Figura 4.** Principales países importadores de aguacate Hass fresco o seco

Fuente: Trade Map (2020).

También se encontró que Estados Unidos importó 1602 t de aguacate, teniendo una participación de las exportaciones para Colombia de 2,2 % (ver tabla 7).

**Tabla 7.** Principales mercados importadores de aguacate fresco o seco, exportado por Colombia en 2019

Importadores	Cantidad exportada en 2019 (t)	Participación de las exportaciones para Colombia (%)
Países Bajos	28.682	51,4
Reino Unido	7135	10,4
Francia	5836	9,7
España	6739	8,8
Alemania	3339	6,1
Noruega	1168	2,9
Rusia	1394	2,4
Estados Unidos	1602	2,2
Polonia	737	1,4
Suiza	539	1,1



Importadores	Cantidad exportada en 2019 (t)	Participación de las exportaciones para Colombia (%)
Arabia Saudita	436	0,8
Bélgica	398	0,7
Costa Rica	305	0,5
República Checa	231	0,4
Canadá	342	0,4
Aruba	281	0,3
Portugal	93	0,1
Argentina	105	0,1
Islandia	45	0,1
Serbia	35	0,1
Italia	22	0
Turquía	107	0
Japón	18	0
Marruecos	45	0

Fuente: TradeMap (2020).

Colombia cuenta con más de 25 empresas que se dedican a la exportación y comercialización de aguacate de variedad Hass. La tabla 8 presenta las empresas exportadoras de aguacate colombiano y los destinos de exportación, principalmente el continente europeo y Estados Unidos.

Las empresas que se destacan en este campo son listadas a continuación. En primer lugar, se encuentra Cartama, con 6271 t de fruta exportada a países como Reino Unido, Países Bajos y España. Este es un grupo de empresas colombianas que cultiva y comercializa Aguacate Hass a nivel internacional y cuenta con unidades productivas en diferentes zonas de Colombia (Cartama, 2020).

Por su parte, Westfalia Fruit, como proveedor multinacional líder de fruta fresca y productos relacionados para los mercados internacionales, cuenta con fincas de aguacate. Esta empresa, con 5437 t de fruta exportada, se ha convertido en uno de los principales proveedores tanto para clientes minoristas como mayoristas en Europa (Reino Unido, España y Países Bajos). También lo ha hecho para América del Norte, América Latina (Westfalia Fruit, 2020).

La Asociación de Productores de Aguacate “Hass Colombia SAT” es una sociedad agrícola constituida por productores de aguacate de diversas partes del país. Esta cuenta con 50 asociados y más de 100 productores aliados. Además, ha realizado exportaciones por 3421 t a Reino Unido, Países Bajos y Bélgica.



En el Valle del Cauca existen 3 plantas empacadoras: Pacific Fruits, en Palmira; Frutales Las Lajas, en Zarzal; y King Fruit, en Yumbo. Desde el Gobierno departamental se viene concientizando a dichas empresas y a agricultores de que deben buscar altas producciones por hectárea, a través del manejo de buenas prácticas agrícolas (BPA) en los cultivos, del cuidado y protección de fuentes hídricas y áreas de protección ambiental, del uso de polinizadores naturales (abejas), del uso de microorganismos eficientes, protección y conservación del suelo, buscando una agricultura limpia, orgánica y biodinámica (Corpohass, 2019).

Pacific Fruits es una empresa exportadora de frutas provenientes de 14 departamentos de Colombia, cuyo mercado principal es Europa, que representa una participación de 1449 t de fruta exportada. Esta empresa espera exportar aguacates al Medio Oriente y Asia; además, indica que Estados Unidos es el principal consumidor de aguacate Hass en el mundo y su comportamiento de consumo es muy dinámico en todo el año (González, 2018).



**Tabla 8.** Empresas colombianas exportadoras de aguacate Hass fresco

Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto
					Empresa	País	
 Avofruit SAS (Cartama)	6271	23	13.674.104	26	Mack Multiples	Reino Unido	Dirección: carrera 33 # 7-29, edificio Bianco, oficina 402 Medellín, Antioquia
					HL Hall International Ltda.	Reino Unido	
					The Avocado Company	Reino Unido	
					Nature's Pride BV	Países Bajos	
					Cultivar SAU	España	
 Westfalia Fruit Colombia SAS	5437	20	10.682.582	20	Cool Control	Países Bajos	Correo electrónico: jflorez@westfaliafruit.com Teléfono: (604)5301706
					Straytest Import Export Services BV	Países Bajos	
					Greencell Ltda.	Reino Unido	
					Norte Tropicales SL	España	
					González Gaggero SL	España	
					Total Produce Direct BV	Países Bajos	
 Asoc. de productores de aguacate Hass Colombia SAT (Hass Colombia)	3421	13	6.066.418	12	Cobana Gmbh & Co. KG	Países Bajos	Dirección: km 1, vía El Retiro- Rionegro, vereda Don Diego, El Retiro, Antioquia
					Oxford Fruit Company Ltda.	Reino Unido	
					Halls BV	Bélgica	
					Total Exotic Direct BV	Bélgica	
					Q. P. I. B. V.	Países Bajos	
					Jogchem van der Houtweg 33 NL-2678 HA	Países Bajos	
 Jardín Exotics SAS	2050	8	3.982.980	8	Exo-Fresh GMBH	Alemania	Dirección: km 3, vía Jardín-Riosucio, Jardín, Caldas Correo electrónico: info@jardinexotics.com.co Tel: (606)8455812
					Oxford Fruit Company Ltda.	Reino Unido	
					Mc Garlet SRL Quality Total Produce	Italia	



Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto
					Empresa	País	
 <b>Fruty Green SAS</b>	1753	7	3.248.825	6	Index Fresh, Inc.	Estados Unidos	Dirección: calle 3 sur # 43a-52. Medellín, Antioquia Celular: (313)6867323 Correo electrónico: comercioexterior@frutygreen.com
					Graziani Roberto E. F. Lli. y C. SAS	Italia	
 <b>C. I. FLP Colombia SAS</b>	1709	6	3.494.586	6	Joes Company Inc.	Estados Unidos	Dir: carrera 7 # 76-35, oficina 502b Bogotá, Cundinamarca Teléfono: (601)6942636 Correo electrónico: dabuchar@flp.co
					Grupo de Comerciantes Agro	Puerto Rico	
					Fesa UK Ltda.	Puerto Rico	
					Total Exotics BV	Puerto Rico	
 <b>Pacific Fruits International SAS</b>	1449	5	3.200.761	6	Nature's Pride BV,	Países Bajos	Dirección: km 1, vía Aeropuerto-Rozo, Palmira, Valle del Cauca Tel: (602)3865060 Celular: (350)4336969 Correo electrónico: infopacificfruits@gmail.com
					Commercial Fruits	Países Bajos	
					Reyes Gutiérrez SL	España	
					Arc Eurobanan	España	
					Jose Luis Montosa SL B-29663911	España	
 <b>Green West SAS</b>	871	3	1.382.448	6	Krown Produce, Inc.	Estados Unidos	Dirección: km 21, autopista Medellín-Bogotá, Centro Empresarial Hamburgo, bodega 2 Guarne, Antioquia Teléfono: (604)5677190 Correo electrónico: info@greenwest.co
					Erfruco Foods, Inc.	Estados Unidos	
					Bestgreen Ind. Co. Ltda.	Estados Unidos	
					Natural Tropic SL	España	
					Jose Luis Montosa SL	España	
					Exp. Group SL	Estados Unidos	
Brooks Tropicals LLC	Estados Unidos						
J & C Tropicals	Estados Unidos						
<b>Fresh Teruma SAS</b>	403	1	451.353	3	Natural Tropic SL	España	Dirección: calle 90 # 19-41, oficina 801 Bogotá, Cundinamarca Teléfono: (1)7449566
					Exp. Group SL	Estados Unidos	
					Brooks Tropicals LLC	Estados Unidos	
					J & C Tropicals	Estados Unidos	



Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto					
					Empresa	País						
 Zaboka SAS	347	1	568.952	1	Jose Luis Montosa SL	España	Dirección: carrera 48 # 101 sur-401 La Estrella, Antioquia Celular: (317)6432070 (312)8660315					
					Van Den Bos, Freshpartners	Países Bajos						
					HL Hall International Ltd.	Reino Unido						
					George Helfer S. A.	Francia						
					Asica Group AB.	Belgica						
					Total Produce BV	Países Bajos						
C. I. F&P Trading SAS	320	1	618.057	1	Natural Tropic SL	España	Dirección: carrera 22 # 118-32, apartamento 402 Bogotá, D.C. Calle 26 # 96J-66, edificio Optimus P5					
					Arc Eurobanan SL	España						
					Trade Biotropic SL	España						
					Marjaba Import & Export	Estados Unidos						
					Van der Lans International BV	Países Bajos						
					Gerrit Van Der Veenlaan 18 3743 DN Baarn The Netherlands	Países Bajos						
 Zaboka SAS	282	1	537.943	1	Colofrut S. A.	Costa Rica	Dirección: carrera 30 # 32-30 Urrao, Antioquia Celular: (311)6125945 (321)5802053 Correo electrónico: zabokasas@gmail.com					
					Calle Camino de Algarrobo 87 CP 29700	España						
					Bioalgarrobo SL	España						
					 Tropic Organic Colombia SAS	277		1	329.462	1	Torres Tropical BV	Países Bajos



Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto
					Empresa	País	
 Hasspacol SAS	263	1	272.505	1	Greenyard Fresh France SAS	Francia	Dirección: calle 22 sur # 40-62, apartamento 405 Envigado, Antioquia Celular: (321)3787935
					Univeg Katope France	Francia	
					Greenyard Fresh (UK) Ltda.	Reino Unido	
					Greenyard Fresh Germany GMBH	Alemania	
					20371 Irvine Ave, Suite 200, Newport Beach, CA 92660	Estados Unidos	
					Arc Eurobanan SL	España	
 Verd Fruit SAS	255	1	541.973	1	Jose Luis Montosa SL	España	Sede Central Dirección: calle 27 sur # 27B-34, torre 1, oficina 1804 Envigado, Antioquia verdfruits@verdfruits.com Dirección: km 21, vía Riosucio-Anserma, vereda Betania, Finca Sant Q Hass San Clemente, Risaralda
					Tropical Millenium SL	España	
					HL Halls International Ltda.	Paises Bajos	
					Rover Fruit BV	Paises Bajos	
					Natural Tropic SL	España	
					Armanix Marble Chips SL	España	
 King Fruits Company SAS	244	1	441.397	1	Van Der Lans International B.V.	Reino Unido	Dirección: carrera 37 # 10-303, Parque Industrial La Esperanza, Acopi Yumbo, Valle del Cauca Celular: (304)5729073 Correo electrónico: info@kingfruits.com.co
					Greenyard Fresh France S.A.S.	Reino Unido	
					Kalamary Fresh Products Llc	Estados Unidos	



Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto
					Empresa	País	
 Hass Diamond Company SAS	202	1	450.814	1	HL Hall (Interanational) Limited	Países Bajos	Dirección: calle 9 # 4a-420, bodega 10. Dosquebradas, Risaralda Teléfono: (606)3300062 Celular: (310)5357224 info@hassdiamond.co
					Greenyard Fresh France SAS	Países Bajos	
					Roveg Fruit BV	Países Bajos	
					Green Yard Fresh (UK) Ltda.	Países Bajos	
					HL Hall International Ltda.	Reino Unido	
 Avocados From Colombia SAS	182	1	620187	1	Jaberpak California, Inc.	Estados Unidos	Pácora, Caldas gerencia@avocate.com.co
					Midi Caraibes	Martinica	
 Frutales Las Lajas S. A.	152	1	239.767	0	Eporifrutas S. A.	Portugal	Dirección: km 1, vía Zarzal-Cartago, Zarzal, Valle de Cauca Correo electrónico: gerencia@frutaleslajas.com Celular: (313)7432024
					Marco Antonio Lefmil Muñoz	Chile	
					Jose Luis Montosa SL	España	
					Ecopacific Empresa Comercial del Pacífico S. A.	Ecuador	



Exportador	Cantidad (t)	%	FOB (USD)	%	Principales clientes		Información de contacto
					Empresa	País	
 <b>Esmeralda Quality Fruit SAS</b> (Oro Verde SAS)	150	1	252.544	0	Custom Pak Brokerage LLC	Estados Unidos	Dirección: km 23, vía Medellín-Bogotá, Parque Industrial Rosendal, bodega 10, Packing House Aguacate Hass. Teléfono: (604)690955 Teléfono: 3148655 Correo electrónico: msoto@esmeraldaqualityfruit.com info@oroverdehass.com
					Fresh and Healthy Foods, Inc.	Estados Unidos	
					Vision Import Group LLC	Estados Unidos	
					Pasto Verde, Inc.	Estados Unidos	
 <b>Frugol Zomac SAS</b>	147	1	241.512	0	Frutas Rafael Manzano e hijos SL	España	Medellín, Colombia Celular: (317)6550984 Correo electrónico: gerencia@frugol.com.co
					Manag Frutas Tropicales SL	España	
					Natural Tropic	España	
					Inversiones Lopez Londoño SL	España	
 <b>Nativa Produce SAS</b>	87	0	152.302	0	Calle Juan Gris 20 297	España	Dirección: km 5,5, vía Siberia-Cota, Sector La Gioconda, vereda Roza Cota, Cundinamarca Correo electrónico: dario.cano@nativaproduce.com.co Celular: (320)2834960
					Barnier Sarl	Países Bajos	
					Quality Produce International NL	Países Bajos	
					806993650b1	Países Bajos	
<b>MP Impex Colombia SAS</b>	84	0	182.554	0	Exo-Fresh GMBH	Alemania	Bogotá-Cundinamarca Cel: 3106493535 markus-pesenacker@mp-impex.com
					Barnier Sarl Eori	Francia	
					FR40790775700048	Francia	
					Four Seasons Fruit Supply BV	Países Bajos	
<b>Natural Farms SAS</b>	79	0	120.808	0	Gebroken Meeldijk 66, 2991 VD Barendrecht	Países Bajos	Dirección: carrera 112 F # 81-55, casa 10 Bogotá, Cundinamarca Celular: (313)8102845 wilson.carrillo@naturalfarms.com.co
					VeriTrade, ImportGenius	Países Bajos	

Fuente: elaboración propia con base en datos reportados en el semestre enero-junio de 2019 por Dane-Dian en la Revista Corpohass, ICA (2020), TradeMap (2020), ImportGenius (2020) y VeriTradeCorp (2020).



Para garantizar la distribución adecuada de la fruta fresca desde Colombia hacia el país destino, Procolombia tiene establecido los canales de distribución. En la tabla 9 se muestran estos canales de distribución y los países que presentan mayor importación de aguacate Hass<sup>1</sup>.

**Tabla 9.** Canales de distribución aguacate Hass fresco

País	Canal de distribución
<p><b>Unión Europea</b></p>  <p>Países Bajos</p>  <p>Reino Unido</p>	<p>El canal de distribución para frutas exóticas de la Unión Europea cuenta con un sistema que se basa principalmente en grandes importadores y agentes que se encargan de comprar la fruta a los productores directamente y de distribuirla en el mercado hacia supermercados, mayoristas y minoristas (tiendas especializadas, centros de distribución local, restaurantes y hoteles).</p> <p>Se debe tener en cuenta que los distribuidores se encargan de otras labores asociadas a la distribución del producto, como la maduración o la preparación de la mercancía para la exportación a otros países. Respecto al tema de precios se deben analizar varios factores; por ejemplo, el precio de las frutas exóticas es inversamente proporcional a su participación en el mercado. Las frutas más conocidas tienen un precio bajo y las menos conocidas un precio alto.</p> <p>Más información:  <a href="https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/paises-bajos-aguacate">https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/paises-bajos-aguacate</a>  <a href="https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/reino-unido-aguacate">https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/reino-unido-aguacate</a></p>
 <p>Estados Unidos</p>	<p>El canal que se recomienda para la exportación de aguacates a Estados Unidos es el de de agentes. Este es el canal más usado para grandes cadenas minoristas que compran al por mayor.</p> <p>En algunos casos, los <i>brokers</i> también se vuelven una alternativa para lograr ingresar de manera efectiva al mercado estadounidense. Estos actúan como representantes de los productores o fabricantes de los alimentos en el mercado y facilitan las ventas con los minoristas. Estos agentes actúan solo como intermediarios, por lo que no toman posesión de la mercancía y, a diferencia de los distribuidores, generalmente se especializan en una categoría de producto.</p> <p>Más información:  <a href="https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/estados-unidos-aguacate">https://www.colombiatrader.com.co/oportunidades-de-negocio/estados-unidos-aguacate</a></p>

Fuente: Procolombia (2020).

1 Entregable de la actividad 1. Primer entregable (actividades específicas 1 y 2) por parte de la Universidad del Valle a la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, el 5 de mayo de 2020, titulado *Vigilancia tecnológica y revisión de estándares internacionales para Aguacate Hass (Persea americana) en el marco del proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente.*



Se debe tener en cuenta que el aguacate Hass se debe manejar entre 5 y 7 °C, por lo que se debe contar con canales capaces de mantener la cadena de frío durante la distribución (Portafolio, 2020).

### Exportaciones de productos procesados a partir de aguacate

En la tabla 10 se muestran algunos productos importantes, como aceites vegetales, bebidas y saborizantes y extractos, los países importadores y su valor exportado (Cámara de Comercio de Cali, 2017). El segmento de aceites vegetales fue el que presentó mayor valor de exportación. Además, los países importadores de estos productos son algunos países a los que también se exporta el aguacate Hass fresco. Es importante resaltar que el componente mayoritario del aguacate, después del agua es el aceite, el cual en la variedad Hass está en mayor contenido que en otros cultivares. Esto significa un gran potencial en este segmento de productos procesados, como saborizantes, aceites y bebidas, entre otros.

**Tabla 10.** Importaciones y valor exportado de aceites vegetales, bebidas y saborizantes y extractos en 2018

Segmento	Código arancelario	Productos	Importadores	Valor exportado en 2018 (miles USD)
Aceites vegetales	1507	Aceite de soja (soya) y sus fracciones, incluso refinado, pero sin modificar químicamente.	Ecuador	33.760
			Venezuela	29.731
			Panamá	3055
			Estados Unidos	759
	1509	Aceite de oliva y sus fracciones, incluso refinado, pero sin modificar químicamente.	Ecuador	1
			Chile	1
	1511	Aceite de palma y sus fracciones, incluso refinado, pero sin modificar químicamente.	Países Bajos	446.216
			Brasil	162.455
			España	76.241
			México	63.424
			Alemania	45.373
	1513	Aceites de coco (de copra), de almendra de palma o de babasú, y sus fracciones, incluso refinados, pero sin modificar químicamente.	Países Bajos	85.270
			Brasil	35.742
			Argentina	14.659
			Alemania	9633
			Italia	7464
	1515	Las demás grasas y aceites vegetales fijos (incluido el aceite de jojoba) y sus fracciones, incluso refinados, pero sin modificar químicamente.	Ecuador	832
			Alemania	467
			Estados Unidos	106
			Brasil	87
Reino Unido			75	



Segmento	Código arancelario	Productos	Importadores	Valor exportado en 2018 (miles USD)
Bebidas	2201	Agua, incluidas el agua mineral natural o artificial y la gaseada, sin adición de azúcar u otro edulcorante ni aromatizada; hielo y nieve.	Curaçao	227
			Panamá	58
			España	11
			Chile	11
			México	6
	2202	Agua, incluidas el agua mineral y la gaseada, con adición de azúcar u otro edulcorante o aromatizada, y demás bebidas no alcohólicas, excepto los jugos de frutas u otros frutos u hortalizas de la partida 2009.	Ecuador	16.638
			Estados Unidos	7533
			España	3091
			Venezuela	1749
			Aruba	898
Saborizantes y extractos	3301	Aceites esenciales (desterpenados o no), incluidos los “concretos” o “absolutos”; resinoides; oleorresinas de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias análogas obtenidas por enflorado o maceración; subproductos terpénicos residuales de la desterpenación de los aceites esenciales; destilados acuosos aromáticos y disoluciones acuosas de aceites esenciales.	Ecuador	279
			Japón	94
			México	71
			Curazao	32
			Perú	25
	1302	Jugos y extractos vegetales; materias pécticas, pectinatos y pectatos; agar-agar y demás mucílagos y espesantes derivados de los vegetales, incluso modificados.	Ecuador	993
			Austria	648
			México	179
			Perú	44
			Brasil	41

Fuente: Cámara de Comercio (2020) y TradeMap (2020).

### Aceite vegetal de aguacate Hass

Para la selección de los códigos arancelarios, debido a que no existe uno específico, se tuvieron en cuenta los códigos de los aceites vegetales presentados en la tabla 10, pues presentan características similares a las de aguacate, como es el caso del aceite de palma. El aceite de palma es el producto de este segmento que presenta más exportaciones, y entre los principales destinos se encuentran Alemania, Países Bajos, Estados Unidos y Ecuador (ver figura 5).



**Figura 5.** Principales países importadores de aceite de palma y sus fracciones, incluso refinado, pero sin modificar químicamente

Fuente: TradeMap (2020).

Según Procolombia (2019), se han identificado oportunidades de negocio en los mercados del mundo para los aceites vegetales colombianos, por los efectos positivos del producto. En la tabla 11 se presentan algunas de las empresas más relevantes en la exportación de aceite vegetal en Colombia. Los principales destinos de comercialización de dichas empresas son Estados Unidos, Países Bajos y México. Es importante destacar que en Estados Unidos los productos innovadores y saludables conquistan cada vez más el mercado. En cuanto a las ventas del año 2018, los consumidores compraron un total de 3.677.000.000 USD en aceites vegetales y el crecimiento de las ventas de los últimos 5 años fue de 5,7 % (Procolombia, 2019a).

En Holanda, los consumidores están dispuestos a invertir más en productos de alta calidad, sostenibles y que mejoren su salud. En 2018 las ventas de aceites vegetales alcanzaron los 177.000.000 USD, y las proyecciones de las ventas para los próximos 5 años es de 2,6 % (Procolombia, 2019).

También el mercado mexicano llama la atención, teniendo en cuenta que las ventas de aceites vegetales del año 2018 alcanzaron un total de 1.513.000.000 USD, y que el crecimiento de las ventas de los últimos 5 años fue del 30 % (Procolombia, 2019).

Entre las compañías exportadoras de aceites vegetales, se destacan CI Atlantic Global Trading SAS, CI Tequendama SAS y CI Biocosta S.A., empresas que se dedican a la exportación de aceite de palma.



Por su parte, la empresa antioqueña Smart Cooking es la primera empresa colombiana en realizar exportaciones de un aceite verde, graso y saludable, elaborado a base de aguacate, hacia Corea del Sur. El producto es comercializado por Hyundai Green Food, la división del servicio de comidas del Grupo Hyundai, Department Store Group. Según lo reportado por el Gerente Comercial de la Compañía, el proceso de exportación se realizó en conjunto con Procolombia, por solicitud del Corea del Sur (Peláez, 2020).

Lo anterior es coherente con lo reportado por Bolívar y Lasso (2019), quienes afirman que el aceite de aguacate Hass producido en Colombia es un producto que cumple con las condiciones necesarias para participar en el mercado internacional. Además, contribuye a impulsar su competencia para que Colombia pueda ubicarse en la lista de los mayores productores y exportadores en la región, y así aportar significativamente al desarrollo de la economía del país.

**Tabla 11.** Empresas exportadoras de aceite vegetal

Exportador	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Principales clientes		Información de contacto
			Empresa	País	
 C.I. ATLANTIC GLOBAL TRADING SAS CI Atlantic Global Trading SAS	105.200	94.890	Green Oil Group Inc.	Panamá	Dirección: calle 140 # 10A-48, oficina 411 Bogotá Teléfono: (1)9262054
			Masivo Comercializadora SAC	Ecuador	
			Inversiones Comerciales Pihersa CA	Venezuela	
			Calle Los Canarios N.º 154 URB San Cesar	Ecuador	
			Expoimcoplast CA	Venezuela	
 C.I. TEQUENDAMA S.A.S. CI Tequendama SAS	20.130	17.714	Daabon Organic USA Inc.	Estados Unidos	Dirección: carrera 1C # 22-58 Santa Marta, Magdalena Teléfono: (5)4328120
			International Sugars Inc.	Estados Unidos	
			Daabon Organic Japan Co. Ltda.	Estados Unidos	
			Daabon Deutschland GMBH	Estados Unidos	
			Lotte Foods Co. Ltda.	Estados Unidos	



Exportador	Cantidad (kg)	FOB (USD)	Principales clientes		Información de contacto
			Empresa	País	
 CI Biocosta S. A.	9.998.308	4.879.174	Wilmar Europe Trading BV	Alemania	Dirección: carrera 1C # 22-58, edificio Bahía Centro, oficina 1201 Santa Marta, Magdalena Teléfono: (605)4314068
			Cargill de México SA de cv	México	
			Cargill BV Hardings Divisie.	Países Bajos	
			Industrializadora Oleofinos SA de cv	México	
			Golden Agri International Pte. Ltda.	España	
 CI Acepalma S. A.	6.419.705	3.909.600	Pasternak Baum and Co. Inc.	Brasil	Dirección: calle 90 # 19-41, Bogotá, Cundinamarca Teléfono: (1)3171387
			Cargill BV	Países Bajos	
			Wilmar Europe Trading BV	Países Bajos	
			La Fabril C por A	República Dominicana	
			M. Días Branco SA Ind. E. Com. de Alimentos	Brasil	
 Cargill de Colombia Ltda.	8.496.358	5.344.209	Cargill BV Hardings Divisie	Países Bajos	Apartado aéreo 5276 Bogotá, Colombia Loc.: carrera 7 # 72-13, piso 3 Teléfono: (1)3221970-74 Fax: (1)2174711
			Cargill de México SA de cv	México	
			Cargill BV Hardings Divisie	Países Bajos	
			Industrializadora Oleofinos SA de cv	México	
			Cargill Americas Inc.	México	
 Smart Cooking	-	-	Hyundai Green Food	Corea del Sur	Dirección: calle 37 sur # 28C-60 Envigado, Antioquia Teléfono: (604)2766196 contacto@smartcooking.com.co

Fuente: elaboración propia con base en datos de TradeMap (2020), ImportGenius (2020), y VeriTradeCorp (2020).

Para el caso de alimentos procesados que ingresan a los Estados Unidos, se debe contar con un agente responsable de las comunicaciones entre los distribuidores y la fábrica procesadora en Colombia. Además, se debe verificar el cumplimiento de la Ley de Bioterrorismo: esta ley fue sancionada luego de los atentados del 11 de septiembre del 2001 y de los requisitos



de inocuidad con las buenas prácticas de manufactura (*good manufacturing practices*) que se encuentran establecidas en el título 21 parte 110 del Código de Regulaciones Federales y establece los requisitos de higiene y manipulación de los alimentos (Legiscomex, 2020).

Más información en: <https://www.usa.gov/import-export>

En la Unión Europea la distribución se realiza generalmente a través de los mayoristas, es decir, superficies que realizan pedidos grandes para abastecerse en un periodo de tiempo determinado. La figura del importador-minorista no es muy frecuente, dado que estos últimos acostumbran a solicitar pedidos pequeños a bajos precios y con franjas de tiempo muy cortas. La industria alimenticia es un canal de distribución que se encuentra en auge en la Unión Europea. Esta industria es una gran compradora de ingredientes para la producción de alimentos y, aunque se abastecen principalmente del mercado local, algunas realizan importaciones directas con los productores para eliminar la intermediación (Proexport, 2012). En todos los casos se recomienda consultar la Ruta Exportadora de Procolombia.

Más información: <https://ruta-exportadora.procolombia.co/>

### Vigilancia estratégica

El objetivo de esta vigilancia es identificar aspectos económicos, ambientales, normativos, culturales y tendencias del mercado potencial. Se recopiló información estratégica de diferentes bases de datos en relación con las tendencias direccionadoras en sostenibilidad para aguacate Hass fresco y de los productos derivados.

Las tendencias direccionadoras de consumo (ver figura 6) permiten comprender los estilos de vida de la población objetivo y permiten conocer las oportunidades de innovación por necesidades secundarias o placeres. Estos direccionadores fueron presentados en el primer informe de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica para aguacate Hass.



**Figura 6.** Direccionadores y tendencias de consumo de alimentos y bebidas

Fuente: elaboración propia con base en Mintel (2019), Mintel (2018), Fona (2018), Nielsen (2016), Deloitte (2016), xTC World Innovation (2012).



### **Aguacate fresco**

Para la revisión de las tendencias direccionadoras en aguacate Hass fresco se tendrán presente: salud y bienestar, representados en alimentos naturales y orgánicos, e impacto social, representado en alimentos locales y nativos.

### **Salud y bienestar**

El sabor y los beneficios nutricionales para la salud del aguacate lo convierten en un alimento popular, especialmente entre los consumidores más jóvenes. Con la “invención” de la tostada de aguacate como un plato popular en muchos restaurantes, la popularidad de los aguacates continúa aumentando. Con más de 2.000.000.000 COP en ventas en 2018, los aguacates presentaron un aumento del 7,4 % en las ventas. La variedad Hass es la más común y está disponible todo el año (PMG, 2020).

El aguacate ofrece numerosos beneficios para la salud.

Contiene luteína, que puede ayudar a mantener los ojos sanos.

Ayuda al cuerpo a absorber más fitonutrientes de otros alimentos.

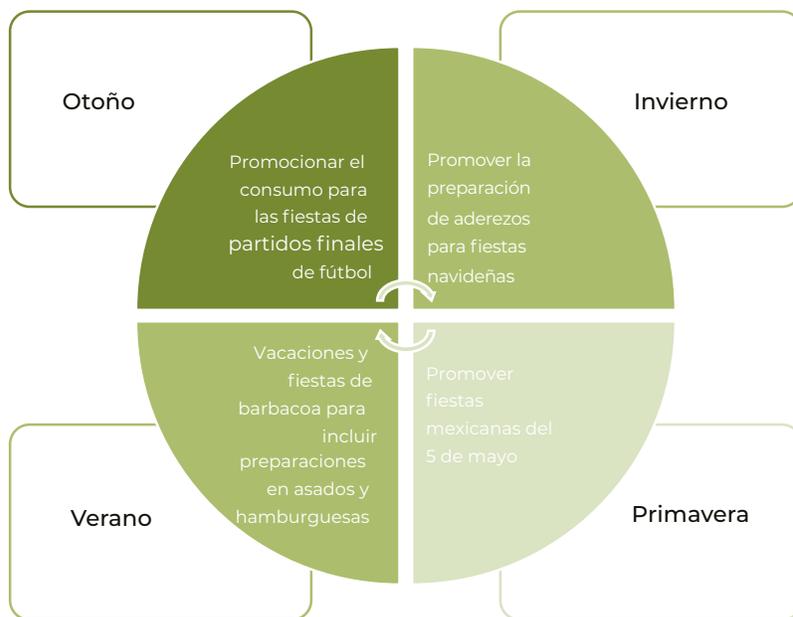
Contiene carotenoides y fitonutrientes, que pueden ayudar a prevenir algunas enfermedades crónicas, y beta-sitosterol, que puede ayudar a mantener niveles saludables de colesterol.

La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó los siguientes descriptores de contenido de nutrientes para los aguacates: sin sodio y sin colesterol (PMG, 2020).

Dentro de las tendencias más destacadas están:

- El 31 % de los consumidores compraron aguacates en el último año.
- En los últimos años, los compradores mayores de 40 años han sido quienes realizaron mayor cantidad de compras, pero en el año 2020 los mayores de 50 años han aumentado la compra de aguacate.
- Los consumidores hispanos y asiáticos son los grupos étnicos con mayor tendencia a comprar aguacate.

Produce Market Guide (PMG, 2020) presenta algunas estrategias de ventas usadas en Estados Unidos para incentivar el consumo de aguacate durante todo el año (ver figura 7).

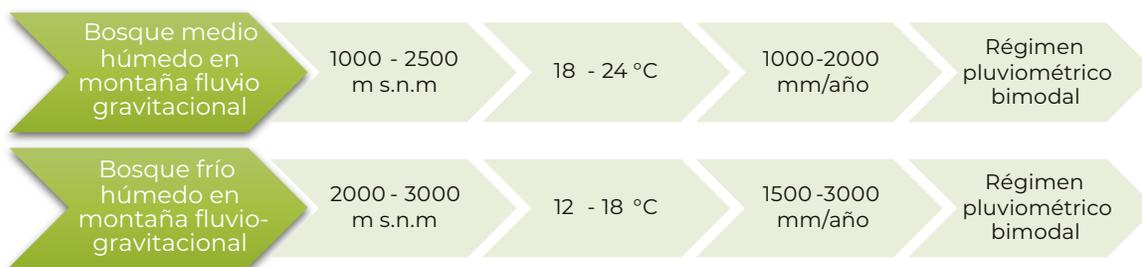


**Figura 7.** Estrategias de ventas de aguacate en Estados Unidos

Fuente: elaboración propia con base en Produce Market Guide (2020).

### Impacto social

El Valle del Cauca se ha convertido en un clúster en la producción agrícola debido a sus grandes potencialidades climáticas, la calidad de sus suelos y los recursos hídricos, así también a causa de su proximidad tanto con el puerto de Buenaventura como con aeropuertos, es decir, a sus buenas vías de comunicación. Tanto en el Bosque Medio Húmedo en Montaña Fluvio-Gravitacional (BOMHUMH) como en el Frío Húmedo en Montaña Fluvio-Gravitacional (BOFHUMH) los suelos están bien drenados, son profundos y algunos moderadamente profundos, limitados por material compactado (ver figura 8). Los órdenes característicos son alfisoles, andisoles, molisoles e inceptisoles (Corpohass, 2019).



**Figura 8.** Ecosistemas del Valle del Cauca en los que se desarrolla el cultivo del aguacate Hass

Fuente: elaboración propia con datos de Corpohass (2019).

Con estas ventajas, el departamento agroindustrial del Valle del Cauca es el segundo de Colombia, después de Antioquia (noroeste), en extensión de tierras disponibles y aptas para el cultivo de aguacate Hass, ya que es el cuarto productor de aguacate (Portafolio, 2020).



**Figura 9.** Agroindustria del aguacate Hass en el Valle del Cauca

Fuente: El País (2019).

Según lo reportado por Gonzáles (2019), en Agronegocios, el Valle del Cauca se consolida como un destino clave para invertir en aguacate Hass. Esta fue la conclusión obtenida al finalizar el *tour* de aguacate “Conéctese con el Puerto de Buenaventura y el Potencial Agroindustrial del Valle del Cauca” liderado por Invest Pacific, que congregó a más de 20 empresarios y entidades, tanto extranjeras como nacionales. Estas destacaron las ventajas comparativas que ofrece la región para toda la cadena del aguacate Hass, desde su cultivo y producción, hasta su empaque y comercialización.

Empresas como Camposol (Perú), Green Fruit Avocados (Estados Unidos y México), Agrogénesis (Perú) y Agrícola Ocoa (Chile) son un ejemplo de inversiones en aguacate Hass que, recientemente, se han establecido en tierras vallecaucanas, con extensiones en los municipios de Sevilla, El Dovio, Versailles, Caicedonia, Trujillo, Argelia y Bolívar. Desde el 2018, inversionistas mexicanos se han interesado en el aguacate Hass colombiano.

De esta forma se puede impactar positivamente el agro vallecaucano. Así lo muestra, por ejemplo, el caso de Antioquia, donde el 80 % de los cultivos de aguacate Hass pertenece a pequeños productores, de acuerdo con lo reportado con el ICA. Esto es un aporte considerable teniendo en cuenta que del total de las exportaciones de aguacate Hass del país, el 52,8 % pertenece a este departamento (Suárez, 2019).



**Figura 10.** Producción de aguacate Hass

Fuente: El Colombiano (2019).

Durante mucho tiempo, en Estados Unidos, los aguacates fueron rechazados debido a su alto contenido de grasa. Sin embargo, los beneficios para la salud que ofrece esta fruta, junto con las prácticas de cultivo orgánico —cultivos que en su mayor porcentaje pertenecen al campesino, como en el caso de Antioquia—, han impulsado el crecimiento de consumo del aguacate Hass.

<b>Nutrition Facts</b>	
Serving Size 1 Avocado	201g
Amount Per Serving	
<b>Calories 322</b>	<b>Calories from fat 245</b>
	%Daily Value
<b>Total Fat 29g</b>	<b>45%</b>
Saturated Fat 4g	21%
Trans Fat 0g	
<b>Cholesterol 0g</b>	<b>0%</b>
<b>Sodium 12mg</b>	<b>1%</b>
<b>Total Carbohydrate 17g</b>	<b>6%</b>
Dietary Fiber 13g	54%
Sugars 1g	
<b>Protein 4g</b>	
Vitamin A	6%
Vitamin C	33%
Calcium	2%
Iron	6%

\*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.

**Figura 11.** Información nutricional del aguacate

Fuente: Urravo (2022).



Dentro de las estrategias de ventas usadas en Estados Unidos está combinar las prácticas de cultivo orgánico con el beneficio para la salud de la fruta, además de incentivar el consumo tanto en preparaciones caseras como en eventos masivos, como el Super Bowl.

De esta forma, el consumo de aguacate Hass tanto orgánico como convencional se ha incrementado. El 12 % de los consumidores de aguacates compraron exclusivamente orgánicos, mientras que el 21 % de los consumidores compraron tanto orgánicos como convencionales (PMG, 2020).

Los productos con características saludables específicas, como los arándanos, los aguacates y las granadas, son cada día más atractivos, especialmente en el noroeste de Europa. El hecho de que los minoristas líderes hayan adoptado estos productos confirma este desarrollo como una tendencia continua.

Existe un potencial de crecimiento para la fruta madura lista para comer. Como desarrollo subyacente, se tiene la mejora de los procesos de maduración de frutas en el país importador. Sin embargo, ofrecer a las empresas de maduración el tiempo y el nivel adecuado de madurez es una de las principales preocupaciones.

A medida que crece el consumo, los productos como aguacates, arándanos, mangos y batatas, cuyas importaciones han mostrado un fuerte crecimiento anual (del 10 al 20 %), se convierten en parte del surtido común. La mayoría de estos productos tienen un alto porcentaje de importación de los países en desarrollo (CBI- ICI Business, 2020).

### **Aguacate procesado**

La tendencia direccionadora para estos productos es la experiencia representada en alimentos *prémium*.

#### ***Alimentos prémium***

El aguacate se caracteriza por ser una fruta cuyo consumo ha incrementado a nivel mundial, con un gran aumento en las hectáreas plantadas en los países productores. De acuerdo con las opiniones del sector productivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca, obtenidas en reuniones con empresas como Frutales las Lajas SAS y Pacific Fruits SAS, se identificó que el aumento en la demanda de aguacate Hass para exportación deja como remanente una cantidad considerable de esta fruta, cuyo calibre está por debajo de los estándares internacionales. Este fruto se destina para el mercado nacional, pero sobrepasa la demanda, considerando que en el país existen otras variedades de aguacate. Para aprovechar adecuadamente la cantidad de fruto, los directivos de estas dos empresas sugieren que no se destine para comercio nacional, sino para elaborar productos procesados a partir de esta fruta. Por este motivo, la industrialización y transformación del aguacate se convierte en una alternativa para aquellos productos de calibres más bajos.

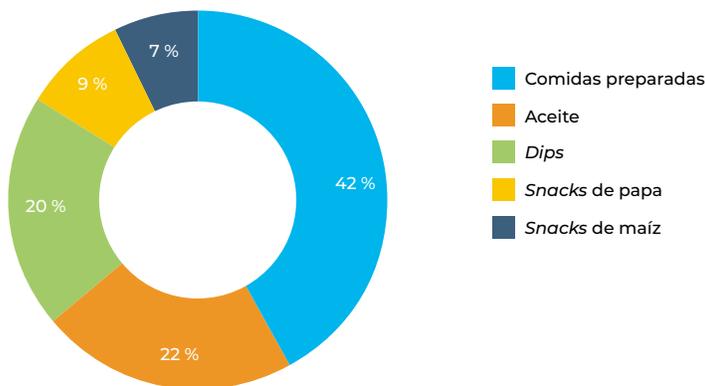
Según Procolombia (2017), en los supermercados estadounidenses se encuentran derivados de aguacate como:



**Figura 12.** Derivados del aguacate en los supermercados estadounidenses

Fuente: Procolombia (2017).

De acuerdo con Flavor Insights de Fona (2019), las presentaciones globales de nuevos productos a base de aguacate entre 2015 y 2016 (ver figura 13) fueron, en primer lugar, las comidas preparadas, seguidas por el aceite de aguacate, que, por sus características inherentes, es un producto exportable.



**Figura 13.** Presentaciones globales de productos de aguacate

Fuente: Fona (2019).



Según (Porta Frutícola, 2019), entre las principales transformaciones del aguacate se encuentran:

- Trozos de aguacate congelado. Este producto se vende principalmente como bio-congelado y garantiza su calidad al consumidor.
- Pulpa de aguacate acidificada, la cual tiene un bajo nivel de pH.
- Pulpa HPP (altas presiones), una tecnología viable comercialmente dado que permite realizar pasteurización de aguacate, lo que indica que el producto podría conservarse sin aditivos.
- Cremas hidratantes a base de aguacate, cuyas propiedades aportan hidratación y luminosidad a la piel.
- Aceite de aguacate, que ayuda a reducir el colesterol y que también es alto en luteína, un antioxidante benéfico para la visión, entre otros.

De acuerdo con declaraciones de Daniel Gómez, gerente de Terravocado, hay un aspecto que se debe tener en cuenta sobre la producción de aceite de aguacate: para producir 1 kg de este producto se necesitan aproximadamente 10 kg de fruta (Porta Frutícola, 2019). Teniendo en cuenta las bondades del aceite y de la información de la tabla 11, se puede decir acerca del aceite de aguacate que:

- Es un producto que otros países ya están solicitando al país por medio de Pro-colombia, como es el caso de Corea del Sur, que demanda el aceite de aguacate colombiano y cuyo principal proveedor actualmente es la empresa Smart Cooking (Peláez, 2020).
- Hace parte de los aceites vegetales, que son el producto con mayor valor exportado.
- Los países que importaron aceites vegetales desde Colombia son países compradores de aguacate Hass; por ello, conocen sus beneficios.
- Se favorecería la ampliación de la oferta exportable del país, según esfuerzos adelantados por los Ministerios de Comercio y Agricultura de Colombia.

### **Aceite de aguacate**

Uno de los principales cambios en los hábitos alimenticios de las personas es el reemplazo de las grasas de origen animal por las de origen vegetal, aprovechando las propiedades contenidas en estas últimas. Con mayor frecuencia los aceites ricos en ácido oléico y ácido graso monoinsaturado son utilizados en la preparación diaria de alimentos ya que consumirlos de manera regular resulta benéfico para la salud del consumidor.

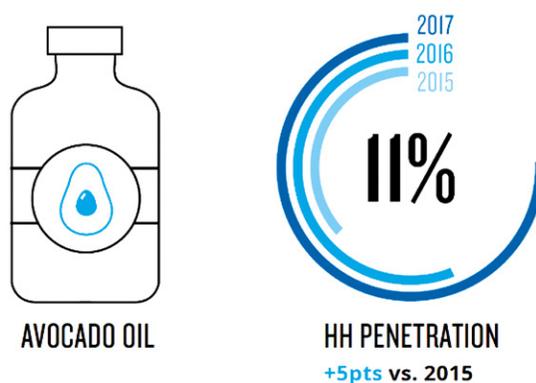
El aceite de aguacate es un aceite comestible, que se usa en muchos platos, aderezos para ensaladas, productos de panadería, bocadillos dulces y salados, y en postres congelados.



También se usa en productos de cuidado personal y cosméticos, ya que posee propiedades regenerativas e hidratantes.

Este aceite tiene propiedades antioxidantes y contiene ácido oleico —un ácido graso monoinsaturado—, omega-9 y luteína. Ayuda a mantener el nivel de colesterol y mejora la salud del corazón, previene y trata el acné, y mejora la cicatrización de heridas. Se han realizado investigaciones sobre cómo el aceite de aguacate podría ayudar a prevenir la enfermedad de las encías, reducir los signos de envejecimiento y reducir los síntomas de la artritis. Según el tipo, el mercado del aceite de aguacate se ha clasificado en aceite virgen extra, virgen y refinado (Market Research Future, 2020).

De esta forma, la demanda de aceite de aguacate se ve impulsada por la preocupación de la población por el cuidado de su salud y por la tendencia al consumo de productos saludables. Los asiduos al consumo de este producto lo adquieren en centros especializados. Esto puede atraer e incrementar los beneficios de la simple producción en fresco del aguacate (Sagarpa, 2015). Por todo ello, entre 2016 y 2018, la inclusión del aceite de aguacate en tiendas de Estados Unidos aumentó un 11 % y en los hogares un 5 % (Nielsen, 2018).



**Figura 14.** Introducción del aceite de aguacate en tiendas de Estados Unidos

Fuente: Nielsen (2018).

El mercado mundial de aceite de aguacate alcanzó un valor de 494.000.000 USD en 2019 (iMarc, 2020). Se espera que este mercado crezca a una tasa significativa de 6,5 % entre 2019 y 2024 para alcanzar un valor de 1.100.000.000 USD. El aumento de la consciencia sobre los beneficios nutricionales del aceite de aguacate y el cambio en la preferencia del consumidor hacia el aceite que contiene poca grasa saturada y poco colesterol están impulsando el crecimiento del mercado mundial de este artículo. Se espera que la creciente moda de los productos cosméticos y de cuidado personal a base de plantas impulse el mercado de este. Además, diversas aplicaciones del aceite de aguacate en productos farmacéuticos y nutracéuticos, y las industrias alimentarias, están impulsando el crecimiento del mercado mundial de aceite de aguacate. En la figura 15 se observa que los principales consumidores son Estados Unidos y Europa (Market Research Future, 2020).

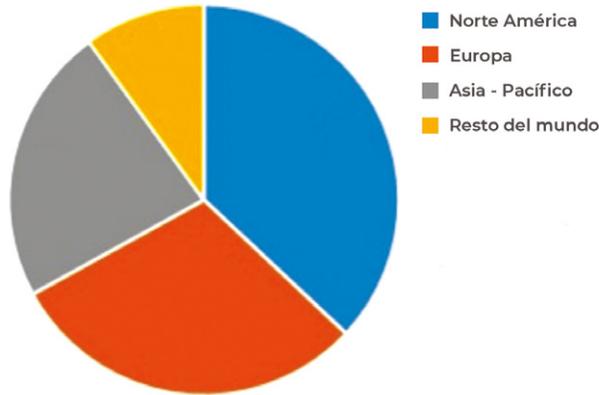


Figura 15. Cuota de mercado mundial de aceite de aguacate para el año 2018

Fuente: Market Research Future (2020).

Por ejemplo, en Nielsen (2018), en Estados Unidos entre el 2016 y el 2018, las ventas de mayonesas que incluían en su fórmula aceite de aguacate incrementaron sus ventas en 331 %. De la misma forma, las ventas de los *shortenings* y aceites con este producto aumentaron en un 126 %. A nivel mundial, se espera que América del Norte domine el mercado del aceite de aguacate durante el periodo de pronóstico.

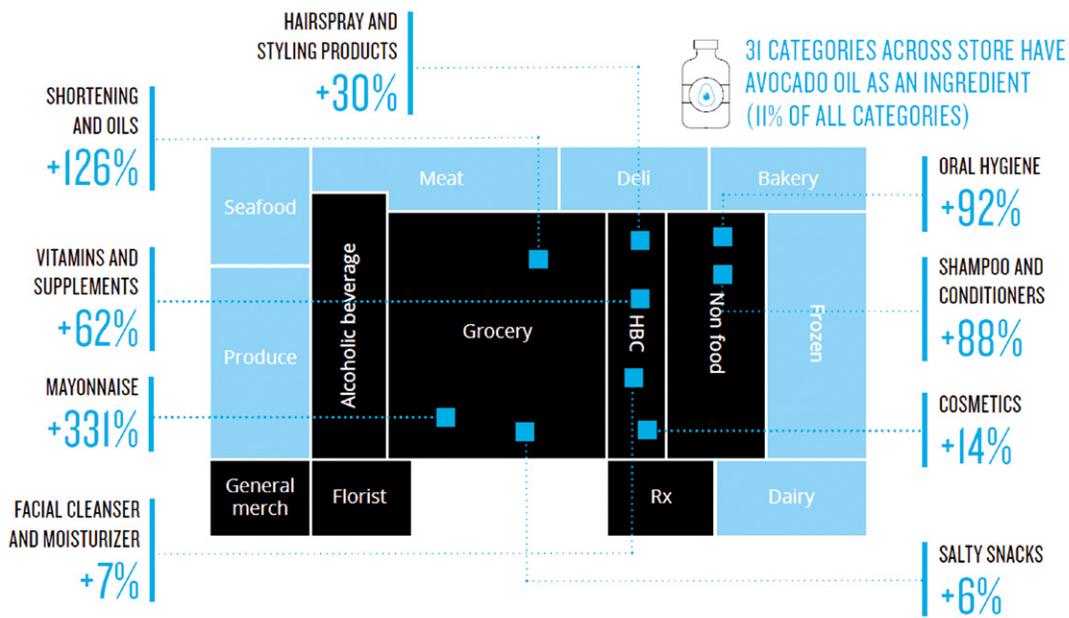


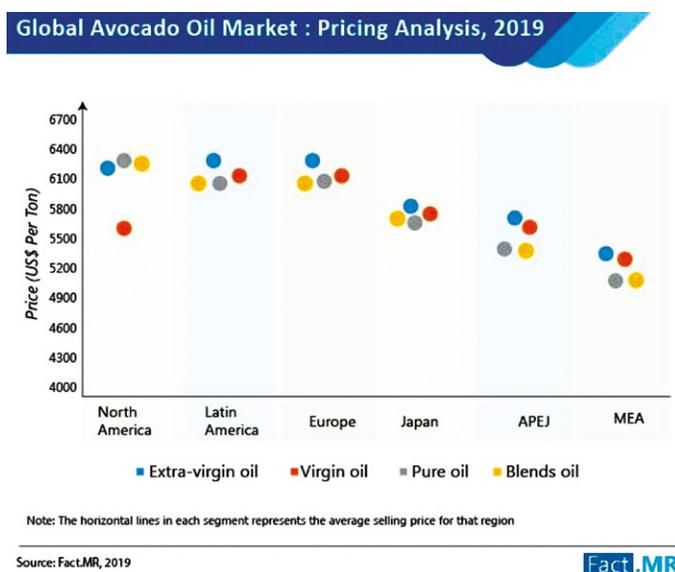
Figura 16. Incremento en las ventas de productos a base de aguacate en los Estados Unidos

Fuente: Nielsen (2018).



Se espera que Europa registre la CAGR<sup>2</sup> más alta en el mercado del aceite de aguacate durante el periodo de pronóstico. El cambio en los hábitos alimenticios de los consumidores en toda la región está causando una creciente demanda de alimentos saborizados y procesados, lo que está impulsando aún más el crecimiento del mercado del aceite de aguacate. El aumento de la consciencia sobre los beneficios para la salud del aceite de aguacate entre los consumidores está impulsando aún más el crecimiento regional.

En cuanto al proceso productivo de aceite de aguacate, la técnica de extracción por prensado en frío se investigó por primera vez en la década de 1980, pero su uso comercial solo fue posible hace unos años. Esto abrió nuevas posibilidades de fabricación de aceite virgen y extravirgen a partir de aguacate, ya que el aceite después de la extracción no necesitaba un proceso de extracción adicional.



**Figura 17.** Mercado mundial del aceite de aguacate. 2019

Fuente: Fact.MR (2020).

Los fabricantes están implementando soluciones tecnológicas innovadoras para mejorar la calidad nutricional de los aceites comestibles y se espera que estas proporcionen tracción a la creciente demanda. Ello, por ejemplo, podría generar que las plantas de extracción se ubiquen cerca de las regiones productoras de aguacate, lo cual ayudaría a mejorar la calidad del aceite extraído, pues la vida útil de los frutos es corta. Por lo tanto, los productores han dado este paso para garantizar una buena calidad de aceite. Esto también ha permitido el abastecimiento sostenible de los agricultores que producen aguacates. Además, el almacenamiento, la vida útil y el suministro es mucho más fácil que el de la fruta fresca, lo que proporciona una tracción significativa al aceite de aguacate (Fact.MR, 2019).

2 CAGR: tasa de crecimiento anual compuesto.



## Vigilancia científico-tecnológica

El objetivo de esta vigilancia se enfoca en identificar avances científicos y tecnológicos en el mercado del aguacate Hass fresco y del aceite de aguacate. Se identificaron los principales artículos científicos y las patentes para los productos, además de los procesos y alternativas tecnológicas. Se evaluaron los equipos y el impacto al ambiente. A continuación, se presenta el procesamiento, análisis, depuración y validación, lo cual corresponde a las fases 4, 5 y 6 de la metodología establecida, con sus respectivos análisis comparativos.

Por medio de una revisión bibliográfica general de las alternativas tecnológicas y los procesos, se establecieron 3 posibles métodos enfocados en conservar el aguacate, y 3 en obtener aceite de esta fruta.

Al tener la selección de los 6 métodos para evaluar, se procedió a desarrollar los criterios establecidos para definir el mejor método. El desarrollo de cada criterio se menciona a continuación:

**Equipos:** se realizó la búsqueda de los equipos que podrían cumplir con la ejecución de los métodos estudiados.

- **Costo de equipos:** dependiendo del resultado del criterio anterior y acorde con el objetivo de obtener los productos, se cotizó en algunas empresas del mercado el costo del equipo o los equipos disponibles que pueden ser unidos en un diseño para formar el sistema necesario para el método adecuado que se esté evaluando.
- Después de definir el posible equipo que se usará, se prestó atención al precio comercial del equipo (en pesos colombianos), la marca, el modelo y cualquier otra característica suministrada por el vendedor. En este ítem no se tienen en cuenta el costo de la instalación ni otros aspectos necesarios para su adecuado funcionamiento.
- **Costo de operación:** este criterio relaciona la inversión inicial para el equipo y el gasto en ese primer mes, si lo hay, correspondiente al consumo de energía y agua (Emcali, 2020) en pesos colombianos y en dólares.
- No se consideraron costos por acciones no pertenecientes a la operación del equipo, pero necesarias para la operación de la planta; por ejemplo, el gasto de energía y agua para limpieza y desinfección de áreas.

**Facilidad de transferencia tecnológica:** se mencionó la facilidad o complejidad de aplicar la alternativa que se estaba evaluando.



**Impacto ambiental:** según las normas establecidas en decretos y resoluciones colombianos establecidos para este aspecto, se marcó el aspecto negativo de la alternativa evaluada.

Para la evaluación de este aspecto se tuvieron los siguientes criterios ambientales:

- 1. Atmósfera:** las emisiones atmosféricas se refieren a la calidad del aire (Decreto 948 de 1995 y Resolución 610 de 2010) afectada por residuos particulados (Resolución 2254 de 2017) y por ruido (Resolución 0627 de 2006 y Resolución 6918 de 2010). Este criterio se complementará con el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974).
- 2. Suelos:** puede presentarse contaminación por generación de residuos sólidos renovables o no renovables presentados como recursos naturales (Decreto 2811 de 1974). Se tendrán en cuenta los límites permitidos de residuos sólidos (Resolución 058 de 2002), así como el lineamiento para el manejo de residuos peligrosos (Decreto 4728 de 2010 y Decreto 4741 de 2005), en caso de ser necesario.
- 3. Recursos hídricos:** se tendrá especial cuidado sobre el consumo de recursos hídricos (agua) (Decreto 2811 de 1974), los límites permitidos de residuos líquidos (Resolución 058 de 2002), la demanda bioquímica de oxígeno a 5 (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO) (Decreto 3930 e 2010).
- 4. Recursos energéticos:** debido a que Colombia depende, significativamente, de energía hidráulica se tendrá en cuenta lo establecido en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), junto con lo establecido en la Ley 697, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías alternativas (2001).

Adicionalmente, se presenta la metodología que emplea cada uno de los procedimientos, además de la evaluación del requerimiento de personal especializado o capacitado.

### **Selección del proceso para aguacate fresco**

Dado que el objetivo de este proyecto está relacionado con aguacate Hass fresco, es conveniente definir un proceso para convertir esta fruta en un producto exportable adecuado para nuevos mercados. Con el fin de lograr esto, es necesario realizar un proceso de conservación, por lo cual se plantea el desarrollo sobre esta vigilancia, enfocada en la selección del proceso apropiado en este caso.

### ***Artículos científicos relacionados con aguacate Hass fresco***

Se presentará información de artículos sobre procesos para la conservación del aguacate Hass en los últimos años. Con esto se pretende dar opciones para tomar decisiones en los procesos del aguacate Hass mínimamente procesado.



Granada, D., López-Lujan, L., Ramírez-Restrepo, S., Morales, J., Peláez-Jaramillo, C., Andrade, G., y Bedoya-Pérez, J. C. (2020). Bacterial extracts and bioformulates as a promising control of fruit body rot and root rot in avocado cv. Hass. *Journal of integrative agriculture*, 19(3), 748-758. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62720-6](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62720-6).

Dentro de este estudio se evaluó la capacidad de biocontrol de un extracto bacteriano para proteger el aguacate de las infecciones por patógenos. El extracto y la formulación en emulsión mostraron resultados prometedores para el control de los patógenos del aguacate. Se podrían desarrollar nuevos bioproductos basados en este tipo de principios activos en beneficio de la industria del aguacate.

Aguirre-Joya, J. A., Ventura-Sobrevilla, J., Martínez-Vázquez, G., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Rodríguez-Herrera, R. y Aguilar, C. N. (2017). Effects of a natural bioactive coating on the quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Food Packaging and Shelf Life*, 14(September), 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.09.003>

En esta investigación, se aplicó un recubrimiento bioactivo y biodegradable de cera de candelilla, pectina, mucílago de aloe y polifenoles purificados de *Larrea tridentata* por inmersión en aguacates Hass. Se encontró un efecto positivo de los recubrimientos en la prolongación de la vida útil del aguacate en refrigeración. Este resultado es una alternativa prometedora, fácil y económica para conservar la calidad de los aguacates durante el almacenamiento refrigerado.

Tesfay, S. Z., y Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.12.001>

Este artículo presenta los resultados de un estudio de la aplicación del extracto de hoja de moringa y los recubrimientos comestibles quitosano y carboximetilcelulosa como tratamientos poscosecha para prolongar la vida útil y la calidad del aguacate Hass. Se encontró que los recubrimientos comestibles de extracto de hoja de moringa presentaron mayor prolongación de la calidad de la fruta y de la vida útil. Por lo tanto, podría comercializarse como un nuevo recubrimiento comestible para futuras aplicaciones en la industria.

Arpaia, M. L., Collin, S., Sievert, J. y Obenland, D. (2015). Influence of cold storage prior to and after ripening on quality factors and sensory attributes of “Hass” avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.portharvbio.2015.07.016>

Se concluyó que el almacenamiento de aguacates Hass parcialmente maduro hasta 4 días en refrigeración, no afecta la calidad del aguacate. Posterior a este tiempo se evidencian



algunos cambios en sus propiedades de calidad. En el día 14, el fruto presenta más afectación por la descomposición y desarrollo de manchas rosadas.

Blakey, R., Blakey, K. M. y Bower, J. P. (2009). The importance of maintaining the cold chain to avocado ripening and quality. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 32, 48-52.

Se estudió el efecto de la temperatura de almacenamiento y el efecto de romper la cadena de frío en el transporte de aguacate sobre aspectos de la fisiología de la maduración. Se encontró que el almacenamiento a 1 ° C mostró mayor porcentaje de fruta sana respecto a 5,5 °C. Evidenciaron que al romperse la cadena de frío en una de las etapas del proceso redujo la calidad de la fruta.

Osuna García, J. A., Nolasco González, Y., Herrera González, J. A., Guzmán Maldonado, S. H., y Álvarez Bravo, A. (2017). Influencia del clima y rugosidad sobre la tolerancia a refrigeración del aguacate “Hass”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(19), 3911. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.660>.

Estos investigadores cuantificaron la tolerancia a la refrigeración y la calidad postcosecha de frutos de aguacate Hass teniendo en cuenta el clima de la zona de producción y la fisiología del aguacate. Se encontró que los factores de mayor impacto fueron la temperatura y el tiempo de almacenamiento, ya que se mantienen las propiedades de calidad en niveles aceptables, sin daño externo y con 5 días de vida de anaquel.

### ***Patentes relacionadas con aguacate Hass fresco***

1	Número de publicación: US20160084822A1
Title: Process for producing frozen avocados Título: Proceso de producción de aguacate congelado	
Países de publicación: Estados Unidos	
Solicitantes: Takahashi Hui Chen, Takahashi Kenneth.	
Estado legal: inactiva	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: esta invención detalla un procedimiento para la congelación de aguacates que no se desintegran o decoloran después de descongelarlos. Para la reproducción de esta técnica, se debe cortar el aguacate en trozos, retirar la semilla, calentar los trozos con vapor en un horno y congelar rápidamente a ultrabajas temperaturas (entre -10 °F y -70 °F). La incorporación de polvo para hornear, vinagre, sake, azúcar o vino puede disminuir la desintegración del aguacate en la descongelación.	

**Opinión del experto (profesional):** la incorporación de estos ingredientes puede disminuir la aceptación del producto, en especial si este se desea emplear como ingrediente para la elaboración de otro alimento. El principio de la técnica puede basarse en la disminución del oscurecimiento y la modificación de la membrana celular del alimento.



2	Número de publicación: US20160084822A1
Title: Avocado Tree named “Maluma” Título: Árbol de aguacate de nombre “Maluma”	
País de publicación: Estados Unidos	
Solicitante: A. H. Ernst & sons (PTY) Ltda., Trading As Allesbest	
Estado legal: en proceso de solicitud	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: “Maluma” es una variedad nueva de árbol de <i>Persea americana</i> Mill, desarrollada en un huerto de aguacate, debido al cruce genético entre variedades mexicanas y guatemaltecas. Este árbol produce aguacates con mayor tamaño, menos propensos a las manchas en la piel y de menor duración en poscosecha.	

**Opinión del experto (profesional):** es evidente el crecimiento de patentes relacionadas con el cruce de especies para la supervivencia de los frutos en condiciones de estrés. De acuerdo con Spacenet, cerca del 60 % de las patentes encontradas están enfocadas en el desarrollo de nuevas especies de árbol. Este tipo de investigaciones conduce al desarrollo de especies que resistan condiciones climáticas desfavorables, o a la obtención de un mayor rendimiento.

3	Número de publicación: US20160084822A1
Title: Use of biomarkers for evaluating the effectiveness of active ingredients Título: Uso de biomarcadores para la evaluación de la efectividad de ingredientes activos	
Países de publicación: Estados Unidos	
Solicitante: Laboratoires Expanscience	
Estado legal: activa	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: la invención describe un método para la evaluación de la efectividad de un ingrediente activo seleccionado de los azúcares de 7 carbonos, denominado “avocado perseose”, para la prevención y tratamiento de la deficiencia en la piel. El método describe la determinación del nivel de expresión y activación de al menos un marcador biológico, en el que dicho marcador se selecciona entre los marcadores de la maduración epidérmica, de la regulación hídrica y marcadores de regulación de la capa granular.	

**Opinión del experto (profesional):** identificar marcadores que se expresan o activan específicamente cuando la piel es tratada con aguacate es un avance de gran importancia. Además, estos marcadores se pueden utilizar para evaluar la efectividad del aguacate en la prevención o el tratamiento de una deficiencia de barrera en un sujeto.



### ***Alternativas tecnológicas para la selección del proceso de aguacate Hass fresco***

Los productos mínimamente procesados se caracterizan por conservar la calidad sensorial y ser inocuos, de fácil acceso y listos para consumir. Estos deben garantizar 3 aspectos importantes: conservación de la materia fresca y provisión de la calidad nutricional suficiente y de la vida útil apropiada para su distribución (Pérez-Pérez y López-Malo, 2011).

De acuerdo con Parzanese (2016), las alternativas para productos frescos pueden abarcar: lavado, desinfección, corte, refrigeración, congelación o aplicación de recubrimientos. El corte, por ser una operación que no garantiza la conservación durante al menos 20 días, no fue considerado como una posible alternativa. Por otra parte, el lavado y la desinfección son operaciones necesarias para cualquier alternativa por emplear.

La aplicación de recubrimientos como alternativa de conservación se lleva a cabo como una práctica para mantener frescos y en buen estado los aguacates. Esta técnica ha sido desarrollada en varios países, como Estados Unidos, donde la comercialización y la aplicación de recubrimientos de lípidos naturales extraídos de residuos de frutas o vegetales en aguacate, y frutas, en general, se usan con el fin de minimizar su deterioro. En Europa, usan esta misma tecnología, la cual fue aprobada para su uso en la Unión Europea por la Comisión Europea y ha sido probada en el Reino Unido (Smithers, 2019; Solon, 2018). Sin embargo, los países que son productores de aguacate están distantes de los mercados principales, y para enviar el producto a los mercados de destino utilizan técnicas de conservación como la refrigeración y las atmósferas controladas. Entre estos países se destacan Chile, Sudáfrica, Colombia y México (Escobar *et al.*, 2019).

### **Alternativa 1: refrigeración**

La refrigeración es un método convencional para aumentar el tiempo de vida útil de los alimentos por descenso de la temperatura, retrasando el crecimiento y la actividad de los microorganismos patógenos (Nieto, 2018). Para la comercialización y distribución de alimentos se emplean temperaturas entre 2 y 10 °C, dependiendo de factores como el contenido de humedad, actividad de agua y el tipo de alimento, entre otros (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003).

Debido a las temperaturas empleadas, las reacciones de deterioro se retrasan, conservando por más tiempo las características sensoriales del alimento y su valor nutricional. El control apropiado de la temperatura puede ser un factor determinante en el tiempo de vida útil del producto, al igual que las propiedades de este y el empaque empleado (Aguilar-Morales, 2012).

- **Metodología:** se realiza una selección de los frutos, según la cual deben estar libres de podredumbre, plagas, olores y sabores extraños. También se realiza una desinfección por inmersión, utilizando una solución desinfectante y un antifúngico.



Posteriormente, se drena el exceso de material desinfectante. Los aguacates se organizan en canastillas, se almacenan en el refrigerador con las condiciones de humedad y temperatura requeridas, y son transportados y exportados. Finalmente, se realiza la maduración del producto en el país destino. El diagrama de flujo para este proceso (ver figura 18) fue obtenido a partir de pruebas preliminares, visitas a empresas exportadoras de aguacate y entrevistas a expertos.

- **Equipos:** en la cadena de comercialización de aguacate Hass de exportación, se emplean contenedores equipados con sistemas de refrigeración que reducen la temperatura del alimento a partir de la inyección de aire a muy bajas temperaturas. El consumo energético de la técnica se debe al trabajo que tiene que realizar el compresor del sistema (Delgado y Sun, 2012).
- Empresas como E-containers y CBFi suministran contenedores con equipos de refrigeración, estos son empleados actualmente por las empresas exportadoras de aguacate en Colombia (E-Containers, 2019; Icemakerchina, 2019).
- **Impacto ambiental sobre diferentes tipos de recursos:** se evaluaron aspectos negativos de cada alternativa, según las normas establecidas en decretos y resoluciones colombianos.

### **Alternativa 2: congelación**

Este proceso previene el crecimiento de microorganismos al emplear temperaturas inferiores a los 0 °C, reduciendo la probabilidad de contraer enfermedades transmitidas por alimentos (Coorey *et al.*, 2018). Otros factores de incidencia pueden ser el tiempo de exposición, el sistema de empaque o embalado, la presencia de luz, etc. (Corbo *et al.*, 2009).

El funcionamiento es similar al descrito en la refrigeración, salvo que la temperatura del agua en el alimento disminuye hasta que cambia de fase líquida a sólida (hielo). Por esta razón, es una alternativa con mayor consumo energético, pues debe considerarse el descenso de la temperatura del alimento (consumo en la refrigeración, calor sensible) y el cambio de estado de la fase de agua a hielo (calor latente de solidificación) (Morono *et al.*, 2015). Este fenómeno disminuye la disponibilidad de los nutrientes presentes en el aguacate que permitirían que los microorganismos interactúen y se reproduzcan (Morono *et al.*, 2015; Smith y Shillam, 2000).

- **Metodología:** se realiza una selección de los frutos, según la cual deben estar libres de podredumbre, plagas, olores y sabores extraños. También se realiza una desinfección por inmersión, utilizando una solución desinfectante y un antifúngico. Posteriormente, se drena el exceso de material desinfectante. Los aguacates se organizan en canastillas, se almacenan en el congelador con las condiciones de temperatura requeridas y son transportados y exportados.



Finalmente, se realiza la descongelación y la maduración del producto en el país destino. El diagrama de flujo para este proceso (ver figura 18) se obtuvo a partir de pruebas preliminares, visitas a empresas exportadoras de aguacate y entrevistas a expertos.

- **Equipos:** para la distribución de aguacate Hass congelado, se deben emplear contenedores equipados con sistemas de congelación. Estos son más complejos y robustos que los empleados en refrigeración, pues el compresor debe tener mayor potencia calorífica, ya que debe extraer el calor suficiente para que la temperatura del alimento descienda hasta los 0 °C (Çengel, 2004).

Empresas como E-Containers y CBFI suministran contenedores con sistema de congelación (E-Containers, 2019; Icemakerchina, 2019). Por otra parte, no se conocen empresas colombianas dedicadas a la exportación de aguacate Hass fresco y congelado. Colfrost es una empresa colombiana, ubicada en Rionegro (Antioquia), dedicada a la exportación de aguacate cortado en cubos, rebanadas o mitades, congelado y empacado al vacío (Colfrost, 2019). Agropackers, empresa española, también se dedica a la comercialización de aguacate Hass cortado, congelado y empacado al vacío (Agropackers SAC, 2019). Sin embargo, la alternativa de este trabajo está orientado a generar una alternativa de aguacate Hass fresco y congelado, sin procesar.

- **Impacto ambiental sobre diferentes tipos de recursos:** se evaluaron aspectos negativos de cada alternativa, según las normas establecidas en decretos y resoluciones colombianas.

### **Alternativa 3: aplicación de recubrimientos**

Los recubrimientos son películas que envuelven el alimento generando una capa protectora que puede extender la vida útil del producto (Cissé *et al.*, 2015). La calidad del producto se garantiza debido a la disminución de la velocidad de las reacciones de deterioro (Fernández Valdés *et al.*, 2015). Este recubrimiento puede ser comestible, debido al origen de los materiales empleados (usualmente gomas, proteínas y lípidos); además, el tipo y la proporción de estos pueden modificar las propiedades del alimento (Sánchez-González *et al.*, 2008).

Para la implementación de esta técnica en la cadena comercial es necesario evaluar las propiedades que le otorgará el recubrimiento al producto (Oliveira *et al.*, 2016). El recubrimiento puede modificar la ganancia o pérdida de humedad, los atributos sensoriales (color, aroma, sabor), el valor nutricional, la transferencia de masa con el entorno (gases y líquidos por medio de la respiración), la carga microbiana y la integridad mecánica del fruto (Muñiz-Márquez *et al.*, 2017). La evaluación de estas propiedades requiere de tiempo



y dinero (materiales, equipos y materia prima). Esta es una desventaja con respecto a las demás alternativas, pues los sistemas de refrigeración y congelación cuentan con controles de almacenamiento asequibles y fáciles de operar.

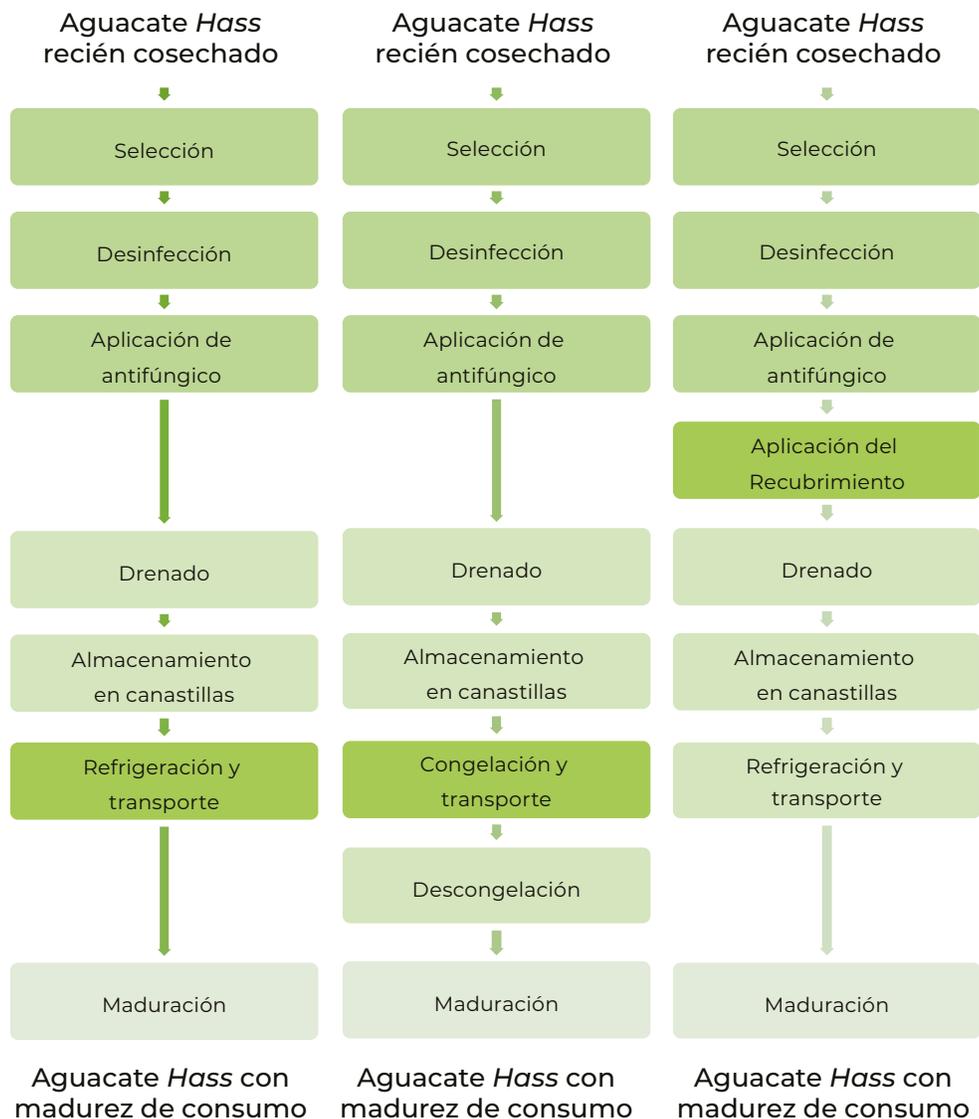
- **Metodología:** la metodología para esta alternativa es compleja. Esta consiste en una selección de los frutos, según la cual deben estar libres de podredumbre, plagas, olores y sabores extraños. También se realiza una desinfección por inmersión, utilizando una solución desinfectante y un antifúngico. Posteriormente, se aplica el recubrimiento y se drena el exceso de material. Los aguacates se organizan en canastillas, se almacenan en el refrigerador con las condiciones de temperatura y humedad relativa requeridas, son transportados y exportados. Finalmente, se realiza la maduración del producto en el país destino. El diagrama de flujo para este proceso (ver figura 18). fue obtenido a partir de pruebas preliminares, visitas a empresas exportadoras de aguacate y entrevistas a expertos.
- **Equipos:** a la fecha, no hay ningún reporte de que esta alternativa por sí sola pueda garantizar la vida útil del aguacate por más de 20 días. Se estima que la conservación del fruto con esta alternativa puede ser de 16 a 21 días (Ortega *et al.*, 2008; Rodríguez y Rivera, 2017; Salvador *et al.* 2009) Por tanto, puede ser necesario complementar esta alternativa con la refrigeración. La temperatura empleada para esta combinación puede ser superior a la empleada en refrigeración (lo que implica un menor consumo energético).

No se encontraron reportes de empresas que hayan implementado esta tecnología para la exportación de aguacate Hass, esto puede deberse a 3 factores: el primero, la implementación en el fruto está en fase de desarrollo (se han realizado investigaciones, pero a nivel de laboratorio [González Cuello *et al.*, 2017; Salvador *et al.*, 2009]). El segundo, los resultados obtenidos no dan evidencia de garantizar el tiempo de vida útil suficiente para la exportación del fruto (Solís Jiménez *et al.*, 2015). El tercero, las normas vigentes para la exportación de alimentos limitan los ingredientes que se pueden emplear en los recubrimientos.

Se deben adquirir una banda transportadora para alimentos de 5 m con un costo de 8.900.000 COP, equivalente a 2277 USD (Maplascalí, 2020); un secador de túnel de 20.000.000 COP o 5118 USD (Alibaba.com, 2020); un atomizador de recubrimientos rotatorio de 28.326.250 COP, o 7249 USD (Wilevco, 2020); el sistema de refrigeración (un contenedor de 40 ft con sistema de refrigeración de 16.643.578 COP o 5000 USD) y un recipiente de 2000 litros con agua, con un costo de 1.750.132 COP o 447 USD. Lo anterior genera un costo total de 78.065.616 COP o 19.978 USD.



**Impacto ambiental sobre diferentes tipos de recursos:** se evaluaron aspectos negativos de cada alternativa, según las normas establecidas en decretos y resoluciones colombianas.



**Figura 18.** Diagrama de flujo de las alternativas. 1) refrigeración, 2) congelación y 3) aplicación de recubrimientos.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta la evaluación de procesos para aguacate Hass fresco (ver tabla 12).



Tabla 12. Evaluación de procesos para aguacate Hass fresco

	Refrigeración	Congelación	Recubrimiento
<b>Equipos</b>	De acuerdo con las fichas técnicas de la empresa CBFI, el contenedor con refrigeración de 40 ft cuenta con un volumen interior aprovechable de 50 m <sup>3</sup> . Debido a la incorporación de aire en la refrigeración y el recambio de este, se podría emplear todo el volumen del contenedor. Cuando no hay inyección de aire, el dióxido de carbono y el etileno (productos de la respiración de los frutos) pueden acelerar los procesos de maduración y disminuir la vida útil del aguacate. En este contenedor se pueden almacenar 400 canastillas, con 10 kg de aguacate Hass cada una, para un total de 4000 kg de producto transportado por contenedor. Esta cantidad fue estimada mediante pruebas de laboratorio y escalado con el equipo piloto empleado (Memmert, 2019). Contenedores de 40 ft Recipiente de agua de 2000 L para el control de la humedad relativa.	De acuerdo con las fichas técnicas de la empresa CBFI, el contenedor con sistema de congelación de 40 ft cuenta con un volumen interior aprovechable de 24 m <sup>3</sup> . Debido al volumen del compresor (superior al usado para la refrigeración) y al material aislante. En este contenedor se pueden almacenar 190 canastillas de aguacate, con 10 kg de aguacate Hass cada una, para un total de 1900 kg de producto transportado por contenedor. Esta cantidad fue estimada mediante pruebas de laboratorio y escalada con la ficha técnica del equipo. Contenedores de 40 ft. No es necesario el suministro de agua.	Los equipos y materias primas son específicos para el material encapsulante (de acuerdo con su viscosidad, temperatura, etc.) y para la forma de incorporar el recubrimiento (impregnación, inmersión o aspersión). Debido a esto, se deben adquirir por separado los diferentes equipos que sirven de apoyo, como bandas transportadoras, túneles de secado del recubrimiento, recipientes y bombas para el transporte de los materiales encapsulantes, entre otros. Por estas razones, la estimación de los costos está sujeta a errores. Atomizador para la aplicación del recubrimiento. Transportador de bandas y secador de túnel para remover los excesos de recubrimiento. Sistema de refrigeración.
<b>Fuente de energía</b>	Eléctrica, 4704 kW	Eléctrica, 9744 kW.	Secador de túnel: 600 kW. Refrigerador: 4704 kW.
<b>Costo de equipo</b>	5000 USD 16.231.050 COP	11.000 USD 35.708.310 COP	Contenedores de 40 ft con sistema de refrigeración: 5000 USD. Atomizador: 7249 USD. Transportador de bandas: 2277 USD. Secador de túnel: 5118 USD.



<p><b>Costo de operaciones</b></p>	<p>Este equipo debe ser alimentado por una fuente eléctrica con un consumo de 4704 kW (Cepal, 2016). Debido a que se emplean 9,8kWh por 20 días, de acuerdo con Epsa (2019), este consumo tiene un costo de 1.643.578 COP (420 USD). También debe adquirirse un suministro de agua equivalente a 2000 L, con un costo de 1.750.132 COP (447 USD).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de agua 2000 L: 447 USD.</li> <li>Costo energético: 420 USD.</li> </ul>	<p>Este equipo debe ser alimentado por una fuente eléctrica con un consumo de 9744 kW (Cepal, 2016). Debido a que se emplean 20,3 kWh por 20 días, de acuerdo con Epsa (2019), este consumo tiene un costo de 3.404.554 COP (871 USD). Esta tecnología no requiere suministro de agua</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo energético: 871 USD</li> </ul>	<p>Para la cuantificación, los materiales y el consumo energético, se empleó la metodología descrita por Solís Jiménez <i>et al.</i> (2015). Para 4000 kg de aguacate a recubrir (capacidad del contenedor), se necesitan 15.200 kg de agua (66.798 COP/17 USD), 160 kg de glicerol (960.000 COP/245 USD) y 640 kg de almidón (1.728.000 COP/442 USD). El costo total de materias primas fue de 2.754.798 COP o 705 USD por 4000 kg de aguacate Hass.</p> <p>El costo de operación asociado al consumo eléctrico de cada equipo se calculó con el consumo nominal en kWh (fichas técnicas de los equipos), el tiempo de operación por cada lote (24h, aproximadamente) y la tarifa en COP/h (Epsa, 2019). El costo fue de 25.193 COP (6 USD) para la banda transportadora (3 kW/h), 100.771 COP (25 USD) para el secador de túnel (12 kW/h), 67.181 COP (17 USD) para el atomizador (8 kW/h), y 16.795 COP (4 USD) para el contenedor (2 kW/h) y el costo del sistema de refrigeración de 1.643.578 COP (420 USD). El costo energético total fue de 1.853.518 COP (474 USD), por 2500 kg de aguacate Hass.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de agua, glicerol y almidón de yuca: 441 USD.</li> <li>Consumo energético: 53 USD + 420 USD (sistema de refrigeración).</li> </ul>
------------------------------------	--	---	--



<b>Costo total (USD)</b>	El costo total de la alternativa se obtuvo en función del contenedor con refrigeración, el consumo de agua y el consumo energético. El costo total fue de 19.518.206 COP (4995 USD) para 4000 kg. La inversión inicial que debe realizarse es de 4880 COP (1 USD) por kg de aguacate exportado. 4995 USD por 4000 kg de aguacate Hass de exportación (valor asociado a la inversión inicial).	El costo total de la alternativa se obtuvo en función del contenedor con refrigeración y el consumo energético. El costo total fue 39.112.864 COP (10.009 USD) para 1900 kg, la inversión inicial que debe realizarse por aguacate es de 20.586 COP (5 USD) por kg de aguacate exportado. 9178 USD por 1900 kg de aguacate Hass de exportación (valor asociado a la inversión inicial).	El costo total de la alternativa fue calculado con el costo de los equipos, las materias primas y el consumo energético. El costo fue de 73.457.300 COP (18.799 USD) por 4000 kg de aguacate, la inversión inicial es de 19.516 COP/kg (4 USD/kg). Para los meses siguientes, los costos de operación son de 1843 COP/kg (0,47 USD/kg). 19.978 USD por 4000 kg de aguacate Hass de exportación (valor asociado a la inversión inicial).
<b>Capacidad del equipo</b>	Volumen de aprovechamiento: 50 m <sup>3</sup> .	Volumen de aprovechamiento: 24 m <sup>3</sup>	Volumen de aprovechamiento: 50 m <sup>3</sup> .
<b>Costos de operación/kg</b>			
<b>Costo de inversión inicial (USD/kg exportado)</b>	1,25	5,27	4,99
<b>Costo de operación (USD/kg exportado)</b>	0,21	0,46	0,47



Impacto al ambiente			
Atmosférica (Decreto 627 de 2006 y Resolución 2254 de 2017)	T (°C) del aire	Debido a la generación de calor, la alta temperatura puede estimular la formación de ozono en el aire. El ozono o <i>smog</i> se genera a partir de compuestos orgánicos volátiles y el O <sub>2</sub> en presencia de luz. El incremento de ozono en la atmósfera puede afectar la visión y el sistema respiratorio e inmunológico de las personas expuestas a estas condiciones (FAO, 2006; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). <b>Afecta</b>	Debido a la generación calor, la alta temperatura puede estimular la formación de ozono en el aire. El ozono o <i>smog</i> se genera a partir de compuestos orgánicos volátiles y el O <sub>2</sub> en presencia de luz. El incremento de ozono en la atmósfera puede afectar la visión, el sistema respiratorio e inmunológico de las personas expuestas a estas condiciones (FAO, 2006; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). <b>Afecta</b>
	Ruido	<b>No afecta</b>	Por otra parte, debido al trabajo que debe ejercer el compresor, este emite ruido y algunas veces excede los límites permitidos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2006). <b>Afecta</b>
Suelos (Decreto 1974 de 1989 y Decreto 605 de 1996)	Residuos sólidos	<b>No afecta</b>	<b>No afecta</b>



<p><b>Recursos hídricos (Decreto 3930 de 2010 y Resolución 883 de 2018)</b></p>	<p>Consumo</p>	<p>El sistema de refrigeración emplea agua para el control de la humedad relativa del contenedor. Este consumo genera demanda de los recursos hídricos (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010). <b>Afecta</b></p>	<p>El sistema de refrigeración emplea agua para el control de la humedad relativa del contenedor. Este consumo genera demanda de los recursos hídricos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). <b>Afecta</b></p>	<p>El sistema de refrigeración emplea agua para el control de la humedad relativa del contenedor. Este consumo genera demanda de los recursos hídricos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).  El sistema de atomización es alimentado con una fuente fija de agua. Este consumo genera demanda de los recursos hídricos (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010)</p>
	<p>Vertimientos líquidos</p>	<p><b>No afecta</b></p>	<p>El sistema de refrigeración condensa vapores al final de la operación. El agua que ha estado en contacto con los aguacates puede exceder los límites de permitidos de DBO (demanda biológica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno). Esto puede deberse a la transferencia de material orgánico desde los aguacates hacia el material líquido (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Durante la descongelación de los frutos, también puede incrementarse el DBO y DQO en la fusión del hielo. <b>Afecta</b></p>	<p>El recubrimiento debe ser removido de los aguacates con abundante agua al consumir el producto. Este contacto con los aguacates puede exceder los límites permitidos de DBO (demanda biológica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno). Esto puede deberse a la transferencia de material orgánico de los aguacates hacia el material líquido (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). El material de recubrimiento que no tuvo contacto con el producto y no pudo ser recuperado en la aspersión se vierte en acueductos y alcantarillado, incrementando el DBO y DQO de los cuerpos hídricos. <b>Afecta</b></p>



<p><b>Energético</b> (Ley 697 de 2001 y Decreto 3450 de 2008)</p>	<p>Consumo</p>	<p>El sistema debe proporcionar energía eléctrica al compresor. Este, a partir de cambios en la energía del sistema, reduce la temperatura de los frutos. El aprovechamiento de la energía impacta en el uso y racionamiento de la misma (Ministerio de Minas y Energía, 2001, 2008). <b>Afecta</b></p>	<p>El sistema debe proporcionar energía eléctrica al compresor. Este, a partir de cambios en la energía del sistema, reduce la temperatura de los frutos y congela la fase líquida del producto. El aprovechamiento de la energía impacta en el uso racional y eficiente de la misma (Ministerio de Minas y Energía, 2001, 2008). <b>Afecta</b></p>	<p>El sistema debe proporcionar energía a 3 equipos más que los de las otras 2 alternativas: el sistema atomizador, el transportador de bandas y el secador de túnel. Esta demanda impacta en el uso racional y eficiente de la energía. (Ministerio de Minas y Energía, 2001, 2008). <b>Afecta</b></p>
<p><b>Facilidad de realizar la transferencia tecnológica del proceso</b></p>				
<p><b>Refrigeración</b></p>	<p>Hay empresas colombianas, al menos 1 en el Valle del Cauca, dedicadas a la exportación de aguacate Hass que cuentan con sistemas de refrigeración en los contenedores. Las empresas con esta tecnología no deben invertir capital adicional. Este proceso requiere de personal capacitado para realizar una selección de los frutos según la Norma del Codex para el aguacate (1995). También se requiere que el personal manipule correctamente el alimento durante el proceso, cumpliendo con las normas solicitadas.</p>			
<p><b>Congelación</b></p>	<p>Puede realizarse un acondicionamiento de la alternativa de refrigeración para implementar la congelación, para ello debe incrementarse la capacidad frigorífica del sistema. Las empresas deberán invertir capital para la implementación de esta. Este proceso requiere de personal capacitado para realizar una selección de los frutos según la Norma del Codex para el aguacate (1995). También se requiere que el personal manipule correctamente el alimento durante el proceso, cumpliendo con las normas requeridas.</p>			
<p><b>Recubrimientos</b></p>	<p>Se desconocen reportes de empresas que exporten aguacate Hass con aplicación de recubrimientos. De acuerdo con la revisión realizada, es probable que esta alternativa esté desarrollada a nivel de laboratorio y a la fecha no se haya escalado. Por otra parte, se desconoce si los frutos puedan conservarse el tiempo suficiente para ser exportados. Debe realizarse la inversión de capital para la implementación, este dinero podría ser recuperado rápidamente, debido a los costos de operación. Este proceso requiere de personal especializado en recubrimientos para realizar el trabajo de manera correcta; además, el personal debe estar capacitado para realizar una selección de los frutos según la Norma del Codex para el aguacate (1995). También se requiere que la manipulación del alimento se realice cumpliendo con las normas solicitadas durante el proceso.</p>			

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes citadas en la tabla.



### **Selección del proceso para aceite de aguacate**

Como se ha mencionado, el aceite de aguacate es un producto prometedor que puede ampliar la oferta exportable del país en los mercados internacionales. Por lo cual, surge la necesidad de definir un proceso para la producción de un aceite de calidad, que cumpla con las expectativas de los nuevos mercados. Por ello, se plantea el desarrollo de esta vigilancia, enfocada en la selección del proceso apropiado para obtener este aceite.

### **Artículos científicos relacionados con aceite de aguacate**

Santana, I., dos Reis, L. M. F., Torres, A. G., Cabral, L. M. C. y Freitas, S. P. (2015). Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(7), 999-1007.

Santana *et al.* investigaron la influencia del secado y la extracción en la calidad del aceite de aguacate Hass. La pulpa de los aguacates se secó en microondas. El aceite de aguacate se extrajo mediante prensado con *expeller* o extracción con solvente, con éter de petróleo o etanol. Se obtuvo que el aceite prensado con *expeller* presentó el menor índice de acidez y peróxido, y la mayor estabilidad oxidativa respecto al obtenido con solventes.

Oliveira, M. C., Pio, R., Ramos, J. D., Lima, L. C. O., Pasqua, M. y Santos, V. A. (2013). Phenology and physical and chemical characterization of avocado fruits for oil extraction. *Ciencia Rural*, 43(3), 411-418.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características fenológicas y físicoquímicas de los cultivares de aguacate en las condiciones de las tierras altas de la cordillera Mantiqueira en São Bento do Sapucaí-SP, con el objetivo de extraer aceite. Las evaluaciones se llevaron a cabo en los cultivares Ouro Verde, Wagner, Campinas, Paulistinha, Fuerte, Pedroso, Margarida, Hass, Fortuna, Quintal y Reis. Las características fenológicas se evaluaron en los ciclos 2008/09 y 2009/10, diámetro longitudinal y transversal, porcentajes de pulpa, cáscara y núcleo en relación con la masa total y composición proximal. También se realizó el perfil de los principales ácidos grasos presentes en el aceite crudo extraído de los cultivares ricos en lípidos.

Wong, M., Ashton, O. B. O., McGhie, T. K., Requejo-Jackman, C., Wang, Y. y Woolf, A. B. (2011). Influence of proportion of skin present during malaxing on pigment composition of cold pressed avocado oil. *Jaocs: Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(9), 1373-1378.

Se determinó el efecto de la proporción de tejido de piel de aguacate Hass presente durante la extracción acuosa de aceite de aguacate prensado en frío sobre la concentración de pigmento y la calidad del aceite. Se incluyeron cantidades crecientes de piel (es decir, del 0 al 100 % de la piel disponible) con la pulpa antes de la molienda y la malaxificación en un



proceso de extracción a presión de laboratorio, a escala de laboratorio. Los aceites recuperados fueron analizados para evaluar la calidad y el color del aceite. La concentración de carotenoides, luteína y clorofila en los aceites aumentó a medida que la cantidad de piel añadida al malaxado también aumentó. El color verde del aceite de aguacate prensado en frío y las concentraciones de pigmento aumentaron con el incremento de piel en el malaxado.

Wong, M., Ashton, O., Requejo-Jackman, C., McGhie, T., White, A., Eyres, L., Sherpa, N. y Woolf, A. (2008). Avocado oil: The color of quality. *ACS Symposium Series*, 983, 328-349.

El aceite de aguacate prensado en frío y extraído del cultivar Hass (*Persea americana* Mill.) tiene un color verde intenso que contribuye a su apariencia e identidad únicas. El color se atribuye a los pigmentos de clorofila extraídos en el aceite de la pulpa y del tejido de la piel presente durante el proceso de extracción. El aceite también contiene altas concentraciones de pigmentos carotenoides, entre los que predomina la luteína. La concentración de pigmentos en el aceite depende del cultivar, la madurez, el almacenamiento de la fruta antes de la extracción, el tipo de tejido extraído y las condiciones de procesamiento utilizadas. A medida que la fruta madura, las concentraciones de pigmento disminuyen en la piel y la pulpa. El almacenamiento del aceite de aguacate produce una pérdida de clorofila, que depende de los niveles de temperatura, luz y oxígeno, mientras que los carotenoides son relativamente estables. Con la disminución de las clorofilas, el aceite cambia de color verde esmeralda a amarillo dorado. Para retener la calidad del color del aceite de aguacate, se requiere mantener altas concentraciones de pigmento durante y después de la extracción.

### Patentes relacionadas con aceite de aguacate

1	Número de publicación: WO200604388
Title: Method of obtaining extra-virgin oil from avocado pulp and a residual paste that is low in calories, which causes less environmental pollution Título: Método para la obtención de aceite extravirgen de la pulpa de aguacate y una pasta residual baja en calorías con menor contaminación ambiental	
Países de publicación: México	
Solicitante: Instituto Politécnico Nacional	
Estado legal: activa Uso en Colombia: no disponible	
Contenido técnico: con la invención se desarrolla una tecnología para la obtención de aceite extravirgen de la pulpa de aguacate de cualquier variedad, sin el empleo de disolventes ni reactivos químicos, y sin la etapa del malaxado, que consiste en la adición de agua o soluciones reguladoras a la pulpa antes de la extracción del aceite. El problema que se resuelve es la menor generación de contaminantes al medioambiente. Además, se genera una mayor retención de compuestos liposolubles de tipo nutracéutico.	



**Opinión del experto (profesional):** la invención tiene como temática interesante el impacto al medioambiente de la producción de aceite de aguacate. Además, la tecnología presentada que aplica a cualquier variedad amplía las posibilidades de escalamiento. El retirar una etapa en la producción, favorece la disminución de costos en la producción del aceite de aguacate.

2	Número de publicación: CN105349589
Title: <i>Persea americana</i> oil enzymolysis extraction method Título: Método de extracción de aceite de <i>Persea americana</i> por enzimólisis	
Países de publicación: China	
Solicitante: Universidad de Guangxi	
Estado legal: activa	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: la invención pertenece al campo técnico de la bioingeniería y, en particular, se refiere a un método de extracción de enzimólisis con aceite de <i>Persea americana</i> que comprende los siguientes pasos: formación de pulpa, desnaturalización de enzimas, ajuste de la concentración de pulpa, enzimólisis y separación de residuos de aceite y agua. Según el método, en todo el proceso, la temperatura de los materiales no es superior a 80 °C, por lo que no se pueden generar materiales amargos, y el aceite de <i>Persea americana</i> obtenido es menor en impurezas, bajo en índice de acidez y bueno en color y brillo. El método adopta los medios de enzimólisis para dañar la estructura celular de la pulpa, el aceite se puede separar en la medida de lo posible, la tasa de extracción de aceite mejora considerablemente y la proporción de extracción de aceite de <i>Persea americana</i> puede alcanzar el 94,26 %.	

**Opinión del experto (profesional):** aunque es una invención innovadora, puede tener limitaciones en su escalamiento debido al costo del proceso enzimático. La invención reporta temperaturas menores a 80 °C; aun así, se considera que esta temperatura es elevada y puede favorecer la degradación de compuestos bioactivos presentes en el aguacate.

3	Número de publicación: KR20180064978
Title: Functional avocado oil having improved antioxidant effect and method for manufacturing the oil Título: Aceite de aguacate funcional con efecto antioxidante mejorado y método para fabricar el aceite	
Países de publicación: Corea	
Solicitante: Avo F&C Co. Ltda.	
Estado legal: aplicación rechazada	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: la presente invención se refiere al aceite de aguacate funcional con actividades antioxidantes mejoradas. En esta se usan semillas de aguacate que normalmente se desechan y un método de producción. Para este fin, el aceite de aguacate funcional se prepara agregando un extracto de semilla de aguacate al aceite de aguacate.	



**Opinión del experto (profesional):** esta invención es interesante desde el punto de vista de los compuestos bioactivos que se resaltan en la misma. El uso de un subproducto generado en la producción da un impacto positivo a la invención, al manejo de residuos y a su aprovechamiento económico en la escala industrial.

### ***Alternativas tecnológicas para la selección del proceso de aceite de aguacate***

El aceite de aguacate es rico en ácidos grasos monoinsaturados y tocoferoles que tienen un gran beneficio cuando se consumen. Es una fuente importante de vitaminas, que contiene 12 de las 13 vitaminas existentes, al igual que minerales como magnesio, fósforo, cobre, hierro y calcio (Herazo, 2018). Las propiedades hipocolesterolémicas y hepatoprotectoras del aceite de aguacate han sido reportadas por Tan *et al.* (2018). Estos beneficios para la salud asociados son atribuibles a las propiedades del aceite de aguacate, que no contiene colesterol ni ácidos grasos trans, mientras que es rico en ácidos grasos insaturados (ácidos oleico y linolénico), tocoferoles y fitoquímicos bioactivos como fitoesteroles, carotenoides y polifenoles.

Como es evidente, el aceite es rico en diversos componentes bioactivos y funcionales; sin embargo, presenta limitantes en la producción industrial con pérdida de calidad en el proceso tradicional de extracción de aceites vegetales, debido al uso de solventes orgánicos de los cuales quedan trazas en los aceites comestibles y a las altas temperaturas de los procesos de refinación subsiguientes a la extracción. Por lo anterior, la búsqueda de procesos de extracción sin refinación que protejan estos compuestos bioactivos es objeto de investigación en los últimos años.

Para mantener la calidad fisicoquímica y funcional del aceite de aguacate es necesario utilizar metodologías no agresivas diferentes al uso de solventes o altas temperaturas. Por consiguiente, se pretende hacer una revisión de las tecnologías emergentes en la producción de aceite, para seleccionar el método que permita obtener aceite de aguacate Hass de calidad fisicoquímica y funcional superior al extraído con solventes, y que permita una mejora del proceso, comparando la disponibilidad y el costo de los equipos requeridos para la producción, así como el costo de operación de estos, el impacto ambiental y la facilidad de la transferencia tecnológica.

Existen diferentes tecnologías utilizadas para la obtención del aceite de aguacate, algunas de ellas son la extracción por prensado en frío, aplicada para semillas con alto contenido de aceite (esta presenta un rendimiento entre un 10 y 12 % del total del contenido graso para la variedad Hass); extracción por enzimas hidrolíticas (permite recuperar hasta un 80 % del total del contenido graso); y centrifugación, entre otros.

La extracción con solventes orgánicos, como el hexano, usualmente es aplicada para semillas con bajo contenido de aceite (menor al 20 %), como la soya, en las que es posible alcanzar rendimientos de aceite por encima del 95 % del total del contenido graso, con una



recuperación de solventes de más del 95 %. Debido a que las principales preocupaciones de este proceso han sido las implicaciones de seguridad que rodean el uso de hexano, pues es peligroso para la salud humana y tiene propiedades cancerígenas y tóxicas (Restrepo *et al.* 2012), este método no se consideró como una alternativa para la producción de aceite de aguacate Hass.

Las alternativas por evaluar fueron tomadas de los resultados de patentes de la vigilancia tecnológica<sup>3</sup>. Estas se listan a continuación:

- Obtención de aceite de aguacate por secado con microondas y centrifugación.
- Obtención de aceite de aguacate Hass por hidrólisis enzimática y centrifugación de la pulpa.
- Obtención de aceite de aguacate Hass por secado de la pulpa (por ventana de refractancia o por liofilización) y prensado en frío de la pulpa deshidratada.

Las etapas del proceso productivo de cada alternativa se presentan en la figura 19.

### **Alternativa 1: microondas-centrifugación**

- **Metodología:** la metodología para obtener aceite de aguacate consiste en el lavado, desinfección y despulpado de los frutos. La pulpa de aguacate se corta en trozos y se calienta en microondas para deshidratarla. Esta pulpa deshidratada se pasa por un *expeller* para obtener el aceite, el cual se somete a refrigeración para disminuir la temperatura y, finalmente, centrifugar. De esta manera, se obtiene un aceite sin residuos. La pasta residual se deshidrata por microondas. Es probable que este proceso solo se haya ejecutado a escala de laboratorio.
- **Equipos:** la disponibilidad de equipos para llevar a cabo la extracción de aceite de aguacate Hass es el principal indicador para determinar el costo de los equipos. El equipo para el secado por microondas no se encuentra disponible en Colombia, ya que la empresa que lo fabrica tiene su sede en China y no cuenta con sedes en Latinoamérica.

La cuantificación de los costos de operación para esta alternativa se presenta en la tabla 13.

---

3 Entregable de la actividad 1. Primer entregable (actividades específicas 1 y 2) por parte de la Universidad del Valle a la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, el 5 de mayo de 2020, titulado *Vigilancia tecnológica y revisión de estándares internacionales para Aguacate Hass (Persea americana) en el marco del proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente.*



**Tabla 13.** Costo estimado de funcionamiento de equipos para la alternativa de microondas-centrifugación

Equipo	kW	Tiempo de funcionamiento (h)	Costo kWh (COP)	Costo kWh (USD)
Microondas 1	45	2	31.446	8
Microondas 2	45	2	31.446	8
Centrifuga	190	4	265.544	67
Bomba	3	4	4193	1
Tanque de refrigeración*	2217	2	1.549.240	393
Tanque de refrigeración**	18,5	24	155.134	39
Chiller	45	24	377.352	95
Clarificadora	190	4	265.544	67
<b>Total por día productivo</b>			<b>2.679.898</b>	<b>680</b>

\*Para el proceso de enfriamiento

\*\*Para mantener en enfriamiento por 24h

Fuente: elaboración propia.

### Alternativa 2: hidrólisis enzimática

- Metodología:** esta consiste en el lavado, desinfección y despulpado de los frutos. Seguidamente, la pulpa de aguacate se mezcla con agua a 65 °C y se somete a hidrólisis enzimática. Esta mezcla resultante se centrifuga para obtener el aceite. Esta alternativa fue tomada de los resultados de patentes de la vigilancia tecnológica. Es probable que este proceso solo se haya ejecutado a escala de laboratorio.
- Equipos:** en Colombia, Chile y México, se están investigando métodos de extracción mediante procesos enzimáticos combinados con métodos mecánicos para aumentar el rendimiento en la extracción de aceite de aguacate Hass. Los preparados celulolíticos comerciales se han aplicado con éxito para facilitar y aumentar la liberación del aceite contenido en los idioblastos del mesocarpio. Los estudios de extracción enzimática emplean diferentes condiciones, tales como variación en pH, temperatura, tiempo de incubación de la enzima, composición del sustrato, velocidad de agitación y métodos de separación del aceite, ya que el estado de madurez de la fruta incide sobre el rendimiento. Esto se debe a que, durante la maduración después de ser cosechado el fruto de aguacate, el contenido de agua en este es gradualmente remplazado por aceite. Esta afirmación es comparada en un estudio de la Universidad de Guanajuato, México, que evalúa el contenido de aceite en aguacate Hass (*Persea americana* Mill) para diferentes estados de madurez. Dicho estudio obtuvo los siguientes porcentajes de aceite: 23,41 % para estado sobremaduro, 22,88 % para estado maduro y 22,24 % para estado sin



madurar. En el presente estudio se descarta el estado sobremaduro, de acuerdo con recomendaciones de Corpoica, que afirma que la extracción de aceite en aguacates sobremaduros favorece la oxidación de este (Buelvas, 2012).

En cuanto al costo de operación de los equipos contemplados en esta alternativa, se calculó teniendo en cuenta la energía requerida y la capacidad de producción para el consumo de la enzima. Los costos se presentan en la tabla 14.

**Tabla 14.** Costo estimado de funcionamiento de equipos para hidrólisis enzimática

Equipo	kW	Tiempo de funcionamiento (h)	Costo kWh (COP)	Costo kWh (USD)
Tanque	18,5	4	25.856	6
Bomba	3	4	4193	1
Centrifuga	190	4	265.544	67
Clarificadora	190	4	265.544	67
<b>Total por día productivo</b>			<b>561.136</b>	<b>143</b>

Fuente: elaboración propia.

### Alternativa 3: prensado en frío

- **Metodología:** esta consiste en el lavado, desinfección y despulpado de los frutos. Se sugiere que el despulpado sea en máquina, para que se obtenga un puré de aguacate. Este se dispone en bandejas para secar por ventana de refractancia o por liofilización y, posteriormente, la pulpa deshidratada se ubica en la prensa para obtener el aceite.
- **Equipos:** Dado que la pulpa del aguacate tiene un contenido de agua aproximado de 70 % (b. h.), la extracción del aceite presente en la pulpa mediante el uso de presiones hidráulicas requiere de secado previo antes de la extracción (Yepes, Sánchez y Máquez., 2017). La técnica de secado por ventana de refractancia es una alternativa para reducir la degradación de la calidad fisicoquímica, nutricional y organoléptica de alimentos sensibles al calor, y para mejorar la eficiencia energética de la operación de secado, dado que es capaz de deshidratar alimentos en cortos tiempos, manteniendo su integridad con respecto a aromas, sabores, color y nutrientes (Clarke 2004; Nindo, 2007; Baeghbali *et al.*, 2016).

Otro método de secado contemplado en esta alternativa es la liofilización, también conocida como secado por congelación. Esta es una técnica en la que se elimina el hielo a alto vacío y a bajas temperatura a través de un proceso de sublimación. Es ampliamente utilizada en la producción de biofármacos y en la conservación



de alimentos por la estabilización que les brinda a dichas sustancias al inhibir las reacciones de degradación física o química.

El proceso se puede describir en 3 pasos: el primero es la congelación, en el que se separa el agua de los otros componentes al disminuir la temperatura para que se forme hielo; el segundo paso es un secado primario en el que se retira el agua congelada por sublimación; el tercer paso consiste en eliminar otra cantidad de agua que no se haya congelado y es llamado secado secundario. Esta parte del proceso se realiza a mayor temperatura que las etapas anteriores y a baja presión. La mayoría de las investigaciones se han enfocado en el proceso de secado en primera instancia; sin embargo, se ha reportado que el proceso de congelación tiene influencia en la calidad del producto final. Una desventaja de este proceso es que es costoso y requiere de mucho tiempo. Una ventaja es la conservación significativa de propiedades fisicoquímicas y componentes volátiles; además, se puede reconstituir o hidratar con facilidad el producto, entre otros aspectos (Restrepo, 2012).

En la tabla 15 se presentan los costos para el secado por VR y en la tabla 16 para el secado por liofilización.

**Tabla 15.** Costo estimado de funcionamiento de equipos para la alternativa 3: secado por VR-prensado en frío

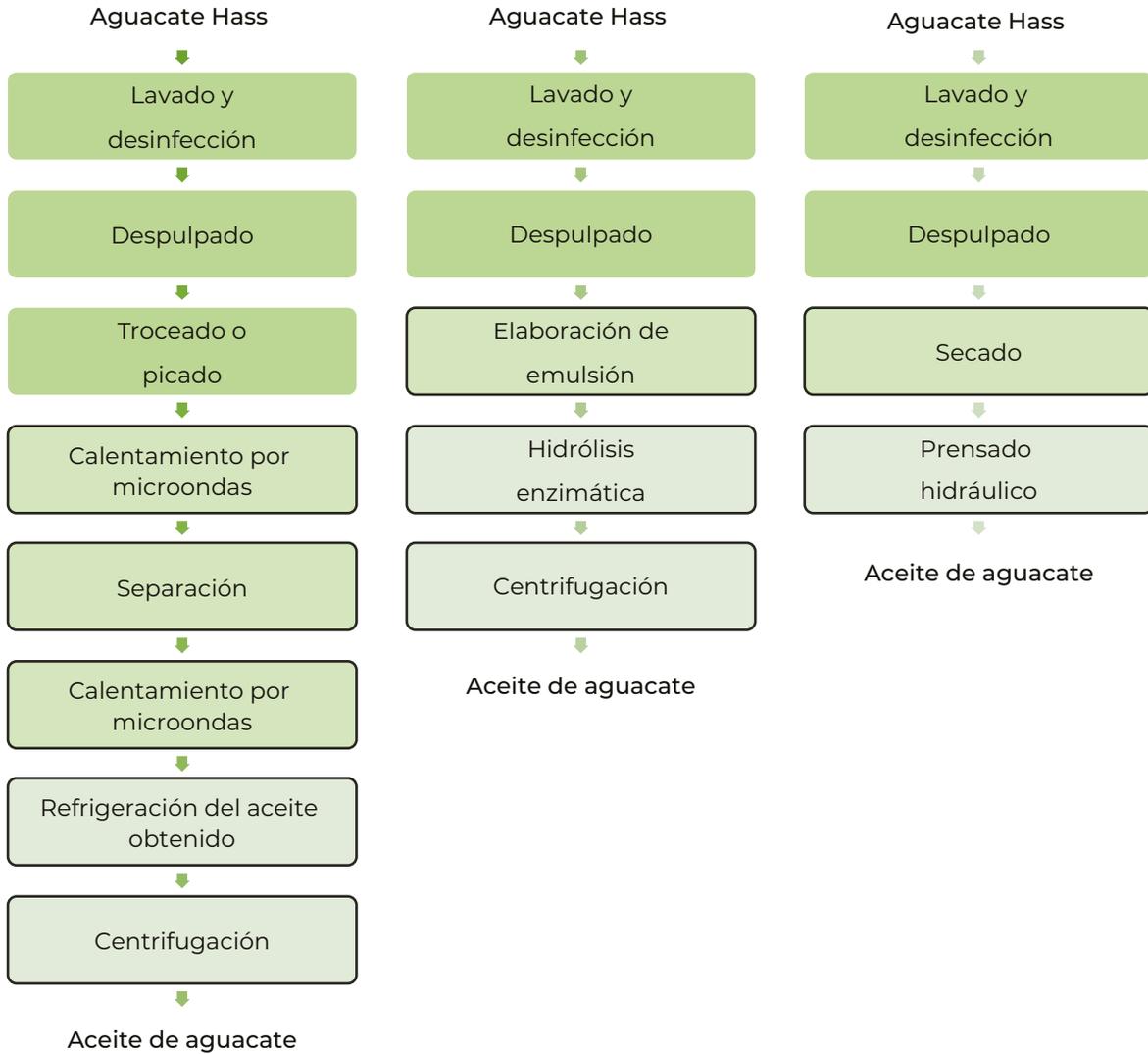
Equipo	kW	Tiempo de funcionamiento (h)	Costo kWh (COP)	Costo kWh (USD)
Secador por VR	50	5	87.350	23
Prensa hidráulica	5	4	6988	2
<b>Total por día productivo</b>			<b>94.338</b>	<b>25</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 16.** Costo estimado de funcionamiento de equipos para la alternativa 3: secado por liofilización-prensado en frío

Equipo	kW	Tiempo de funcionamiento (h)	Costo kWh (COP)	Costo kWh (USD)
Liofilizador	50	15	209.640	70
Prensa hidráulica	5	4	6988	2
<b>Total por día productivo</b>			<b>269.038</b>	<b>72</b>

Fuente: elaboración propia.



**Figura 19.** Alternativas contempladas para el procesamiento de aguacate Hass y obtención de aceite vegetal  
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta la evaluación de procesos para aceite de aguacate Hass (ver tabla 17).



Tabla 17. Evaluación de procesos para aceite de aguacate Hass

Criterios	Microondas-centrifugación	Hidrólisis enzimática	Prensado en frío	
Equipos	Este proceso tiene 2 etapas de secado por microondas. Para evitar contraflujos y cuellos de botella se disponen 2 sistemas de secado por microondas. Para la refrigeración del aceite obtenido, se contempla 1 tanque enchaquetado y con agitación, cuya fuente de enfriamiento es un <i>chiller</i> . Este tanque puede ser suministrado por CEI Robots. La disponibilidad también se encuentra limitada en la centrifuga, pues, aunque la empresa cuenta con oficinas en Colombia, el equipo es importado desde Suiza. No hay evidencia de la implementación de esta tecnología en Colombia; por tanto, se requiere de la importación del horno microondas, la centrifuga, la clarificadora y el <i>chiller</i> .	Para la hidrólisis enzimática, se puede contar con un tanque de acero provisto de agitación para homogenizar la mezcla al adicionar el compuesto enzimático. Debe estar provisto de un control de temperatura para garantizar las condiciones necesarias por la enzima para actuar. Empresas como CEI Robots, en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, pueden proveer este tanque. Para la separación del aceite del material sólido es necesario el uso de una centrifuga, que se puede obtener en la empresa Gea Andina SAS (aunque la empresa cuenta con oficinas en Colombia, el equipo es importado desde Suiza). Junto con este equipo se encuentra la clarificadora, suministrada por la misma empresa. Se debe tener en cuenta que el producto desde el tanque de hidrólisis se transporta por tubería de acero inoxidable y bombeo hacia la centrifuga, esta puede ser suministrada por CEI Robots, al igual que el conjunto de tuberías. No hay evidencia de la implementación de esta tecnología en Colombia, solo publicaciones científicas a escala de laboratorio.	Para la hidrólisis enzimática, se cuenta con disponibilidad en el Valle del Cauca para esta tecnología. En caso de que se plantee el secado por ventana de refractancia, CEI Robots puede proveer el equipo. Si el secado es planteado por liofilización, la empresa Kemolo, en China, provee liofilizadores. Se seleccionó el modelo de 300 kg que incluye la unidad de congelación. Para el proceso de prensado en frío, CEI Robots fabrica esta prensa con una capacidad de 15-17 kg de pulpa seca/bache de prensado.	



<p>Costo de equipos</p>	<p>Horno microondas: 29.920 USD. Tanque de refrigeración: 10.666 USD. <i>Chiller</i>: 2262 USD. Centrifuga: 50.413 USD. Clarificadora: 30.476 USD. Bomba para transporte (1): 378 USD. Conjunto de tubería en acero inoxidable: 2539 USD. Total: 126.659 USD. Queda pendiente estimar el costo de importación del horno microondas, la centrifuga, la clarificadora y el <i>chiller</i>.</p>	<p>Tanque de hidrólisis: 5841 USD. Centrifuga: 50.413 USD. Clarificadora: 30.476 USD. Bomba para transporte (1): 378 USD. Conjunto de tubería en acero inoxidable: 2539 USD. Total: 44.277 USD. Pendiente estimar el costo de la importación de la centrifuga y la clarificadora.</p>	<p>Opción 1: ventana de refractancia Secador por VR: 94.748 USD. Prensa Hidráulica: 16.773 USD. Total opción 1: 111.522 USD. Opción 2: liofilización Liofilizador: 129.556 USD. Prensa Hidráulica: 16.773 USD Total opción 2: 146.330 USD</p>
<p>Costo de operaciones</p>	<p>En cuanto al costo de operación de estos equipos, se calculó teniendo en cuenta la energía requerida y el peso del producto. Adicionalmente, para el proceso de refrigeración del aceite, se calculó el calor por remover. Para evitar el deterioro del aceite crudo, se estableció un tiempo de 2 h para el enfriamiento. Se obtuvo entonces que el consumo energético para disminuir la temperatura de 55 °C a 3 °C en 2 h es de 2217 kW. <b>680 USD</b></p>	<p>La enzima que se utiliza para el proceso es la poligacturonasa, esta puede ser proporcionada por la empresa Proenzymas SAS. La dosis recomendada es de 180 ml para 1000 kg de pulpa. Como la base de cálculo para esta comparación es 1000 kg/día y la pulpa es aproximadamente el 50 % del peso de aguacate, se asume que la cantidad de pulpa por procesar es de 500 kg/día; por tanto, se requerirán como mínimo 90 ml por día de producción. El costo por kg o litro de la enzima es de 176.000 COP (44 USD), esto sería por día de producción, aproximadamente. <b>142 USD</b></p>	<p>El costo de operación de estos equipos se calculó teniendo en cuenta la energía requerida y el peso del producto. Para el secado por ventana de refractancia, se contempló un tiempo de secado promedio de 5 h, mientras que por liofilización el tiempo de secado es mínimo 15 h. <b>VR: 25 USD</b> <b>Liofilización: 72 USD</b></p>



Impacto al ambiente				
	Material particulado	No afecta	No afecta	No afecta
Atmosférico (Decreto 627 de 2006 y Resolución 2254 de 2017)				Vapor de agua en el proceso de secado por ventana de refractancia, pero este no se considera gas de invernadero. <b>No afecta</b>
	Ruido	Se presenta emisión de ruido de las bombas para transportar la emulsión, del sistema de agitación del tanque de refrigeración y del <i>chiller</i> . <b>Afecta</b>	Emisión de ruido por funcionamiento de la centrifuga y la bomba <b>Afecta</b>	El equipo de ventana de refractancia no emite ruido, al igual que la prensa, mientras que el liofilizador emite ruido por su funcionamiento. <b>Afecta solo si se considera secar por liofilización</b>
Suelos (Decreto 1974 de 1989 y Decreto 605 de 1996)	Residuos sólidos	Cáscara y semilla, además de pulpa desengrasada <b>Afecta</b>	Cáscara y semilla, además de pulpa desengrasada <b>Afecta</b>	Cáscara y semilla, además de pulpa desengrasada <b>Afecta</b>
Recursos hídricos (Decreto 3930 de 2010 y Resolución 883 de 2018)	Consumo	Para este proceso no se contempla el uso de gas natural como fuente energética; por tanto, hay consumo fuentes hídricas y energéticas para los equipos. <b>Afecta</b>	Para este proceso no se contempla el uso de gas natural como fuente energética. Impacto en fuentes hídricas y energéticas por el consumo de los equipos. <b>Afecta</b>	Para este proceso no se contempla el uso de gas natural como fuente energética. El impacto está dirigido principalmente al consumo energético; por tanto, pueden afectarse las fuentes hídricas. <b>Afecta</b>
	Vertimientos líquidos	Por motivos del lavado de maquinarias, el vertimiento líquido, que presentaría residuos grasos de aguacate, puede alterar la DBO <sub>5</sub> y la DQO. <b>Afecta</b>	Por motivos del lavado de maquinarias, el vertimiento líquido que presentaría residuos grasos de aguacate puede alterar la DBO <sub>5</sub> y la DQO. <b>Afecta</b>	Por motivos del lavado de maquinarias, el vertimiento líquido que presentaría residuos grasos de aguacate puede alterar la DBO <sub>5</sub> y la DQO. <b>Afecta</b>
Energético (Ley 697 de 2001 y Decreto 3450 de 2008)	Consumo	<b>Afecta</b>	<b>Afecta</b>	<b>Afecta</b>



Facilidad de realizar la transferencia tecnológica del proceso	
Microondas-centrifugación	Este proceso requiere de personal capacitado en el proceso de selección y aplicación de criterios de calidad en el aguacate, además de en el manejo de los equipos como el secador por microondas, el <i>expeller</i> y la centrifuga. También se requiere que el personal manipule correctamente el alimento durante el proceso, cumpliendo con las normas solicitadas. Para ello, debe estar capacitado en buenas prácticas de manufactura, según la resolución 2674 de 2013. No hay evidencia de la implementación de esta tecnología en Colombia; por tanto, se requiere de la importación del horno microondas, la centrifuga, la clarificadora y el <i>chiller</i> . Hasta el momento en Colombia no hay reporte de usar estos 2 procesos para la obtención de aceite vegetal.
Hidrólisis enzimática	Este proceso requiere de personal capacitado en el proceso de selección y aplicación de criterios de calidad en el aguacate, además de en el manejo de los equipos como el tanque de enzimólisis y la centrifuga. Adicionalmente, se requiere que el personal tenga experiencia en el manejo de enzimas, por lo que es necesario que sea especializado. También se requiere que el personal manipule correctamente el alimento durante el proceso, cumpliendo con las normas solicitadas. Para ello, debe estar capacitado en buenas prácticas de manufactura, según la resolución 2674 de 2013. No hay evidencia de la implementación de esta tecnología en Colombia, solo publicaciones científicas a escala de laboratorio.
Prensado en frío	Este proceso requiere de personal capacitado en el proceso de selección y aplicación de criterios de calidad en el aguacate, además de en el manejo de los equipos como el secador por ventana de refractancia o el liofilizador y la prensa hidráulica. También se requiere que el personal manipule correctamente el alimento durante el proceso, cumpliendo con las normas solicitadas. Para ello, debe estar capacitado en buenas prácticas de manufactura, según la resolución 2674 de 2013. El prensado en frío es una tecnología ampliamente utilizada en la producción de aceites como el aceite de oliva, de ajonjolí o sachá inchi. Se tiene evidencia de la implementación del prensado en frío para la extracción de aceite de aguacate en Colombia, en áreas de cultivo de aguacate Hass.

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes mencionadas dentro de la tabla.



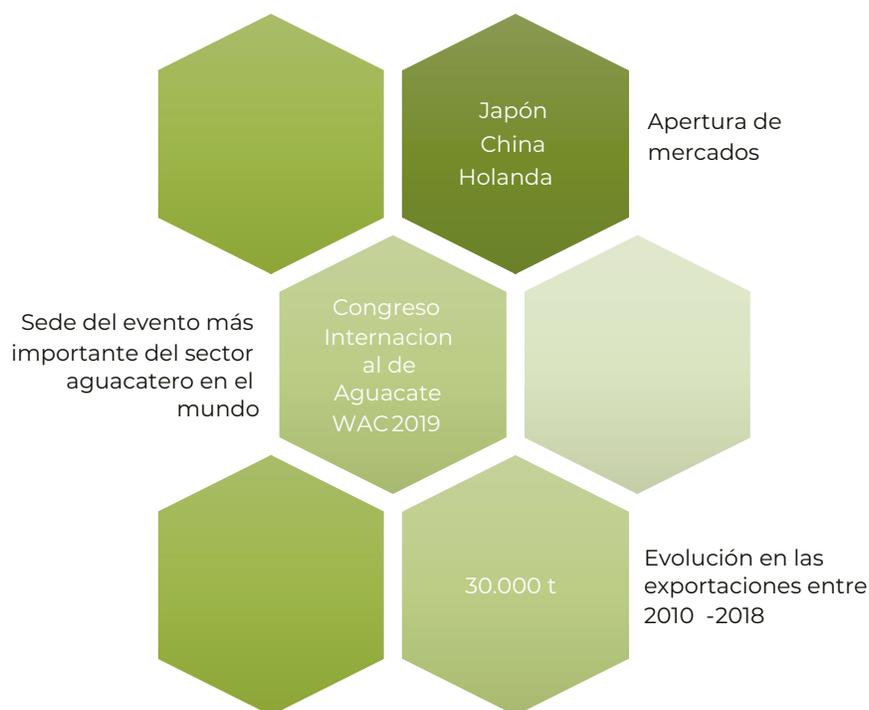
## Vigilancia competitiva

El objetivo de esta vigilancia se enfoca en identificar competidores actuales y potenciales. Para esto, se determinaron las principales compañías importadoras y procesadoras de aguacate Hass y aceite de aguacate en el mundo, además de las principales compañías comercializadoras y sus respectivos productos.

### Aguacate Hass fresco

El aguacate Hass es uno de los alimentos que cada día sigue en aumentando su preferencia en el exterior, por lo que los Ministerios de Comercio y Agricultura lo están impulsado como alternativa para diversificar la oferta exportadora del país y promover el crecimiento del mismo, pues en julio del 2019, el Fondo Monetario Internacional (FMI) disminuyó 0,1 % a Colombia en las perspectivas de crecimiento económico (Arias, 2019a, 2019b, 2019c, 2020).

En la figura 20 se presenta el resultado de los esfuerzos conjuntos del Gobierno de Colombia, Procolombia y Corpohass para impulsar el mercado del aguacate Hass:



**Figura 20.** Logros para industria del aguacate Hass

Fuente: elaboración propia a partir de datos de El Colombiano (2020).

De acuerdo con esta información, El Colombiano y Portafolio resaltan en cuanto al aguacate Hass:

- La apertura de la planta Green SuperFood el 28 de enero de 2020 para el procesamiento y exportación de aguacate Hass en La Tebaida, Quindío.
- La compra por parte del Grupo Israelí Managro del total de las operaciones, marcas y maquinaria de Pacific Fruits SAS, la empresa vallecaucana que cerró 2019 con exportaciones cercanas a los 9.000.000 USD y que fue la primera firma colombiana en llegar con aguacate Hass a Arabia Saudí, Japón, Emiratos Árabes Unidos, Hong Kong (China), Kuwait y Argentina.
- Greenfruit Avocado sembrará 60.000 árboles en unas 300 h en las poblaciones de Trujillo y Bolívar en el Valle.
- Camposol de Perú está produciendo aguacate Hass en el Quindío y su meta es producir alrededor de 40.000 t de aquí al año 2025.
- La labor de Westfalia Fruit Colombia, de origen chileno-surafricano, que inició sus operaciones en 2012. La empresa cuenta con sus propios cultivos de producción (300 h), vivero para la producción de material vegetal clonal y 2 plantas de empaque ubicadas en el departamento de Antioquia.

Además, según Analex (2020) entre las expectativas más importantes para los productores y exportadores nacionales está llegar este año a nuevos destinos como Japón y China. Estos 2 mercados fueron abiertos en los últimos meses de 2019 y posiblemente se apruebe un protocolo con Corea del Sur, que está en negociación y va muy adelantado por las autoridades sanitarias de ambos países. En cuanto a China, el 13 de diciembre de 2019, este país dio vía libre a la exportación de aguacate Hass colombiano. El anuncio lo hizo la Administración General de Aduanas de ese país, apenas una semana después de una visita final de inspección a Colombia.

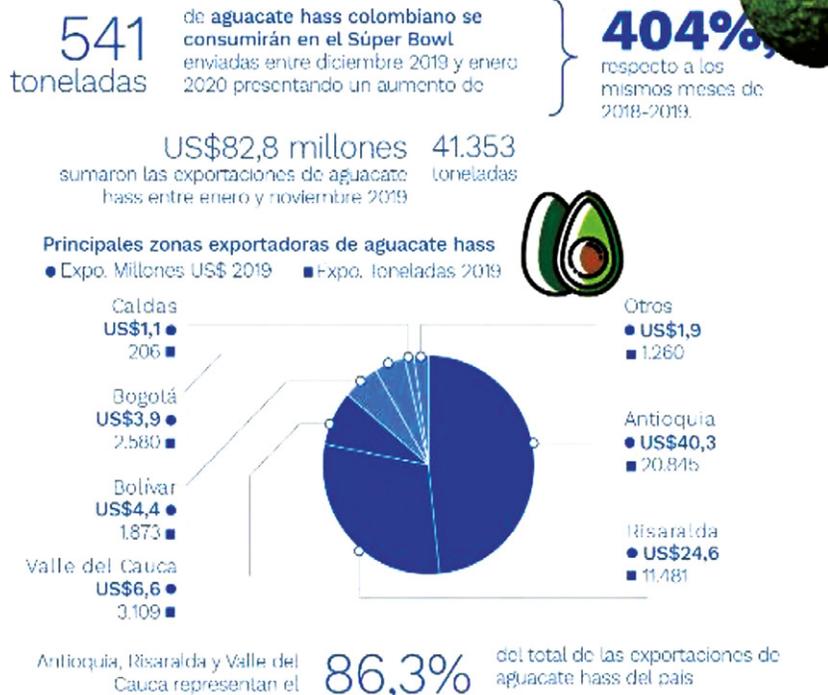
De esta forma, la empresa Cartama logró exportar el primer contenedor de 20 t a Tokio, frutos que salieron del puerto de Buenaventura hacia el puerto de Yokohama. La empresa Farmind es la encargada de comercializar los aguacates Hass en las grandes superficies niponas (Procolombia, 2019).

De acuerdo con el director ejecutivo de Invest Pacific, Alejandro Ossa (EFE, 2020), manifiesta que “esta nueva oportunidad de inversión para el Valle del Cauca es una muestra de la confianza inversionista que se está consolidando para la región”.

El Minagricultura (2020) reportó la participación de 514 t del aguacate Hass colombiano en el evento deportivo más importante de Estados Unidos, el Super Bowl, en su edición del año 2020 (ver figura 21).



## Aguacate hass colombiano protagonista en el Super Bowl



**Figura 21.** Participación del aguacate Hass colombiano en el Super Bowl

Fuente: Minagricultura (2020).

### ***Oportunidad de mercado***

Estados Unidos y los mercados europeos se consolidan como los mayores importadores de aguacate del mundo, aunque hay que destacar que los Países Bajos, que figuran como los principales importadores en esta zona geográfica, también se consideran como una plataforma a la que llegan los aguacates, y posteriormente se desconsolidan logísticamente para ser orientados a otros mercados en Europa, como Alemania, Francia, Reino Unido y los países de la península (Arias *et al.*, 2018). Teniendo en cuenta esto, las grandes compañías importadoras de aguacate en el mundo se encuentran en dichos países (Estados Unidos y Holanda). Entre ellas se destacan:

#### **West Pak Avocado, Inc. (Estados Unidos)**

Es una compañía que se encarga de cultivar, empacar, enviar y distribuir aguacates con estándares de alta calidad en todo el mundo. Esta empresa cuenta con más de 5 instalaciones de distribución que suman 226.042 f en los Estados Unidos y México. Hoy, los aguacates West Pak provienen de más de 1000 productores que poseen más de 65.000 acres en California, México, Chile y Perú. La distribución actual incluye más de 350 clientes en



los Estados Unidos, Canadá, México, Japón, China, Corea del Sur, Hong Kong y Oriente Medio (The Avocado Family, West Pak Avocado Inc., s. f.).



**Figura 22.** Logo de la empresa West Pak Avocado, Inc. (Estados Unidos)

Fuente: West Pak Avocado, Inc. (2022).

### **Del Rey Avocado Company, Inc. (Estados Unidos)**

Esta empresa cuenta con más de 40 años de experiencia dirigiendo operaciones de empaquetadora y agricultores de aguacate. En la actualidad tiene una presencia significativa en el mercado del aguacate de California. También comercializa aguacates frescos durante todo el año, a través su equipo de compras internacionales que le permite vender aguacates en temporada de México, Perú, Chile y Colombia (Aguacate del Rey, s. f.).



**Figura 23.** Logo de la empresa Del Rey Avocado Company, Inc. (Estados Unidos)

Fuente: Del Rey Avocado Company Inc. (2022).

### **The Greenery, BV (Países Bajos)**

Es una organización líder que ofrece a los productores un amplio acceso al mercado y estrechas relaciones con importantes cadenas minoristas nacionales e internacionales. The Greenery se distingue en el mercado europeo por la amplitud de su gama de productos y servicios, entre los que se destaca la comercialización de aguacate, en la que mantiene breves líneas con los productores, enfocándose en la innovación y la seguridad alimentaria (El verde, s. f.).



**Figura 24.** Logo de la empresa The Greenery

Fuente: The Greenery (2022).



## Nature's Pride (Países Bajos)

Esta compañía suministra 230 frutas y verduras únicas de 59 países, entre las que se encuentra el aguacate. La calidad de sus productos es el resultado de muchos factores, desde la pasión del productor, sus empleados dedicados y la experiencia única en la maduración de cada fruta, hasta una presentación atractiva en los estantes de sus clientes. De esta manera, Nature's Pride se asegura de suministrar frutas y verduras de óptima calidad para que los usuarios finales puedan disfrutar de su consumo todos los días (Nature's Pride, s. f.).

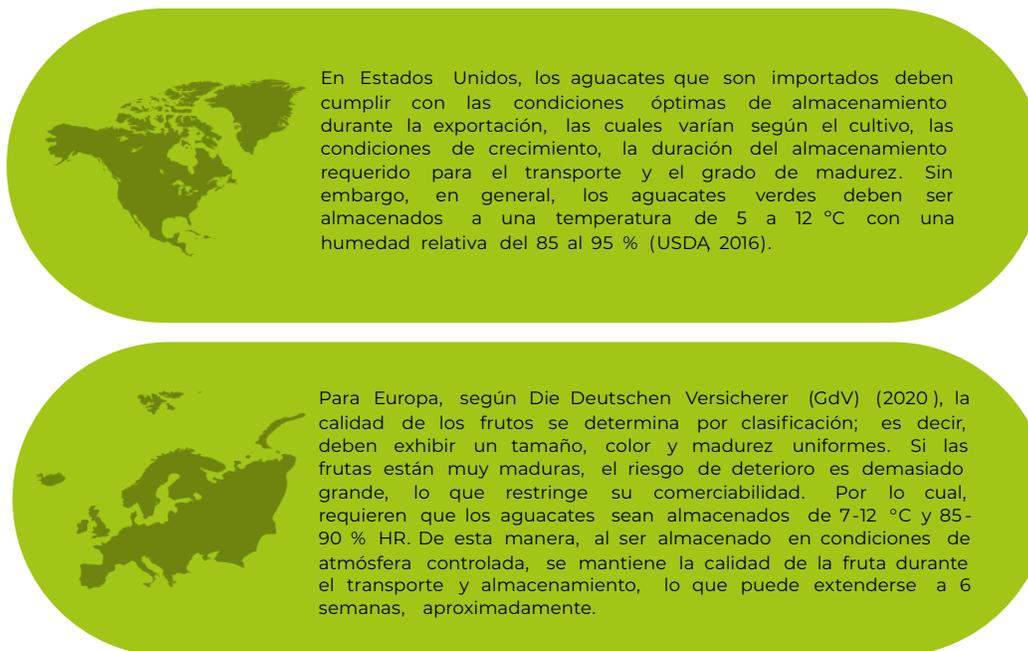


**Figura 25.** Logo de la empresa Nature's Pride

Fuente: Schouw (2022).

Las compañías importadoras de frutas, en Estados Unidos y Países Bajos presentan un alto nivel de desarrollo y una mentalidad abierta al cambio, especialmente para frutos exóticos como los aguacates, razones que generan grandes oportunidades de mercado para Colombia debido al potencial de la industria.

### Aguacate refrigerado



**Figura 26.** Características de los destinos de exportación

Fuente: USDA (2016) y Die deutschen Versicherer (GdV) (2020).



Debido a la heterogeneidad de los frutos de aguacate y a la falta de control y de protocolos eficientes de exportación, un significativo número de producto no cumple con la calidad de consumo. Esto genera residuos y pérdida de valor en la cadena comercial (Amitic *et al.*, 2017; Procolombia, 2016). Emplear un proceso de refrigeración para conservar el producto y establecer el control de este puede disminuir los daños de la fruta y mantener la calidad para su exportación, garantizando, así, la aceptación en los mercados de destino (González Cuello *et al.*, 2017; Pacific Fruits, 2018).

### **Posibilidades de comercialización**

En el año 2018, la Agencia de cooperación de Holanda y la industria holandesa de aceites y grasas, con apoyo de AL-Invest, la Unión Europea, Procolombia, Analdex, y Corpohass, realizaron una reunión de negocios con compradores provenientes de países como el Reino Unido, España, Italia, Alemania, Bélgica y Holanda, interesados en la oferta de aguacate Hass colombiano, ya que este cuenta con excelentes características para posicionarse como proveedor de talla mundial. A continuación, se presentan algunas de estas compañías y los principales productos de aguacate que comercializan:

### **MC Garlet Italia**

Empresa italiana líder en la importación y distribución de frutas exóticas. Junto con el negocio principal de las frutas exóticas frescas, la compañía ha optado por invertir en la producción directa de frutos recién cortados con materia prima de alta calidad y recetas exclusivas: ensaladas de frutas, extractos y pulpas. En el caso del aguacate, se encuentran los siguientes productos:

---

#### **Aguacate listo para comer**

<b>Tipo de presentación</b>	Caja
<b>Precio aproximado</b>	37 USD



**Figura 27.** Aguacates Hass de exportación

Fuente: McGarlet (2020).

---



---

<b>Tipo de presentación</b>	Unidad
<b>Precio aproximado</b>	2,14 USD

---



**Figura 28.** Aguacate Hass

Fuente: McGarlet (2020).

---

---

<b>Ensalada con aguacate</b>	
<b>Tipo de presentación</b>	Mezcla de frutas y vegetales
<b>Precio aproximado</b>	4,81 USD

---



**Figura 29.** Mezcla de frutas y vegetales

Fuente: McGarlet (2020).

---

Más información: <https://www.mcgaret.it/es/>

### Total Exotics BV Holanda

Esta compañía distribuye aguacates con la maduración perfecta (listos para comer) durante todo el año. Ofrecen frutos de alta calidad porque solo trabajan con países y con agricultores que aseguran una calidad constante. El 99 % de sus aguacates son Hass, pero también comercializan otras variedades como fuerte o Pinkerton. En el caso de la comercialización de aguacate de la variedad Hass, se ofrecen:

---

<b>Fruit for the senses aguacate</b>	
<b>Tipo de presentación</b>	Caja
<b>Precio aproximado</b>	Venta a empresas de distribución, no reporta precio comercial

---



**Figura 30.** Aguacates Hass de exportación

Fuente: Fresh Plaza (2022)

---

**Aguacate preenvasado**

<b>Tipo de presentación</b>	Malla ( <i>Flowpack</i> )
<b>Precio aproximado</b>	2,47 USD

**Figura 31.** Aguacate preenvasado

Fuente: Total Exotics (2018).

Más información: <https://www.totalexotics.com/es/>**CMR Fuits (España)**

El negocio principal del Grupo CMR es la comercialización de productos de frutas y verduras, en puntos de venta propios en Mercabarna (17 módulos de ventas), Mercamadrid (8 módulos de ventas), Mercalión (6 módulos de ventas), Ridderkerk (Países Bajos) y Perpignan (Francia), y a través de su distribución y exportación. Al ofrecer esta amplia gama de productos y variedades, combinada con largos periodos de disponibilidad, cubre, en la medida de lo posible, todas las demandas de los clientes minoristas y mayoristas, mercados municipales, cadenas de frutas y verduras, redes de distribución modernas y el segmento de restauración, restaurantes y colectivos. Para el caso del aguacate, esta compañía trabaja con marcas propias, como Cosarica, Infinita y Aurum.

**Aguacate Aurum-Cosarica**

<b>Tipo de presentación</b>	Unidad
<b>Precio aproximado</b>	2,00 USD

**Figura 32.** Presentación Aguacate Aurum

Fuente: Frutería Vitaminas (2020).

Más información: [http://www.cmrgroup.es/cmrfuits/admin/web/gc\\_search.php?tipo=2&entidad=cas\\_quienesSomos](http://www.cmrgroup.es/cmrfuits/admin/web/gc_search.php?tipo=2&entidad=cas_quienesSomos)**Calavo Growers, Inc (Estados Unidos)**

En Estados Unidos, se encuentra la compañía Calavo Growers, Inc, que se dedica al empaque y distribución de aguacates y otras frutas, así como de alimentos frescos preparados a restaurantes, tiendas y clientes individuales en todo el mundo. Esta compañía se posiciona como líder mundial en la distribución y comercialización de aguacates frescos.



---

### Aguacate Hass fresco

---

Tipo de presentación	Malla
Precio aproximado	3,96 USD/unidad

---



**Figura 33.** Aguacate fresco en malla

Fuente: The Packer (2022).

---

---

### Aguacate Hass por mitades (6 oz)

---

Tipo de presentación	Caja
Precio aproximado	3,99 USD

---



**Figura 34.** Aguacate Hass por mitades

Fuente: Listex (2022).

---

Más información: <http://www.calavo.com>

### **Distribución**

Para las frutas orgánicas, existen importadores y mayoristas especializados en la Unión Europea, estas compañías importan aguacates orgánicos que también se venden en supermercados comunes, entre los cuales se destacan los supermercados alemanes de mayor calidad como Rewe y Edeka; los británicos Morrisons, Tesco y Asda; los españoles Día, Eroski y Caprabo; y los italianos Ipercoop (Arango, 2020; CBI Market information data base).

En cuanto a Estados Unidos, se pueden encontrar aguacates en grandes cantidades durante todo el año en los supermercados de todo el país y en los menús de los restaurantes, incluso en las ciudades más remotas. Entre los principales supermercados, se destacan Costco, Kroger, Vons, Trader Joe's y Whole Foods (Arango, 2020; Ferdman, 2015).

### **Aceite de aguacate**

El aceite de aguacate está calificado como un aceite saludable, debido a los beneficios que presenta en la salud. Este es único en cuanto a sabor, propiedades alimenticias y propiedades culinarias, por lo cual no existe un producto sustituto directo. Puede utilizarse en el sector alimenticio y cosmético. Es tan nutritivo como el aceite de oliva y posee grandes



cantidades de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que le otorgan los siguientes beneficios (Sagarpa, 2015; Taya, 2016):

Controla el colesterol en la sangre.

Fortalece y evita daños en las arterias.

En la piel, ayuda a sanar las heridas con rapidez y a mejorar su apariencia, mateniéndola humectada.

Es excelente fuente de antioxidantes.

En los últimos años se han presentado cambios significativos en el gusto de los consumidores, incrementándose el consumo de productos “sanos” con bajo contenido en grasa (Taya, 2016). De esta forma, la demanda de aceite de aguacate se ve impulsada por la preocupación de la población por el cuidado de su salud y por la tendencia al consumo de productos saludables.

Las estimaciones indican que este producto seguirá creciendo debido a su composición frente a otras grasas y a que posee propiedades similares al aceite de oliva, que lo pueden posicionar como una alternativa saludable. Por ello, si en términos generales existe la tendencia de que crecerá el consumo de la gama de aceites “saludables”, la producción de aceite de aguacate se consolida como un área de oportunidad de negocios para los productores de esta fruta (Sagarpa, 2015).

El mercado mundial del aceite de aguacate revela que se espera un crecimiento en los próximos años, en el que se expandirá a una tasa anual de 6,7 % durante el periodo de 2017-2026. Por su parte, Norteamérica ha mostrado un alto potencial de crecimiento para este producto. Se proyecta que el mercado de aceite de aguacate en esta región se expandirá a una tasa anual del 8,7 % durante el periodo de pronóstico (Bhisey, 2018).

El mercado de este aceite en América del Norte representó una gran participación, seguido por el mercado en Europa. La alta producción de aguacate y la rápida adopción del aceite



de aguacate en las industrias cosmética, farmacéutica y de alimentos y bebidas registra un crecimiento significativo en el mercado global en países como Canadá, EE. UU., Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido (Bhisey, 2018).

### ***Oportunidad de mercado***

Como se mencionó anteriormente, Estados Unidos y Europa se consolidan como los mayores consumidores de aceite de aguacate. Es por esto que las principales compañías importadoras de este producto se encuentran ubicadas en dichos países, entre estas empresas se destacan:

#### **AMD Oil Sales, LLC (Estados Unidos)**

Esta compañía se destaca como el mayor importador a granel de aceites vegetales, para el comercio industrial, alimentario y manufacturero. Tiene ventas e ingresos por más de 105.000.000 COP por año y más 33.000 t importadas. AMD Oil Sales, LLC, se posiciona como la mayor importadora de aceite de aguacate, el cual distribuye y comercializa por todo Estados Unidos, principalmente en Ayer, Port Newark, Baltimore, Des Plaines, y Montebello (AMD Oils, s. f.).



**Figura 35.** Logo de la empresa AMD Oil Sales LLC.

Fuente: AMD Oil Sales LLC (2022).

#### **Valco Enterprises LLC-Ottavio (Estados Unidos)**

Valco Enterprises LLC se encuentra en Newark, Estados Unidos, y forma parte de la industria de mayoristas de alimentos. Esta compañía genera 1.190.000 USD en ventas. Se encarga de distribuir aceites, entre los que se destaca el aceite de aguacate prensado en frío y refinado naturalmente (Ottaviofoods, s. f.).

OTTAVIO

**Figura 36.** Logo Valco Enterprises LLC-Ottavio

Fuente: Trademark (2022).



### Compagnia Alimentare Italiana SpA (Italia)

Esta compañía se encuentra en Roma y forma parte de la industria de servicios al consumidor, generando 36.240.000 USD en ventas. En Compagnia Alimentare Italiana SpA, se seleccionan, producen y distribuyen productos naturales, principalmente aceites de oliva de calidad, en todo el mundo. también comercializan aceites nutraceuticos, entre los cuales se encuentra el aceite de aguacate (Alimentareitaliana, s. f.).



**Figura 37.** Logo Compagnia Alimentare Italiana SpA

Fuente: Compagnia Alimentare Italiana (2021).

Las compañías importadoras de aceites, en Europa y Estados Unidos, poseen una mentalidad abierta al cambio, especialmente para productos innovadores y exóticos, como el aceite de aguacate. Por esta razón y por el potencial de la industria, la producción de este es una gran oportunidad de mercado para Colombia.

### Aceite prensado en frío

Según BBC News (2019), España ocupa el primer puesto en la lista de naciones más saludables, seguida por Italia e Islandia. Una de las razones detrás de este éxito puede ser la dieta mediterránea, que es complementada con aceite de oliva extravirgen.

**Figura 38.** Países más saludables del mundo

Fuente: BBC News Mundo (2019).



El aceite de aguacate prensado en frío tiene propiedades químicas similares a las del aceite de oliva. Al menos el 60 % de los ácidos grasos son monoinsaturados y aproximadamente el 10 % son poliinsaturados. Además, el aceite de aguacate prensado en frío contiene niveles relativamente altos de pigmentos (clorofilas y carotenoides) que actúan como antioxidantes. La tendencia global de los consumidores es hacia el consumo de menos productos procesados debido a la controversia sobre la vinculación de algunos productos químicos con enfermedades humanas. Esto se refleja en el aumento del consumo de aceite de oliva prensado en frío en el Reino Unido, donde las ventas aumentaron del 43 % en 2005 al 51 % del mercado total (Woolf *et al.*, 2005).

El aceite de aguacate prensado en frío atrae al consumidor que busca un delicado sabor, sin las notas penetrantes del aceite de oliva extravirgen. Las ventas de aceite de aguacate a granel son de 10 USD por litro y están aumentando a medida que los usuarios del Reino Unido y los EE. UU. se dan cuenta de que el suministro es confiable (Costagli y Betti, 2015).

Además, tanto el estudio del mercado de aceites comestibles como los cambios en las preferencias de los consumidores por aceites más saludables muestran un aumento en el consumo y una disposición a pagar un precio superior por alternativas a los aceites estándar (Woolf *et al.*, 2005).

#### ***Posibilidades de comercialización***

Dado a que existe una tendencia global hacia el consumo de productos orgánicos, estos han pasado a ocupar un lugar importante para el mercado masivo en toda Europa occidental, Norteamérica y Nueva Zelanda, entre otros. La competencia se ha intensificado y las empresas sólidamente posicionadas buscan ofrecer nuevos productos en sus respectivos mercados, a partir del conocimiento de los gustos y preferencias de los consumidores, el reconocimiento de marcas y el acceso a los canales de distribución. De ahí que los productos nutricionales (orgánicos), entre los que se encuentra el aceite de aguacate, tengan un amplio potencial de crecimiento en el mercado mundial (Sagarpa, 2015). Según la información encontrada, se presentan algunas compañías que pertenecen a esta industria y sus productos más demandados:

#### **Westfaliafruit (Reino Unido y Sudáfrica)**

Proveedor multinacional líder de fruta fresca y productos relacionados para los mercados internacionales. A través de su cadena de suministro integrada verticalmente, cultivan, abastecen y maduran, empaican, procesan y comercializan aguacates y otros productos de calidad durante todo el año y en todo el mundo. Entre sus productos procesados se



destaca una amplia gama de aceite de aguacate, entre los que se encuentran aceite sin sabor, con sabor a ajo, limón, y mantequilla. Además, cuentan con un aceite extravirgen que es comercializado en Inglaterra, ofreciendo una opción saludable y deliciosa para la preparación diaria de alimentos.

---

#### Aceite de aguacate extravirgen

---

Tipo de presentación	Botella de 250 ml
----------------------	-------------------

---

Precio aproximado	16,22 USD
-------------------	-----------



**Figura 39.** Aceite de aguacate extravirgen

Fuente: Westfalia Fruit (2021).

---

#### Aceite de aguacate saborizado

---

Tipo de presentación	Botella de 250 ml
----------------------	-------------------

---

Precio aproximado	3,05 USD
-------------------	----------



**Figura 40.** Aceite de aguacate saborizado

Fuente: Westfalia Fruit (2021).

---

Más información: <https://www.westfaliafruit.com/our-products/branded-products/avocado-oil/avocado-oil-extra-virgin/>



### Ottavio-Valco Enterprises LLC (Estados Unidos)

Esta compañía distribuye aceites vegetales en Norte América. Entre sus productos se destaca el aceite de aguacate prensado en frío y refinado naturalmente. A continuación, se presentan algunos de sus productos:

---

#### Aceite de aguacate extravirgen

---

Tipo de presentación	Botella de 1 L
----------------------	----------------

---

Precio aproximado	25,00 USD
-------------------	-----------



**Figura 41.**

Fuente: Costco Business Center (2020).

---

#### Aceite de aguacate en espray

---

Tipo de presentación	Botella 400 ml
----------------------	----------------

---

Precio aproximado	8,23 USD
-------------------	----------



**Figura 42.** Aceite de aguacate en espray

Fuente: H.E.B (2022).

---

Más información: [http://ottaviofoods.com/olive\\_oil.php](http://ottaviofoods.com/olive_oil.php)



## Chosen Foods (Estados Unidos)

Esta compañía apoya la verdadera nutrición a través del redescubrimiento y la accesibilidad de los alimentos, produciendo derivados de aguacate como aceites, aderezos, mayonesas, aerosoles para cocinar, salsas y guacamole. Entre los aceites que comercializan se encuentran:

---

### Aceite de aguacate 100 % puro

---

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 250 ml
<b>Precio aproximado</b>	7,99 USD

---



**Figura 43.** Aceite de aguacate 100 % puro

Fuente: Chosen Foods (2022).

---

---

### Aceite de aguacate extravirgen 100 % puro

---

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 250 ml
<b>Precio aproximado</b>	13,99 USD

---



**Figura 44.** Aceite de aguacate extravirgen 100 % puro

Fuente: Chosen Foods (2022).

---

---

### Aceite de aguacate en espray

---

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 177 ml
<b>Precio aproximado</b>	7,99 USD

---



**Figura 45.** Aceite de aguacate en espray

Fuente: Chosen Foods (2022).

---

Más información: <https://chosenfoods.com/pages/about-chosen-foods>



## Grove (Nueva Zelanda)

Esta compañía es la primera productora de aceite de aguacate virgen prensado en frío, 100 % natural. Su proceso de producción de clase mundial asegura que el aceite extraído llegue a la mesa de los consumidores en estado puro y conservando todas sus potencialidades. Entre sus principales productos se encuentran:

---

### Aceite de aguacate extravirgen

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 250 ml
<b>Precio aproximado</b>	9,60 USD



**Figura 46.** Aceite de aguacate extravirgen

Fuente: Grove (2022).

---

### Aceite de aguacate extravirgen sabor a chile

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 250 ml
<b>Precio aproximado</b>	9,60 USD



**Figura 47.** Aceite de aguacate extravirgen sabor a chile

Fuente: Grove (2022).

---

### Aceite de aguacate extravirgen sabor a pimienta con limón

<b>Tipo de presentación</b>	Botella de 250 ml
<b>Precio aproximado</b>	9,60 USD



**Figura 48.** Aceite de aguacate extravirgen sabor a pimienta con limón

Fuente: Grove (2022).

Más información: <https://avocado-oil.co.nz/>



### ***Distribución***

Sobre la base del canal de distribución, el mercado del aceite de aguacate se segmenta en hipermercados, supermercados, tiendas especializadas, tiendas en línea y otros. Se espera que el segmento minorista que cubre supermercados e hipermercados lidere el mercado mundial de aceite de aguacate (BlueWeave Consulting, 2019).

Además, también se espera que la venta de aceite de aguacate para aplicaciones medicinales, cosméticas y de cuidado personal desencadene el crecimiento del mercado mundial. Los fabricantes se están centrando en promover su cartera de productos a través del canal de distribución. Por ejemplo, en 2017, Good Health, el fabricante de bocadillos, amplía su cartera con una emocionante línea de papas fritas de corte de aceite de aguacate lanzadas en Natural Productos West (BlueWeave Consulting, 2019).

En Europa, este producto se suma a las otras referencias que venden de productos en los que el aguacate es el protagonista. Entre estos se destacan Carrefour, Mercadona, Albert Heijn, entre otros (Montes, 2019).

En América del Norte, Estados Unidos tiene el mayor mercado de aceite de aguacate, debido a su alta producción de aguacate. La demanda en América del Norte se está expandiendo a un ritmo más alto desde hace un par de años, por lo que se asocia con trastornos de salud y prevalencia de enfermedades cardíacas (BlueWeave Consulting, 2019). Entre los principales supermercados en los que se distribuye este tipo de productos se encuentran Albertsons LLC, Walmart, Whole Foods, Costco y Target.

### **1.3.2 Análisis comparativo y recomendaciones para minimizar brechas**

Colombia tiene muchos procesos y actividades pendientes para lograr competitividad en los mercados internacionales y superar las dificultades que se presentan en sus operaciones de comercio exterior. El país cuenta con múltiples recursos para competir a nivel internacional con su variedad productora.

De acuerdo con la información obtenida en la vigilancia comercial, estratégica y competitiva, el aguacate Hass es una fruta con una gran demanda mundial en los mercados internacionales. La comercialización de aguacate fresco está impulsada principalmente por Europa, en específico Países Bajos y Reino Unido, quienes son los mayores importadores de este fruto y donde se encuentran las empresas importadoras más populares y con mayores volúmenes de aguacate Hass importado y comercializado. Estos son seguidos por Estados Unidos, país en el que, aunque el volumen importado no supera las cifras de los países europeos, ciertamente tiene el mayor potencial de importación del aguacate Hass colombiano. Lo anterior implica que los países productores, como Colombia, deben cumplir con una mayor producción.



Los esfuerzos del Gobierno colombiano por lograr la admisibilidad en Japón dieron los resultados esperados: aunque hasta el momento no hay estadísticas que reporten el comportamiento de este mercado, se ha logrado la exportación desde el año 2019 (Asmar, 2020).

En reuniones con el sector productivo del Valle del Cauca y el Ciat, el director de compras de una de las empresas líderes en la exportación de aguacate Hass, Pacific Fruits SAS, el señor Julián Duque, manifestó que el principal problema o brecha que enfrenta el aguacate Hass colombiano en relación con la fruta exportada por Chile y Perú es la duración o vida útil de la fruta. Debido a la falta de controles después de la cosecha y durante el transporte, la calidad de este producto se ve disminuida por daños externos (mecánicos, por plagas, por enfermedades, por frío y por pudrición) (Sandoval *et al.*, 2010), factores que reducen su valor comercial y ocasionan pérdidas en la exportación (López-López y Cajuste-Bontemps, 1999). Para esto el director, de compras de Pacific Fruits SAS propuso como tema de investigación que podría beneficiar a todas las comercializadoras del país el definir o estructurar un protocolo de maduración en el puerto de destino. Así, el país tendría un soporte para las reclamaciones que se efectúen a causa de los procesos indebidos de maduración.

Lo anterior ocurre porque la fruta es sometida a procesos de maduración por temperatura, sin tener en cuenta la procedencia. Debido a las características del aguacate del país, no es posible que la fruta se someta a una temperatura superior a 20 °C. A esto es necesario sumar otras variables climáticas y de tratamiento en el puerto de destino que pueden afectar la calidad del producto, a pesar de manejar atmósferas controladas durante el transporte de este.

El estudio puede complementarse revisando las problemáticas que se concentran cuando llegan las temporadas de lluvias y afectan el contenido de materia seca, por cuanto es debido tener especiales cuidados en las operaciones de la planta. Teniendo en cuenta este requerimiento, se contemplaron como alternativas de proceso para mejorar la vida útil del aguacate fresco en la vigilancia científico-tecnológica la refrigeración, la aplicación de recubrimientos y la congelación de la pulpa.

De acuerdo con lo evaluado, se encontró que la congelación es una tecnología con altos costos de operación y de alto impacto ambiental; además, el producto está transformado. Esta puede ser implementada para la exportación con un mejoramiento de la tecnología disponible actualmente (refrigeración). Se encontró también que la aplicación de recubrimientos tiene altos gastos de operación y con potencial investigativo, pero aún no hay suficiente evidencia de que el escalamiento pueda garantizar los tiempos de vida útil del fruto para su exportación (al menos 20 días) sin la aplicación de una tecnología de apoyo como la refrigeración. Finalmente, se halló que la refrigeración de aguacate genera una ventaja en la exportación de este fruto, ya que permite conservarlo en las condiciones



óptimas, cumpliendo con los estándares de calidad que son requeridos en los mercados destino, especialmente Estados Unidos y la Unión Europea.

En cuanto a las posibilidades de comercialización, son múltiples las compañías que han demostrado un interés por el aguacate Hass vallecaucano, ya que presenta grandes características para ser importado y, posteriormente, comercializado en diferentes presentaciones: por unidad o en empaques más sofisticados, como *flowpack* o empacados al vacío (cortados y pelados, listos para el consumo). Esto genera un gran valor agregado.

Otra brecha identificada en las reuniones con el sector productivo es el incremento progresivo de la producción de aguacate Hass en el país, que ocasionará importantes excedentes de exportación. Así lo manifestó Frutales Las Lajas SAS, debido a que los colombianos no tienen hábitos de consumo de esta variedad. En este sentido, es necesario que el Estado, las empresas y las entidades que hacen parte del sistema agroindustrial, trabajen en conjunto en la implementación de alternativas que, por medio del valor agregado, representen una solución para la problemática que se avecina a corto plazo.

Los empresarios de Frutales Las Lajas se mostraron interesados en contribuir y en participar de procesos de investigación, de tal manera que, a partir de la fruta no exportable, puedan desarrollarse productos innovadores dirigidos al mercado nacional (ej. mantequilla, aceite y cosméticos, entre otros).

Para dar respuesta a esta inquietud, se realizó también vigilancia en productos a base de aguacate Hass.

La vigilancia comercial arrojó como resultado relevante que existe una gran disponibilidad de aguacate Hass, por lo que emplearlo como materia prima para productos procesados es favorable. Se encontró que, aunque en Colombia el aguacate Hass es distribuido principalmente como un alimento fresco, ya se encuentran empresas dedicadas a la producción de derivados de esta fruta, especialmente en el departamento de Antioquia.

Considerando que el componente mayoritario del aguacate después del agua es el aceite, y que el mercado de los aceites vegetales es muy competente y está consolidado principalmente en los mismos mercados en los que se comercializa el aguacate Hass fresco, se presenta una gran oportunidad para esta fruta en el segmento de los aceites vegetales para exportación.

En la vigilancia estratégica se obtuvo que la demanda de aceite de aguacate se ve impulsada por los cambios de los hábitos alimenticios en las personas, quienes buscan una dieta balanceada al reemplazar las grasas de origen animal por las de origen vegetal, con mejores propiedades nutricionales. Por tanto, la investigación, el desarrollo y la inversión en tecnología en curso, junto con la consciencia mundial sobre el fruto del aguacate, han resultado en una mayor demanda de aceite de aguacate.



El aceite de aguacate prensado en frío es un excelente producto, ya que conserva todas las propiedades del aguacate de manera natural, cubriendo la demanda de los consumidores que buscan alimentos cada vez más saludables y menos procesados. El aceite de aguacate Hass extravirgen es un producto innovador en el mercado que permite ampliar la oferta exportable del país, especialmente a Estados Unidos y la Unión Europea, quienes son los principales interesados en esta clase de productos y sus potencialidades, por lo que las principales compañías importadoras se encuentran ubicadas en estos países.

La tecnología de prensado en frío es una tecnología ampliamente utilizada en la producción de aceites como el aceite de oliva, de ajonjolí y sachá inchi. Se hizo, entonces, una revisión en la vigilancia científico-tecnológica de alternativas para la obtención de este producto, y se encontraron en 2 de las 3 alternativas, la necesidad de deshidratar la pulpa parcial o totalmente para prensar o centrifugar. Otra opción que se encontró es la enzimólisis de una emulsión de aguacate y agua, para luego centrifugar.

Una de las opciones de secado para la pulpa que se encontró fue la aplicación de microondas. La limitante que presenta este proceso es que actualmente no hay reporte del uso de microondas para el secado de alimentos en Colombia; además, es la opción más costosa de las evaluadas, pues implica el enfriamiento del aceite obtenido debido a las temperaturas usadas en el proceso.

El uso de enzimas para el proceso de aceite es limitado al ser un producto importado y es la segunda alternativa más costosa.

La alternativa con mayor potencial es secar la pulpa en su totalidad para luego prensarla. Para el secado existen 2 alternativas: liofilización y secado por ventana de refractancia. A través de la liofilización se conservan adecuadamente los nutrientes de los alimentos, pero este proceso se encuentra limitado por su alto costo de operación. El secado por ventana de refractancia es una opción adecuada debido a que retiene significativamente los nutrientes, es fácil de operar, amigable con el medioambiente, emplea tiempos cortos de proceso y, por consiguiente, es de bajo costo. Gracias a ello, este método de secado y el prensado en frío de la pulpa seca son los de mayor potencial para usarse en la obtención de aceite de aguacate Hass libre de solventes.

En el Valle del Cauca no se encuentra registro de empresas dedicadas a la elaboración o comercialización de aceite de aguacate, lo que hace que la producción de este sea prometedora, ya que no hay competidores en el mercado.

Finalmente, en la vigilancia competitiva se identificó que, entre las posibilidades de comercialización, este puede ocupar un espacio dentro de la tendencia global en la preferencia del consumo de productos orgánicos, especialmente en toda Europa occidental,



Norteamérica y Nueva Zelanda, países en los que se comercializan normalmente aceites extravirgenes, saborizados y en aerosol.

#### 1.4 Conclusiones

- Se identificaron varias empresas productoras en el departamento del Valle del Cauca, así como en el resto del país, con alto potencial exportador de aguacate Hass en estado fresco a países de Europa (en especial, Países Bajos, Reino Unido y Francia) y Estados Unidos.
- Se han identificado oportunidades de negocio de aceites vegetales colombianos en distintos mercados del mundo (Países Bajos y Estados Unidos), dadas las características nutricionales del producto.
- Procolombia tiene establecidos los canales de distribución de aguacate fresco y procesado para garantizar la entrega adecuada en el país destino. En Estados Unidos se cuenta con un agente distribuidor especializado en comunicación con la empresa procesadora en Colombia. En Europa la distribución se realiza directamente con los mayoristas del país destino.
- El departamento del Valle del Cauca, por su clima, su calidad del suelo, su recurso hídrico, sus tierras aptas y disponibles para el cultivo, se convierte en una región adecuada para la producción de aguacate Hass. Además, cuenta con facilidad de transporte aéreo, terrestre y marítimo.
- De acuerdo con las tendencias direccionadoras de consumo, de los diversos productos procesados del aguacate Hass el aceite es el de mayor potencial para los mercados nacional e internacional, notándose un incremento de consumo en Estados Unidos, Europa y Asia.
- De las alternativas evaluadas para aguacate fresco, la refrigeración es la más adecuada para su conservación, por la disponibilidad de equipos con controles de temperatura y humedad relativa, de bajo costo de operación, bajo impacto ambiental y fácil implementación.
- El mejor proceso para extracción de aceite de aguacate Hass es el secado por ventana de refractancia, seguido por el prensado en frío. Los equipos de este proceso son fáciles de operar, no utilizan solventes y, por tanto, tienen un bajo impacto ambiental. Adicionalmente, los tiempos de proceso son cortos y de bajo costo.
- El consumo de aguacate Hass aumenta continuamente en el exterior, lo que genera oportunidades de exportación desde las regiones productoras, como el departamento del Valle del Cauca.
- Actualmente, existe una tendencia al consumo de productos saludables. Este es el caso del aceite de aguacate, cuya demanda se ha incrementado por su calidad y sus características nutricionales. La producción de este aceite representa una gran participación en el mercado en Estados Unidos y Europa.

## 2. AGUACATE HASS MÍNIMAMENTE PROCESADO

### 2.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales

Se establecieron las condiciones de almacenamiento refrigerado durante el transporte y de maduración del aguacate Hass para exportación con el fin de garantizar un producto de calidad homogénea al final del proceso. Se evaluó el efecto de las condiciones de refrigeración (temperatura y humedad relativa) sobre la calidad del aguacate durante el transporte (almacenamiento refrigerado) y el efecto de la temperatura en el proceso de maduración, una vez que el producto ha llegado al puerto de destino. Los parámetros de calidad evaluados fueron pérdida de peso, fuerza de fractura, color de la cáscara y la pulpa, materia seca, contenido de aceite, defectos externos y daños internos. La temperatura de refrigeración y la humedad relativa tuvieron efecto sobre la pérdida de peso, las propiedades ópticas, la acidez titulable y el contenido de aceite. El aguacate refrigerado durante 20 días a 7 °C y 90 % de HR y madurado 6 días a 20 °C y 90 % de HR presentó las mejores condiciones con menor pérdida de peso, firmeza homogénea, mayor contenido de aceite y menor heterogeneidad.

#### 2.1.1 Introducción

El aguacate cv. Hass, además de ser consumido como producto fresco, tiene múltiples usos en la industria de alimentos, tales como para preparación de guacamole, puré y aceites. Además, es base de algunos productos en la industria cosmética y tiene otras diversas funciones (Dane, 2015). El 90 % de los aguacates frescos que se exportan a nivel mundial son de la variedad Hass. Esta es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo en términos de volumen y de área cultivada. Colombia, con una producción de más de 40.000 t/año, tiene un gran potencial para exportación (Barrientos-Priego *et al.*, 2016; Dinero, 2019). Se estima que para el año 2021, Colombia incrementará las exportaciones, dando oportunidad de creación de empresas y fortaleciendo la cadena de valor del aguacate Hass en el Valle del Cauca, desde el eslabón del agricultor hasta el de los exportadores (Semana, 2017, 2018, 2019).

Para la exportación de aguacate Hass se deben cumplir los estándares internacionales de los países importadores. Las condiciones de almacenamiento en frío durante el transporte y de maduración en el lugar de destino deben garantizar características de calidad relacionadas con el desarrollo del fruto, sin daños en el producto y con una madurez homogénea. El manejo inadecuado de las condiciones de transporte y de maduración ocasiona ablandamiento del fruto como consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular; ocasiona también daños por frío; daños internos, como el pardeamiento de pulpa y vascular; y desórdenes fisiológicos. Estos cambios provocan una baja aceptabilidad



por parte del consumidor, lo que ha ocasionado la disminución en el precio de compra, rechazos del producto y bajo reconocimiento de origen (Escobar *et al.*, 2019).

Para alcanzar la calidad adecuada y minimizar los defectos, se utilizan las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales como parámetros de decisión. Entre los criterios de calidad más estudiados por diversos autores, se encuentran la firmeza y las propiedades ópticas (Pesis *et al.*, 2002; Hertog *et al.*, 2003; Woolf *et al.*, 2005; Rivera *et al.*, 2017). La disminución de la fuerza de fractura de la pulpa y la luminosidad de la cáscara se han relacionado con la madurez de consumo del fruto. Correlacionar el ablandamiento con la madurez de consumo es un desafío de la industria del aguacate para ofertar un producto listo para la ingesta (Rivera *et al.*, 2017). La firmeza de consumo se encuentra entre 2-20 N, una mala elección de este indicador puede hacer al fruto propenso a pudrición por efecto de microorganismos y enzimas (White *et al.*, 2009).

La vida útil del aguacate se encuentra entre 3 y 4 semanas, cuando es almacenado en condiciones de humedad y temperaturas adecuadas. El control apropiado de la temperatura durante el almacenamiento es un factor determinante en el tiempo de vida útil del producto (Beltrán y Ramos, 2010; Aguilar-Morales, 2012). Entre las estrategias para extender la vida útil del aguacate y preservar su calidad están la conservación a bajas temperaturas y el uso de recubrimientos con compuestos biodegradables, naturales y bioactivos (González Cuello *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2002; Tien *et al.*, 2001). Las bajas temperaturas retrasan las reacciones de deterioro, conservando por más tiempo las características sensoriales del alimento y su valor nutricional (Morono *et al.*, 2015). Para la comercialización y distribución de alimentos se emplean temperaturas entre 2 y 10 °C, dependiendo de factores como el contenido de humedad, la actividad de agua y el tipo de alimento, entre otros (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003).

La exportación de aguacate Hass presenta problemas debido a la falta de control en este proceso (Martínez y Quintero, 2017). Debido a que es un producto altamente perecedero, se generan barreras de ingreso a mercados internacionales y por eso es necesario implementar métodos de conservación que permitan ampliar el rango de comercialización y su vida útil. Establecer las condiciones del fruto durante el transporte a través de protocolos contribuye a disminuir la heterogeneidad y los daños del producto, garantizando la calidad y aumentando el valor del aguacate Hass colombiano de exportación (González Cuello *et al.*, 2017; Pacific Fruits, 2018).

### **2.1.2 Justificación**

El aguacate Hass producido en Colombia se destina generalmente a la exportación. Gracias a las excelentes oportunidades económicas que presenta en los mercados extranjeros, su cultivo se ha orientado al envío a Estados Unidos y Europa, principalmente al Reino Unido, España y los Países Bajos (Astudillo-Ordóñez y Rodríguez, 2018; Ramírez-Gil *et al.*,



2018). El Valle del Cauca se ha convertido en epicentro para exportar aguacate Hass, con 1800 ha sembradas. Empresas colombianas y extranjeras con sedes en el departamento trabajan de la mano con los pequeños productores para producir y comercializar el fruto en los mercados de destino (Gutiérrez, 2019).

En la cadena de comercialización de aguacate Hass de exportación se emplean contenedores equipados con sistemas de refrigeración que reducen la temperatura del alimento (Delgado y Sun, 2012). Sin embargo, debido a la falta de controles después de la cosecha y durante el transporte, la calidad de este producto se disminuye por daños externos (mecánicos, plagas, enfermedades por frío y pudrición) (Sandoval *et al.*, 2010). La presencia del daño por frío después del periodo de almacenamiento puede originar anomalías en la maduración (disminución en los parámetros de calidad) y oscurecimiento de la pulpa y de haces vasculares, entre otros, factores que reducen su valor comercial y ocasionan pérdidas en la exportación (López-López y Cajuste-Bontemps, 1999).

Teniendo en cuenta la alta demanda de aguacate a nivel internacional, es necesario estudiar las condiciones que conserven de manera adecuada las propiedades de calidad del fruto durante el transporte (almacenamiento) y su posterior maduración.

### 2.1.3 Revisión de literatura

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, el área sembrada de aguacate en Colombia es de 28.000 ha, con una producción anual de 250.000 t. De esa cantidad, 10.500 ha son de variedad Hass, con una producción de 47.000 t, que equivale al 38 % del total (Legiscomex, 2017). Esta variedad tiene el mayor potencial en el mercado internacional, pues cuenta con exportaciones hacia Holanda, Reino Unido, España y Francia (Legiscomex, 2017). Una de las mayores preocupaciones del sector es cumplir con el protocolo fitosanitario para exportar a Estados Unidos, un mercado que a la fecha solo alcanza 1 % de participación (Corpohass, 2019). En la tabla 18 se presentan las generalidades, los conceptos y los criterios de calidad para aguacate var. Hass.

**Tabla 18.** Aguacate Hass fresco

Aguacate Hass		
Nombre científico: <i>Persea americana</i>		
Familia: Lauraceae		
Nombre común: Aguacate		
Nombre en inglés: Avocado		
Variedad: Hass		
Características fisicoquímicas		
	Mínimo	Máximo
Materia seca (%)	21	28
Materia grasa (en madurez de cosecha) (%)	12	-



Características organolépticas
Color: característico de la variedad, uniforme. Olor y sabor: característico, libre de sabores extraños. Forma: característica de la variedad.
Contenido nutricional
De alto valor alimenticio, contiene todas las vitaminas del reino vegetal (A, B, C, D, E, K), minerales (potasio, manganeso, magnesio, hierro y fósforo) y proteínas.
Categoría
Los aguacates se clasifican en 3 categorías: extra, primera y segunda.  <b>Categoría extra</b> Los aguacates de esta categoría deberán ser de calidad superior, su forma y color deberán ser característicos de la variedad. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, la calidad, el estado de conservación y la presentación en el envase. Se aceptan manchas superficiales ocasionadas por lenticelosis causada por roce de frutos y daños leves por trips. Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto más de 5 %.  <b>Categoría I</b> Los aguacates de esta categoría deberán ser de buena calidad. Su forma y color deberán ser característicos de la variedad. Podrán permitirse los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, la calidad, el estado de conservación y la presentación en el envase: <ul style="list-style-type: none"><li>• Defectos leves de forma y coloración.</li><li>• Defectos leves de la cáscara (suberosidad, lenticelas ya sanadas) y quemaduras producidas por el sol. La superficie total afectada no deberá superar 4 cm<sup>2</sup>.</li><li>• Raspaduras causadas por el roce de los frutos (lenticelosis).</li><li>• Cicatrices superficiales ocasionadas por insectos (trips).</li></ul> Estos defectos no deberán cubrir más de un 10 % de la superficie del fruto. Además, se admiten ligeras deformaciones en este. En ningún caso los defectos deberán afectar la pulpa. Cuando haya pedúnculo, este podrá presentar daños leves.  <b>Categoría II</b> Esta categoría comprende los aguacates que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los aguacates conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación: <ul style="list-style-type: none"><li>• Defectos de forma y coloración.</li><li>• Defectos de la cáscara (suberosidad, lenticelas ya sanadas) y quemaduras producidas por el sol. La superficie total afectada no deberá superar 6 cm<sup>2</sup>.</li></ul> Estos defectos no deberán cubrir más de un 15 % de la superficie del fruto. Se admiten además deformaciones de este. En ningún caso, los defectos deberán afectar la pulpa. Cuando haya pedúnculo, este podrá presentar daños. Los aguacates comercializados y empacados para la exportación deben ser preferiblemente de categoría extra.



Tolerancias de calidad
<p><b>Categoría extra:</b> el 5 %, en número o en peso, de los aguacates que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría I o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.</p> <p><b>Categoría I:</b> el 10 %, en número o en peso, de los aguacates que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última. Dentro de esta tolerancia no se permitirá más de 1 % de aguacates afectados por podredumbre.</p> <p><b>Categoría II:</b> el 10 %, en número o en peso, de los aguacates que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los aguacates afectados por podredumbre, cuya cantidad no deberá ser mayor al 2 %.</p>
Tolerancias de calibre
<p>Para todas las categorías, el 10 %, en número o en peso, de los aguacates que correspondan al calibre inmediatamente superior o inferior al indicado en el envase.</p>
Condiciones de almacenamiento
<p>Se recomienda almacenar el aguacate para exportación en atmósferas controladas, para retardar el ablandamiento y los cambios de color de la piel, y disminuir las tasas de respiración y de producción de etileno. La vida útil del aguacate es de 21 días.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Temperatura óptima de almacenamiento para aguacate verde-maduro (con madurez fisiológica de cosecha), dependiendo de cultivar y de la duración a la baja temperatura: 5-13 °C (41-55 °F).</li> <li>2. Temperatura óptima de almacenamiento para aguacates con madurez de consumo: 2-4 °C (36-40 °F).</li> <li>3. Temperatura de conservación: 5,5 a 6,5 °C.</li> <li>4. Humedad relativa: 90-95 %.</li> </ol>
Tasa de emisión de etileno
<p>El aguacate adquiere madurez de consumo después de la cosecha. La producción de etileno aumenta a más de 100 <math>\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}</math> a 20 °C (68 °F).</p>
Tratamiento
<p>Libre de mosca de la fruta, cumpliendo con los requisitos fitosanitarios requeridos por el ICA y el mercado internacional.</p>
Certificación
<p>Certificado fitosanitario emitido por ICA.</p>
Usos
<p>Fruta fresca, pulpa en guacamole, helados, insumo para productos de belleza, aceites, etc.</p>

Fuente: elaboración propia con base en Codex (1995); END 094 (2018) e ICA (2020); y fichas técnicas de exportación de aguacate Hass de Colexagro y Green West.

Con relación a la conservación del aguacate, el control de la temperatura es una de las herramientas principales para reducir el deterioro poscosecha, ya que las bajas temperaturas disminuyen la actividad de las enzimas y microorganismos responsables del deterioro de los productos perecederos. De esta manera, se reduce el ritmo respiratorio, conservando las reservas que son consumidas en este proceso, se retarda la maduración y se minimiza el déficit de las presiones de vapor entre el producto y el medioambiente, disminuyendo



la deshidratación. La suma de todos estos factores favorece la conservación de la frescura del producto, así como la preservación de la calidad y el valor nutritivo (López, 2003).

La refrigeración es un método convencional para aumentar el tiempo de vida útil de los alimentos. Las bajas temperaturas retrasan el crecimiento y la actividad de los microorganismos patógenos (Usda, 2010). La temperatura de almacenamiento del aguacate se debe definir en función de la variedad de la fruta, el área de producción, las condiciones fisiológicas, el grado de madurez y el tiempo de almacenamiento. Es fundamental tener un buen control de la temperatura para evitar el daño del aguacate; el estado de madurez debe permitir la manipulación y el transporte de los frutos hasta su destino final (NTC 1248-3, 1996). Para la comercialización y distribución de alimentos se emplean temperaturas entre 2 y 10 °C, dependiendo de factores como el contenido de humedad, la actividad de agua y el tipo de alimento, entre otros (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003).

Las frutas y hortalizas están constituidas fundamentalmente por agua, y el mantenimiento de una humedad relativa adecuada durante el almacenamiento es otro de los aspectos clave para mantener la calidad durante la poscosecha. La pérdida de agua o deshidratación no solamente implica la pérdida de peso, también afecta la apariencia, la textura y, en algunos casos, el sabor (López, 2003). La pérdida de turgencia está directamente asociada a la sensación de frescura o de recién cosechada percibida por los consumidores. La humedad relativa que la normativa colombiana sugiere para su almacenamiento en refrigeración es de 85-90 % para almacenamiento antes y después de la maduración (NTC 1248-3, 1996).

Según la Usda (2016), en Estados Unidos, las condiciones óptimas de almacenamiento varían según el cultivo, las condiciones de crecimiento, la duración del almacenamiento requerido para el transporte y el grado de madurez. Sin embargo, en general, los aguacates verdes deben almacenarse con una temperatura entre 5 y 12 °C y una humedad relativa del 85 al 95 %. Las temperaturas óptimas de almacenamiento para la variedad Hass son de 5 a 7 °C. Después de 3 a 4 semanas de almacenamiento, la calidad de la fruta se reduce, y el almacenamiento de la fruta durante más de 6 semanas sigue siendo un desafío.

Para Europa, según Die deutschen Versicherer (GdV) (2020), la calidad de los frutos se determina por clasificación; es decir, deben exhibir un tamaño, color y madurez uniformes. Si las frutas están muy maduras, el riesgo de deterioro es demasiado grande, lo que restringe su comerciabilidad. Por lo cual, se requiere que los aguacates sean almacenados entre 7 y 12 °C y 85-90 % de HR. De esta manera, al ser almacenados en condiciones de atmósfera controlada, se mantiene la calidad de la fruta durante el transporte y almacenamiento, lo que puede extenderse a 6 semanas, aproximadamente.



La END 094 (2018) define como madurez de consumo el momento óptimo de consumo del fruto; es decir, cuando el fruto alcanza sus mejores características sensoriales y es apto para el consumo en fresco. En Colombia, según la NTC 1248-3 (1996), los principales índices para determinar la madurez para la cosecha son:

- Índices evaluados por medios visuales: inicio del cambio de color en diversas gamas y leve pérdida de brillo (iluminación del color) en las variedades de fruta verde.
- Índices evaluados por medios físicos: peso específico, sólidos solubles, textura y tamaño de la fruta, la cual se caracteriza por su diámetro más grande (utilizando calibres circulares) o por su masa.
- Índices evaluados por medios químicos: acidez titulable, pH, y contenido de aceite para los aguacates.

#### **2.1.4 Objetivos**

##### **Objetivo general**

Establecer el efecto de las condiciones de almacenamiento refrigerado y de maduración, sobre la calidad del aguacate Hass con fines de exportación.

##### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) sobre los parámetros fisicoquímicos y fisiológicos del aguacate Hass.
- Determinar la temperatura de maduración adecuada que permita mantener las propiedades de calidad de aguacate Hass con fines de exportación.

#### **2.1.5 Metodología**

##### **Diseño experimental**

Se emplearon 10 kg de aguacate Hass por tratamiento (3 aguacates por unidad experimental), provenientes de Versalles (finca Rancho Grande) y Bolívar (finca El Horizonte), Valle del Cauca (ver tabla 19). Se realizó un diseño experimental con 3 factores: humedad relativa (80 y 90 %), temperatura de almacenamiento (5, 7 y 9 °C) y temperatura de maduración (17, 20 y 23 °C), para un total de 18 tratamientos.

**Tabla 19.** Ubicación y condiciones climáticas de las fincas proveedoras del aguacate

	Versalles	Bolívar
Subregión	Norte	Norte
Latitud	4°34'43"	4°20'19"
Longitud	76°12'23"	76°11'05"
m s. n. m.	1860	978
Temperatura anual promedio (°C)	18	23
Humedad relativa anual promedio (%)	80-85	80-85

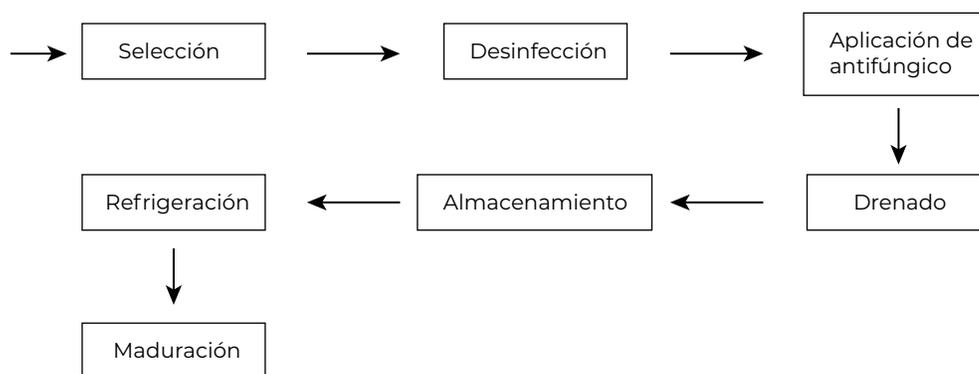
Fuente: Alcaldía Municipal de Bolívar, Valle (2019) y Maldonado (2015).

Durante el almacenamiento, cada 5 días se determinó pérdida de peso, fuerza de fractura, color de la cáscara y la pulpa, y daños externos e internos. Durante el desarrollo del fruto, estas determinaciones se realizaron diariamente hasta alcanzar la madurez de consumo.

Adicionalmente, al inicio, al final del almacenamiento y cuando el fruto alcanzó la madurez de consumo (fuerza de fractura de 4-6 N), se determinó pH, acidez titulable, contenido de grasa y tasa de respiración. Todos los tratamientos se realizaron por duplicado y cada réplica fue el promedio de 3 repeticiones por experimento (38 experimentos en total).

El análisis de resultados se realizó con la herramienta estadística Minitab 19<sup>®</sup>. El análisis de varianza en el almacenamiento se realizó en cada tiempo (5, 10, 15 y 20 días) y en la maduración cuando el fruto alcanzó la madurez de consumo. El análisis posanova se elaboró con la prueba de comparación de medias Tukey, empleando un nivel de confianza del 95 %.

En la figura 49 se observa el diagrama de flujo de los ensayos y a continuación se describe cada etapa.

**Figura 49.** Diagrama de flujo de los ensayos

Fuente: elaboración propia.

**Selección de los frutos:** se realizó de acuerdo con la Norma del Códex para el aguacate (1995), la cual indica que deben estar libres de pudriciones, plagas, olores y sabores extra-



ños, y con una longitud de pedúnculo menor a 10 mm. Adicionalmente, se descartaron los frutos que presentaron daños por sol (manchas de color rojo en la superficie del fruto). Se emplearon aguacates calibre 22, con peso entre 160 y 190 g.

**Desinfección:** fue realizada por inmersión de los frutos en una solución de ácido peracético (pH entre 4,0 y 4,5) por 30 s. Luego, los frutos se dejaron 2 h en condiciones ambientales (27 °C y 75 % de HR) para eliminar el exceso de humedad.

**Aplicación del antifúngico:** los aguacates se sumergieron 10 s en una solución de Biocitric a 0,05 % (v/v).

**Drenado:** el drenado o remoción del exceso de agua se realizó por almacenamiento a condiciones ambientales (27 °C y 75 % de HR) durante 30 min.

**Almacenamiento refrigerado:** los aguacates se almacenaron en una cámara climática (Memmert, Alemania) a 5, 7 y 9 °C y humedad relativa de 80 y 90 %, en 3 canastillas (entre 90 y 100 aguacates por canastilla). El seguimiento se realizó por 20 días (tiempo promedio de almacenamiento refrigerado durante la exportación).

**Maduración:** después de la etapa de refrigeración, el producto se almacenó en cámaras climáticas (Memmert, Alemania) a 17, 20 y 23 °C y 90 % de HR hasta que los frutos alcanzaron la madurez de consumo (fuerza de fractura entre 4 y 6 N). Las condiciones se determinaron mediante pruebas preliminares.

#### Determinaciones analíticas

- **Pérdida de peso (%):** se determinó en una balanza (marca Ohaus), con una precisión de  $\pm 0,01$  g. Se seleccionaron 3 frutos para cada etapa (almacenamiento y maduración), los cuales se conservaron intactos. Los resultados fueron expresados en % (p/p) mediante la siguiente ecuación:

$$(1) \text{ Pérdida de peso} = \left(1 - \left(\frac{p_t}{p_o}\right)\right)(100)$$

donde  $p_t$  es el peso en cada tiempo (g) y  $p_o$  es el peso inicial (g).

- **Fuerza de fractura:** se determinó sobre 2 secciones del fruto entero empleando un texturómetro digital (Shimadzu ez Test) con una celda de 500 N. Se empleó un punzón de sección cónica de 80 mm de largo y 3 mm de diámetro. El desplazamiento del punzón y su velocidad fue de 10 mm y 50 mm/min, respectivamente. Se registró la fuerza máxima y se reportó el promedio de las 2 medidas.



- **Color:** para determinar el color de la cáscara se cortó una sección de al menos 2 cm de diámetro de la cáscara; para la pulpa se realizó un corte transversal al fruto y se tomó una muestra de las mismas dimensiones. Las muestras de cáscara y pulpa se colocaron sobre una caja Petri y se determinó el color empleando un colorímetro (Hunterlab, Colorflex). Estas propiedades ópticas se registraron en el espacio de color CIELab, donde:  $L^*$  representa la luminosidad (de 0 a 100),  $a^*$  coordenadas de verde a rojo (de -50 a 50) y  $b^*$  coordenadas de azul a amarillo (desde -50 a 50).
- **Materia seca:** se determinó por pérdida de peso de 10 g de pulpa en una estufa a 105 °C por 18 h. Las muestras se extrajeron de la estufa y se mantuvieron 30 min en un desecador. Posteriormente, se pesaron en una balanza analítica (Ohaus, USA) con una precisión de  $\pm 0,0001$ . La determinación fue reportada en % base seca (g de materia seca/g de aguacate) empleando la ecuación 2:

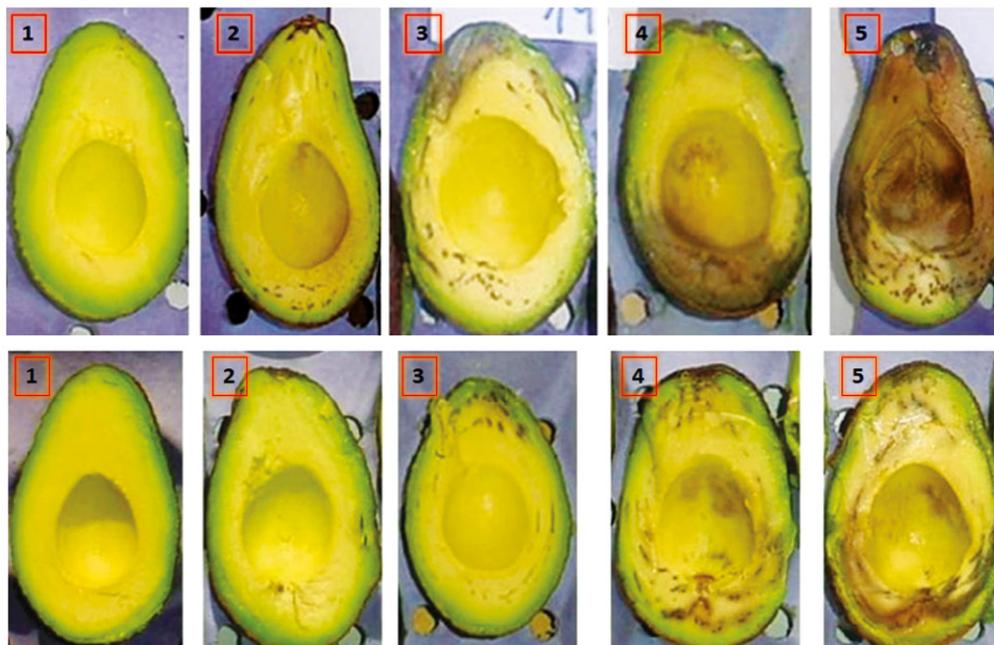
$$(2) \% \text{ de materia seca} = \frac{m_{ms+R} - m_R}{m_{mh+R} - m_R} \times 100$$

donde  $m_R$  es el peso del recipiente,  $m_{mh+R}$  es el peso de la muestra de aguacate húmeda con el recipiente (antes de introducir a la estufa) y  $m_{ms+R}$  es el peso de la muestra de aguacate seco con el recipiente.

- **pH:** se preparó una solución de pulpa de aguacate y agua destilada al 20 % (p/v). Se tomaron 25 g de solución y se midió el pH con un pHmetro (hanna).
- **Acidez titulable:** se tomaron 25 g de la solución anterior, se agregaron 3 gotas de fenolftaleína (indicador de color rosado cuando hay una neutralización). Se tituló con NaOH (0,1N) y se registró la cantidad de NaOH necesaria para alcanzar un pH entre 8,00 y 8,20. Los resultados se expresaron en % de ácido tartárico de acuerdo con la norma A. O. A. C., 1980.
- **Contenido de grasa:** se utilizó el método Soxhlet por extracción con solvente (éter de petróleo) a 80 °C, para lo cual se emplearon 10 g de muestra seca y molida (obtenida en la determinación de humedad). La extracción se realizó por 8 h. Se cuantificó el material graso extraído.
- **Registros fotográficos:** se realizó seguimiento a la cáscara en 3 momentos (recién cosechados, después de 20 días en refrigeración y con madurez de consumo) para determinar los cambios en el tiempo. El registro se realizó a 6 frutos (3 por productor).
- **Daños internos:** se realizó un registro fotográfico de los daños internos del fruto en los últimos 3 días de maduración. Los frutos se cortaron transversalmente sin remover la semilla. El seguimiento se realizó a 3 frutos por día (9 en total). Se cuantificó la cantidad de frutos con daños internos, el tipo de daño y cantidad de frutos por tipo de daño (%), las escalas de índice de pardeamiento de la pulpa y vascular



(ver figura 50) y la cantidad de frutos por cada escala. Este procedimiento se realizó de acuerdo con la norma Codex Stan 197 (FAO, 2013) y White *et al.* (2009).



**Figura 50.** Índice de pardeamiento de pulpa (fila superior) e índice de pardeamiento vascular (fila inferior) en aguacate Hass

Fuente: White *et al.* (2009).

### 2.1.6 Resultados

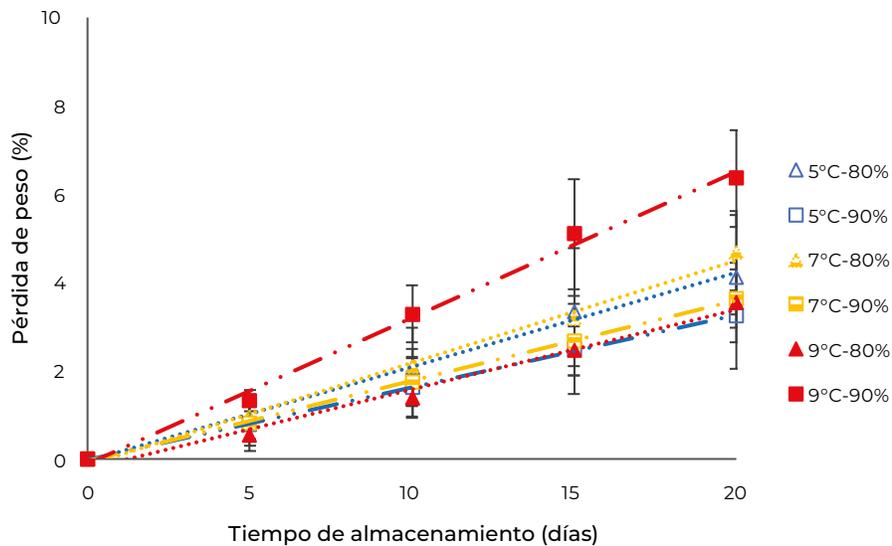
#### Almacenamiento refrigerado

En la primera tabla de los anexos se presentan los parámetros de calidad del aguacate Hass durante el almacenamiento para todos los tratamientos.

En la figura 51 se presenta la pérdida de peso (%) respecto al peso inicial. Se observa que la pérdida de peso aumentó linealmente con el tiempo de almacenamiento, con un efecto significativo de la temperatura ( $p < 0,05$ ) y la HR no tuvo efecto. Al aplicar la prueba de Tukey, se observa que hay diferencia significativa del tratamiento a  $9^{\circ}\text{C}$  ( $6,36 \pm 1,09$  %) respecto a las otras 2 temperaturas  $5^{\circ}\text{C}$  ( $3,2 \pm 1,2$  %) y  $7^{\circ}\text{C}$  ( $3,6 \pm 0,7$  %). Esto es consistente con lo encontrado por Ocaña y Mastrocola (2019), quienes encontraron que la temperatura óptima que disminuye los procesos fisiológicos que causan la pérdida de agua en el aguacate Hass está entre  $4,5$  y  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Escobar *et al.* (2019) reportaron pérdidas de  $3,84 \pm 0,78$  % a  $5^{\circ}\text{C}$  y Aguirre *et al.* (2017) obtuvieron valores de  $5,56$  % a  $7^{\circ}\text{C}$ . Estos valores son similares a los obtenidos en el presente trabajo para temperaturas de  $5$  y  $7^{\circ}\text{C}$ . Por otra parte, Careli-Gondim *et al.* (2020) mostraron pérdidas cercanas a  $6$  % para almacenamiento a  $10^{\circ}\text{C}$ . La alta pérdida de peso para la condición  $9^{\circ}\text{C}$  ( $90$  %) no es la esperada, teniendo en cuenta que la



condición 9 °C (80 %) tiene una mayor diferencia de presiones parciales con el alimento y, por lo tanto, debería presentar una pérdida de peso mayor.



**Figura 51.** Pérdida de peso de los frutos durante el almacenamiento a diferentes condiciones ambientales

Fuente: elaboración propia.

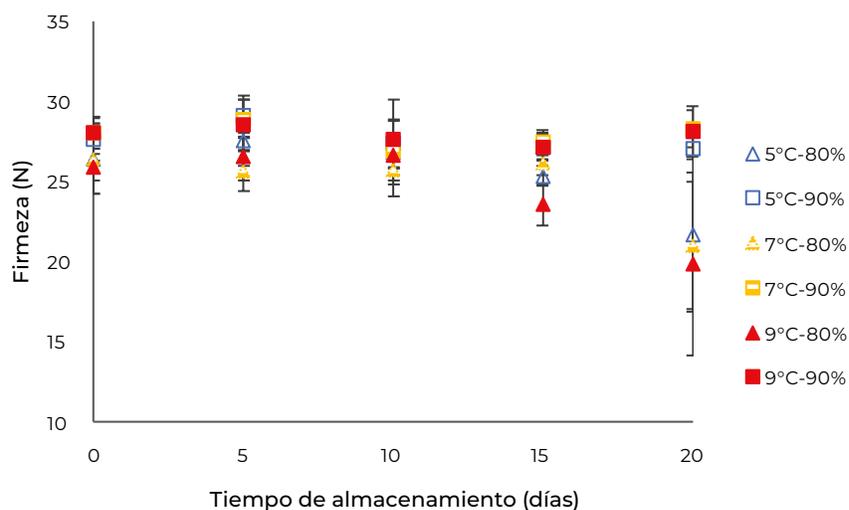
En la figura 52 se observa la variación de la firmeza del fruto en función de las condiciones de almacenamiento. De acuerdo con este resultado, la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento tuvieron un efecto significativo sobre la firmeza del fruto a partir del día 15 ( $p < 0,05$ ), los tratamientos 5 °C-80 % y 7 °C-80 % disminuyeron su firmeza en el día 20 con  $21,7 \pm 4,8$  y  $21,0 \pm 4,0$  N, respectivamente. Los tratamientos a 90 % de humedad relativa conservaron la firmeza inicial del fruto, consiguiéndose así el propósito de retardar la maduración en esta etapa de almacenamiento, con valores muy superiores a los de madurez de consumo. Los valores de firmeza en el día 20 variaron entre  $21,0 \pm 4,0$  N y  $28,15 \pm 1,3$  N.

Por otra parte, los tratamientos con 80 % de humedad relativa presentaron la mayor desviación estándar, lo que implica mayor heterogeneidad en la calidad de los frutos. Este incremento de heterogeneidad en las propiedades de calidad es un aspecto negativo, debido que dificulta la estimación del tiempo de madurez de consumo y puede ser causa de rechazo en la comercialización (Pedreschi *et al.*, 2014). Hernández *et al.* (2016) recomiendan emplear métodos combinados para disminuir la heterogeneidad del fruto, por ejemplo la refrigeración con atmósferas controladas con 2-5 kPa  $O_2$  y 3-10 kPa  $CO_2$  permite reducir la respiración y evitar la decoloración de la cáscara.

Las temperaturas bajas durante el almacenamiento reducen la actividad enzimática asociada con la degradación de la pared celular. Esto permite que se conserve la firmeza aumentando la resistencia a daños mecánicos durante la manipulación y almacenamiento



(Ocaña, 2019). La madurez del producto permaneció entre 1 y 2 (verde) (Sierra *et al.*, 2019). Se observaron comportamientos similares de la textura respecto a otros estudios, aunque los valores son difíciles de comparar debido a las diferencias de los métodos utilizados para medir esta variable. Osuna *et al.* (2017) evaluaron temperaturas de 4, 6 y 8 °C durante 3 semanas de almacenamiento, sin encontrar cambios significativos en la firmeza de la pulpa.



**Figura 52.** Firmeza del aguacate Hass en función de las condiciones de almacenamiento

Fuente: elaboración propia.

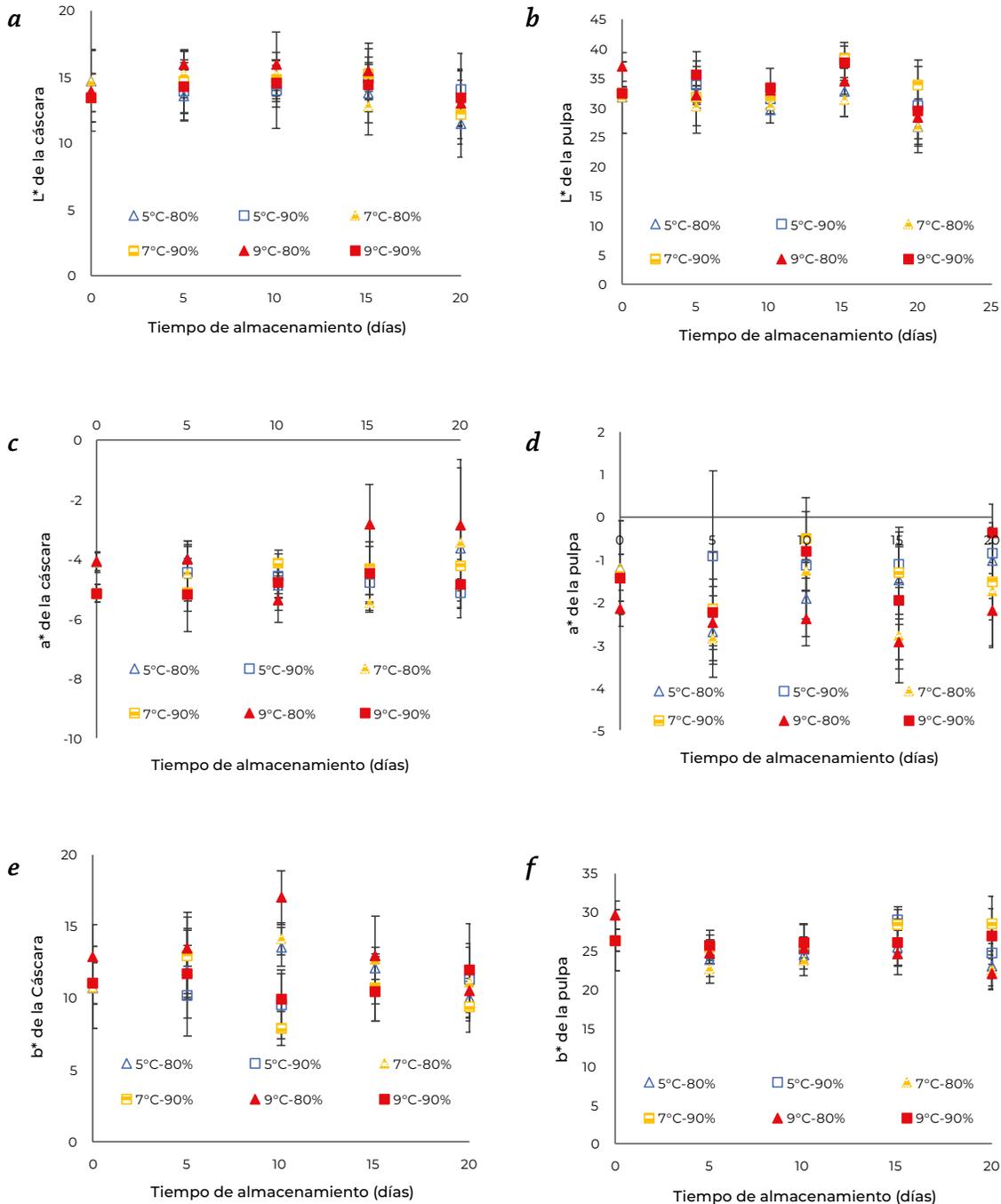
En la figura 53 se presenta la variación de las propiedades ópticas de la cáscara y de la pulpa de aguacate en el almacenamiento. No se evidenciaron cambios significativos de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la cáscara con los tratamientos. Para que el ojo humano detecte un cambio apreciable en el color, estos parámetros deben cambiar al menos 6 unidades (Mendoza y Borges, 2015). La diferencia de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  entre el día 0 y 20 fue inferior a 5 unidades. Resultados similares fueron reportados por Sierra *et al.* (2019) en el almacenamiento de aguacate a 9 °C, en el cual, a pesar de empacar los frutos en bolsas de polietileno (con perforaciones), el cambio en la luminosidad de la cáscara fue inferior a 5 unidades entre el día 0 (37,4) y el día 22 (32,8). Aguirre *et al.* (2017) reportan únicamente el valor del parámetro  $L^*$  como índice para la evaluación del color, con un comportamiento similar al obtenido en este trabajo.

Este resultado indica que el fruto no sufrió cambios fisiológicos importantes en lo relativo a estos parámetros, garantizando el color de los aguacates como si fueran recién cosechados. Esto es un resultado positivo en el presente estudio, pues la mayoría de autores relacionan cambios en las propiedades ópticas de los frutos a partir de la segunda semana de almacenamiento (Márquez *et al.*, 2014).

En cuanto al color en la pulpa, la temperatura tuvo un efecto significativo sobre el parámetro  $a^*$  de la pulpa. A 5 y 7 °C se observaron los valores más bajos  $1,7 \pm 1,3$  y  $1,5 \pm 0,9$ .



Los valores de  $a^*$  negativos pueden estar relacionados con pigmentos de color verde, como la clorofila, la concentración de esta es mayor, a menor estado de madurez del fruto (Macdougall, 2010).



**Figura 53.** Propiedades ópticas de la cáscara (a, c, e) y pulpa (b, d, f) del aguacate Hass durante el almacenamiento

Fuente: elaboración propia.



En cuanto a los demás parámetros fisicoquímicos evaluados (sólidos solubles, acidez titulable, pH y contenido de aceite), en general, no se observó efecto significativo de las condiciones de almacenamiento sobre los valores obtenidos, demostrando que las temperaturas y las humedades relativas evaluadas conservan las características iniciales del producto sin provocar cambios. El contenido de sólidos solubles fue  $7,2 \pm 0,39$  °Bx y la acidez fue  $0,0350 \pm 0,0039$  (% de ácido tartárico). La poca variabilidad en los valores muestra que los carbohidratos y los ácidos orgánicos requeridos para los procesos metabólicos no se consumieron debido a que la refrigeración disminuye la biosíntesis de etileno y la tasa de respiración durante el almacenamiento (Astudillo y Rodríguez, 2018). Se presentaron valores de pH de  $6,70 \pm 0,21$ , similares a los reportados por Astudillo y Gutiérrez (2018) y Aguirre *et al.* (2017). Estos valores cercanos a la neutralidad son característicos del aguacate Hass (Aguirre *et al.*, 2017). De igual manera, se mantuvieron los valores del contenido de aceite,  $12,53 \pm 1,23$ , el cual tiene una relación directa con el grado de madurez del aguacate Hass. Estos valores son similares a los de Osuna *et al.* (2017), quienes utilizaron frutos con un contenido de materia seca de  $23,68 \pm 1,35$  % y reportaron un contenido de aceite de  $13,36 \pm 1,47$  %.

### **Maduración**

La maduración del fruto implica un reordenamiento de los polisacáridos presentes en la pared celular (pectinas y celulosas) debido a reacciones enzimáticas, lo que disminuye la firmeza (Pedreschi *et al.*, 2019). A continuación, se presentan los resultados del proceso de maduración, posterior al almacenamiento.

### **Pérdida de peso**

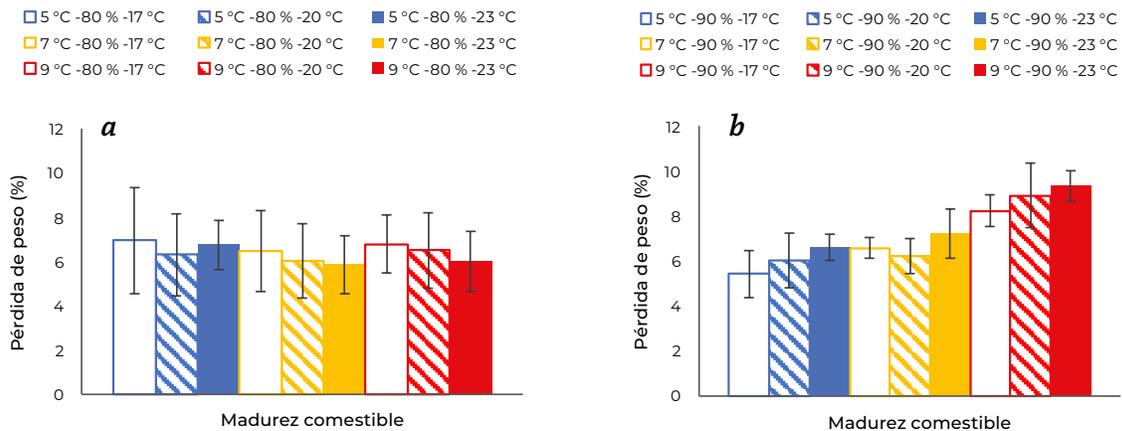
En la figura 54 se presenta la pérdida de peso durante la maduración. Es importante resaltar el efecto combinado de las temperaturas de almacenamiento y maduración. La humedad relativa y la temperatura de almacenamiento tuvieron efecto significativo sobre la pérdida de peso de los frutos ( $p < 0,5$ ). Se observó que las muestras almacenadas a 5 y 7 °C a 90 %, presentaron menores pérdidas de peso durante la maduración. El tratamiento con menor pérdida de peso correspondió a la combinación 5 °C (90 %)/17 °C ( $5,4 \pm 1,0$  %). Escobar *et al.* (2019) reportaron pérdidas de  $6,51 \pm 1,08$  % a 5-90 %/20 °C (almacenamiento/maduración), que son similares a las obtenidas en este trabajo. En general, se observaron pérdidas de peso mayores en la maduración respecto a las obtenidas en el almacenamiento. Esto se debe a que se tienen mayores diferencias de presión de vapor entre el alimento y el medioambiente.

La pérdida de peso durante la maduración se debe a la biosíntesis del etileno y al aumento en el contenido de aceite. Cuando este aumenta, el contenido de humedad disminuye debido a un desplazamiento de las moléculas de agua por parte de las inclusiones oleosas fuera de las vacuolas celulares (Xoca-Orozco *et al.*, 2019). El tratamiento a 9 °C (90 %) (almacenamiento) combinado con una maduración a 23 °C presentó la mayor pérdida de



peso ( $8,8 \pm 1,1$  %). Esto puede deberse a procesos fisiológicos como la respiración y la transpiración, en los cuales se presenta consumo de las fuentes de carbono (como los azúcares) y pérdida de agua, que son afectados directamente con la temperatura (Álvarez, 2015). En esta etapa se presenta un consumo de azúcares de 7 carbonos en las reacciones metabólicas (como la manoheptulosa y el sorbitol) debido al proceso de respiración (producción de etileno y pérdida de agua en el fruto) (Landahl *et al.*, 2009). La pérdida de agua es un atributo indeseable en los frutos, debido a que estimula la síntesis de ácido abscísico y aumenta el ablandamiento prematuro, las lesiones por frío y la susceptibilidad a hongos, lo cual lleva a pérdidas económicas (Blakey *et al.*, 2014).

Durante la maduración, la pérdida de peso varió directamente con el tiempo de almacenamiento, ajustándose a un modelo lineal, con  $R^2$  superior a 0,90. No se evidenció una correlación de los coeficientes de ajuste y los factores evaluados. Por esta razón, no se presentan los resultados.



**Figura 54.** Pérdida de peso de los frutos durante la maduración con almacenamiento previo de (a) 5, 7, 9 °C y 80 % de HR y (b) 5, 7, 9 °C y 90 % de HR

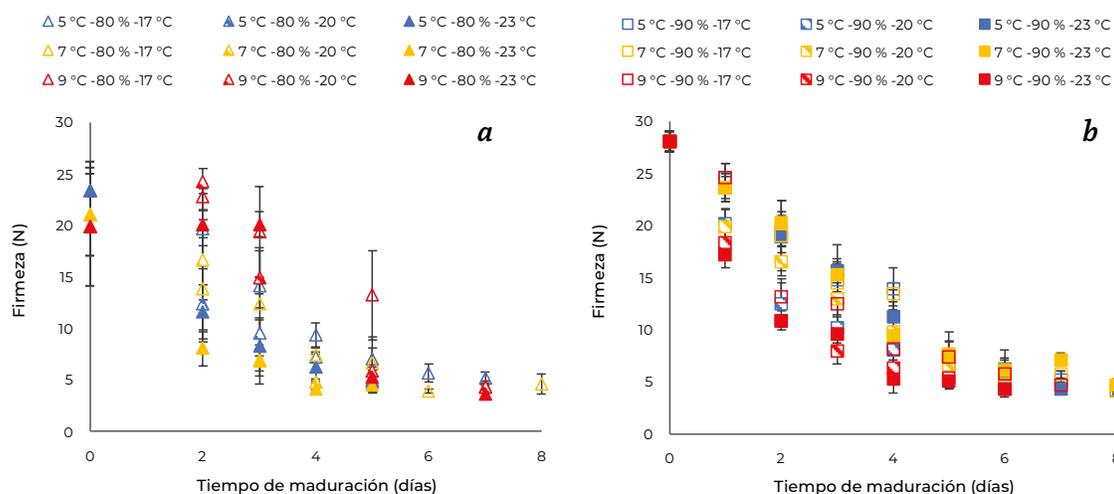
Fuente: elaboración propia.

### Firmeza

En la figura 55 se muestra el cambio de la firmeza de los frutos en función del tiempo de maduración. Este parámetro disminuyó con el tiempo en todos los tratamientos. Al aumentar la temperatura (después del almacenamiento refrigerado) se inicia el proceso de degradación de los compuestos estructurales disminuyendo la firmeza del producto (Defilippi *et al.*, 2018). La pérdida de firmeza está relacionada con la hidrólisis de polisacáridos por el aumento de la actividad de enzimas (pectinasas, celulasas, amilasas y poligalacturonasas [PG]) que generan cambios en la estructura en la pared celular produciendo el ablandamiento del fruto (Pinto, Rueda-Chacón y Arguello, 2019; Shezi *et al.*, 2020). Este resultado fue observado también por Blakey *et al.* (2014). Según Peláez y Núñez (2020), durante la maduración de aguacates sometidos a almacenamiento previo, se presenta mayor actividad de celulasas y PG. La



pérdida de firmeza también se ha relacionado con la pérdida de agua (pérdida de peso) debido a que esta estimula la síntesis de etileno y los procesos metabólicos (Aguirre *et al.*, 2017; Peláez y Núñez, 2020). Se ha observado un comportamiento similar con un proceso de almacenamiento refrigerado a 5 °C (90 % de HR) y posterior maduración a 20 °C (45 % de HR) (Defilippi *et al.*, 2018). Se observó que las desviaciones estándar fueron mayores para 80 % de HR, lo que puede deberse a una mayor heterogeneidad cuando se almacena a esas condiciones, debido al estrés causado a las frutas en condiciones de mayor diferencia de presiones parciales entre el alimento y el medio.



**Figura 55.** Efecto de la temperatura de maduración en la firmeza con almacenamiento previo de (a) 5, 7, 9 °C y 80 % de HR y (b) 5, 7, 9 °C y 90 % de HR

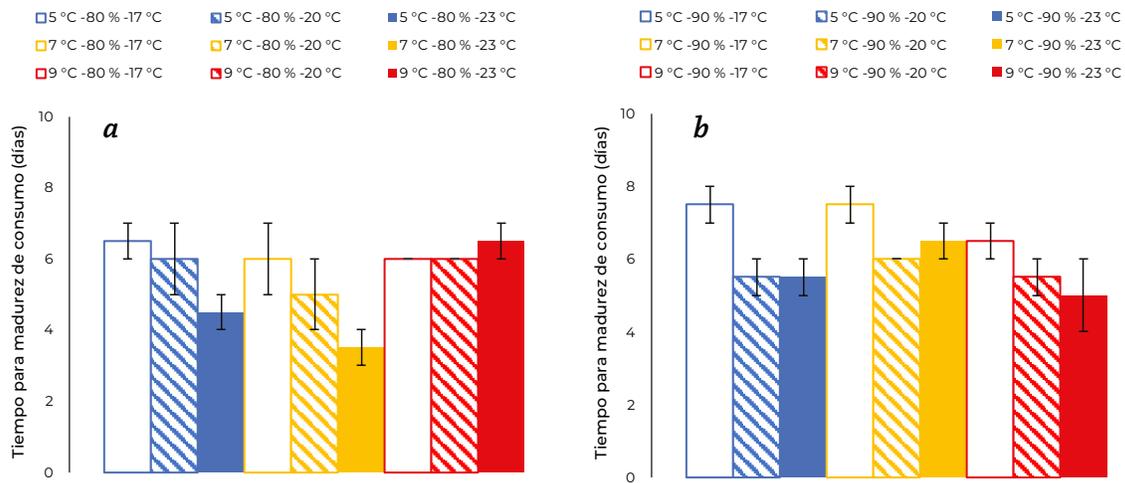
Fuente: elaboración propia.

En la figura 56 se muestra el tiempo necesario para alcanzar la madurez de consumo (firmeza entre 4 y 5 N) con almacenamiento previo de 5, 7, 9 °C y 80 y 90 % de HR en el aguacate Hass. Para todas las condiciones, la madurez de consumo se alcanzó entre 3 y 8 días. Rodríguez y Henao-Rojas (2016) y Peláez y Núñez (2020) reportaron entre 5 y 6 días para alcanzar la madurez de consumo con almacenamiento a 5 °C. Arpaia *et al.* (2018) reportaron una disminución en el tiempo para alcanzar la madurez de consumo con el aumento de la temperatura de maduración desde 6,4 días (a 15 °C) hasta 4,6 días (a 25 °C) empleando 5 °C en el almacenamiento, pero con muy poco cambio a partir de 20 °C. Este comportamiento es consistente con el presentado en la figura 56. Peláez y Núñez (2020) obtuvieron resultados de 6 días para la combinación almacenamiento/refrigeración de 5/21 °C y de 8 días para 1/21 °C.

De acuerdo con Blakey *et al.* (2012) emplear temperaturas bajas (< 13 °C) puede generar desórdenes en la síntesis de ácido abscísico, lo cual lleva a defectos de calidad, como pardeamiento vascular, daños por frío y susceptibilidad a crecimiento de hongos (Munhuweyi,



Mpai y Sivakumar, 2020). Por otra parte, no se conocen investigaciones que reporten el efecto de la humedad relativa sobre la calidad del aguacate Hass.



**Figura 56.** Tiempo para alcanzar madurez de consumo durante la maduración con almacenamiento previo de (a) 5, 7, 9 °C y 80 % de HR y (b) 5, 7, 9 °C y 90 % de HR.

Fuente: elaboración propia.

### Color de la cáscara y la pulpa

La luminosidad de la cáscara disminuyó al final de la maduración, respecto al día 20 de almacenamiento (ver figuras 57a y 57b). Este fenómeno es característico en la variedad Hass, el cual presenta oscurecimiento de la cáscara a medida que madura debido a la degradación de la clorofila y a la síntesis de otros pigmentos (Sierra *et al.*, 2019). El parámetro  $a^*$  se incrementó con la maduración del fruto: cuando su valor cambia de negativo a positivo, indica una transición de tono de verde a rojo. Por otra parte, el parámetro  $b^*$  disminuyó en la maduración: valores cercanos a 20 indicaron disminución de tonos amarillos y presencia de azul. Al relacionar  $a^*$  y  $b^*$  de la cáscara con color rojo y azul, respectivamente, se obtuvieron tonos morados. Este resultado fue semejante al obtenido por Escobar *et al.* (2019) en frutos cosechados en Antioquia (Colombia) y madurados a 20 °C y 90 % de HR. Los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  presentaron la misma tendencia para todas las fincas evaluadas, sin importar la edad de los árboles, posición geográfica o altura sobre el nivel del mar.

Se evidenció efecto significativo de la humedad relativa sobre las propiedades ópticas de la cáscara ( $p < 0,05$ ). La temperatura no tuvo efecto. Los frutos almacenados a 80 % de HR presentaron mayor luminosidad y menor intensidad de color morado. Este comportamiento fue similar al reportado por Márquez *et al.* (2014), al conservar frutos a 65 % de HR (21 °C) reportaron valores  $L^*$  25 % más altos que los obtenidos en esta investigación, mientras que



$a^*$  y  $b^*$  fueron similares. Se recomienda emplear valores objetivo de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la cáscara de  $7,5 \pm 2,0$ ,  $1,5 \pm 1,2$  y  $2,7 \pm 1,6$ , respectivamente. Estos valores corresponden al promedio de propiedades ópticas con madurez de consumo de los frutos almacenados a 90 % de HR. El empleo de herramientas cualitativas como las cartas de color, con una escala de 1 a 5 por presencia de tonos morados en la cáscara, no son precisas (error de 20 %) para la estimación del grado de madurez del fruto (Rivera *et al.*, 2017). Las desviaciones estándar para los tratamientos a 80 y 90 % de HR fueron de 1,1-2,4 y 0,7-1,4, respectivamente. La dispersión de las observaciones fue mayor a menor humedad relativa. Esto puede estar relacionado con la heterogeneidad de los frutos a 80 % de HR.

En la figura 58 se observan las propiedades ópticas de la pulpa de aguacate con madurez de consumo. La luminosidad de la pulpa fue constante durante la maduración e igual para todos los tratamientos ( $p > 0,05$ ). Igual ocurrió con los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  de la pulpa. Este es el comportamiento típico de color en la pulpa del aguacate. Este resultado es semejante al obtenido por Márquez *et al.* (2014) en aguacate Hass almacenado 21 días a 23 °C y 65 % de HR. Los autores no observaron diferencia en las propiedades ópticas de frutos con madurez de consumo de 2 fincas. Por otra parte, Pinto *et al.* (2019) realizaron un seguimiento por 10 días de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en frutos con 3 estados: sin madurar, cerca a madurar y maduro. Las propiedades ópticas de todos los frutos fueron similares después de 10 días. El estudio no reporta las condiciones de almacenamiento de los frutos.

#### Otros parámetros fisicoquímicos

En la segunda tabla de los anexos se presentan los parámetros de calidad del aguacate Hass con madurez de consumo de todos los tratamientos. Los valores de actividad de agua  $a_w$  mayores de 0,97 (ver figura 59), característicos de productos frescos ( $> 0,90$ ), son similares a los reportados por Schwartz *et al.* (2007) de 0,968. Los factores estudiados no tuvieron efecto significativo sobre esta variable. Valores altos de  $a_w$  facilitan las reacciones de deterioro y el crecimiento de microorganismos (Fennema, 2007). Por esta razón, es importante identificar con precisión el estado de madurez de consumo del fruto y evitar la maduración excesiva. Henríquez *et al.* (2013) evaluaron el efecto de la impregnación a vacío de vitamina C y calcio sobre las propiedades del mesocarpio del fruto almacenado a 4 °C y 12 °C, observando que la  $a_w$  permanece constante durante 15 días para todos los tratamientos estudiados (con y sin impregnación) e igual a 0,98. La  $a_w$  es un parámetro importante que permite determinar la fuerza impulsora que promueve la pérdida de peso (diferencia de presión parcial entre el alimento y el medio).

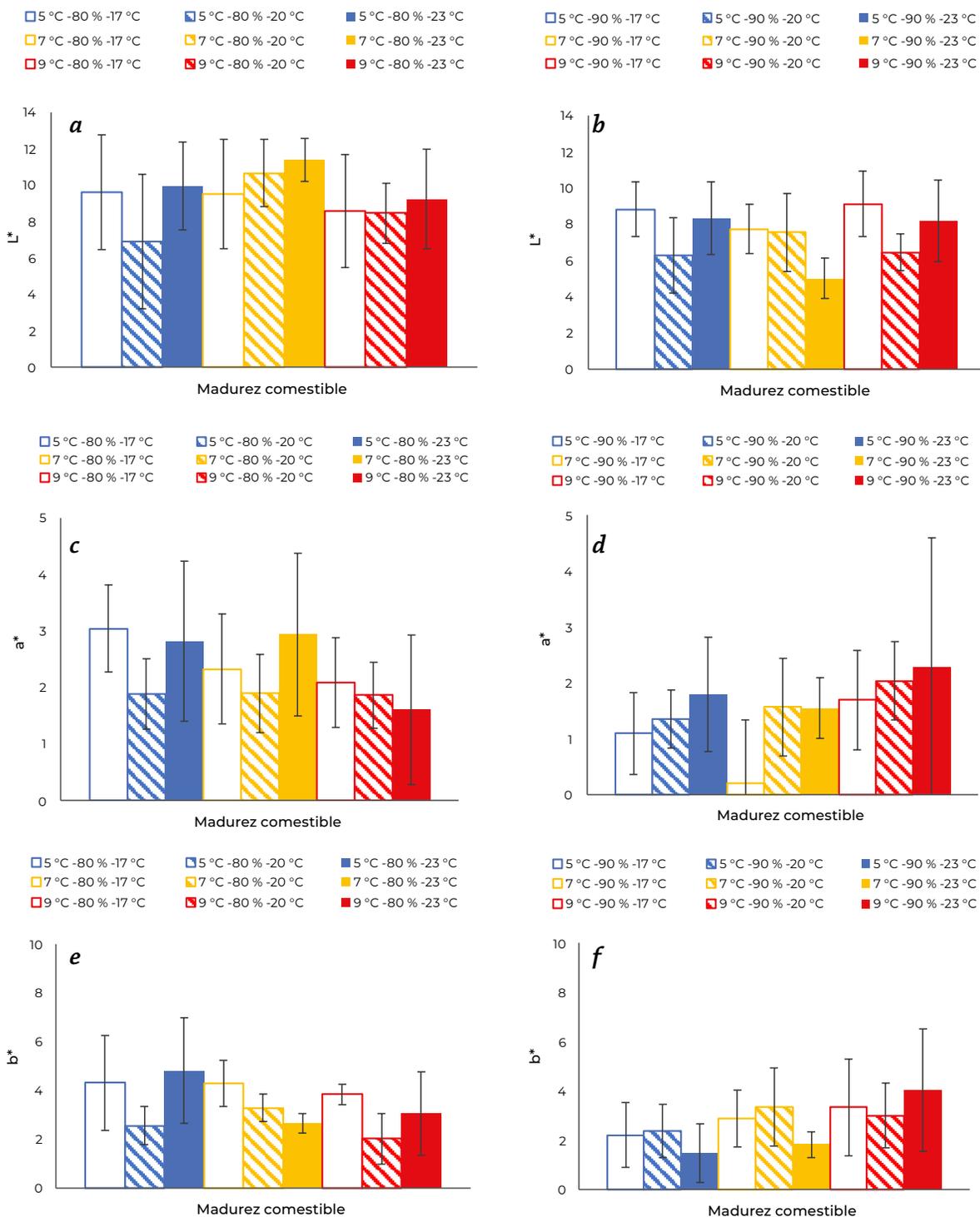
No se observó diferencia estadística de los tratamientos sobre el pH ( $6,87 \pm 0,38$ ) de los frutos con madurez de consumo ( $p > 0,05$ ) (ver figura 58). Este resultado es similar al reportado por Astudillo y Rodríguez (2018) en frutos almacenados por 3, 4 y 5 semanas



a 5 °C y 90 % de HR, y madurados a 20 °C y 90 % de HR. Resultado similar reportaron Salvador-Reyes y Paucar-Menacho (2019).

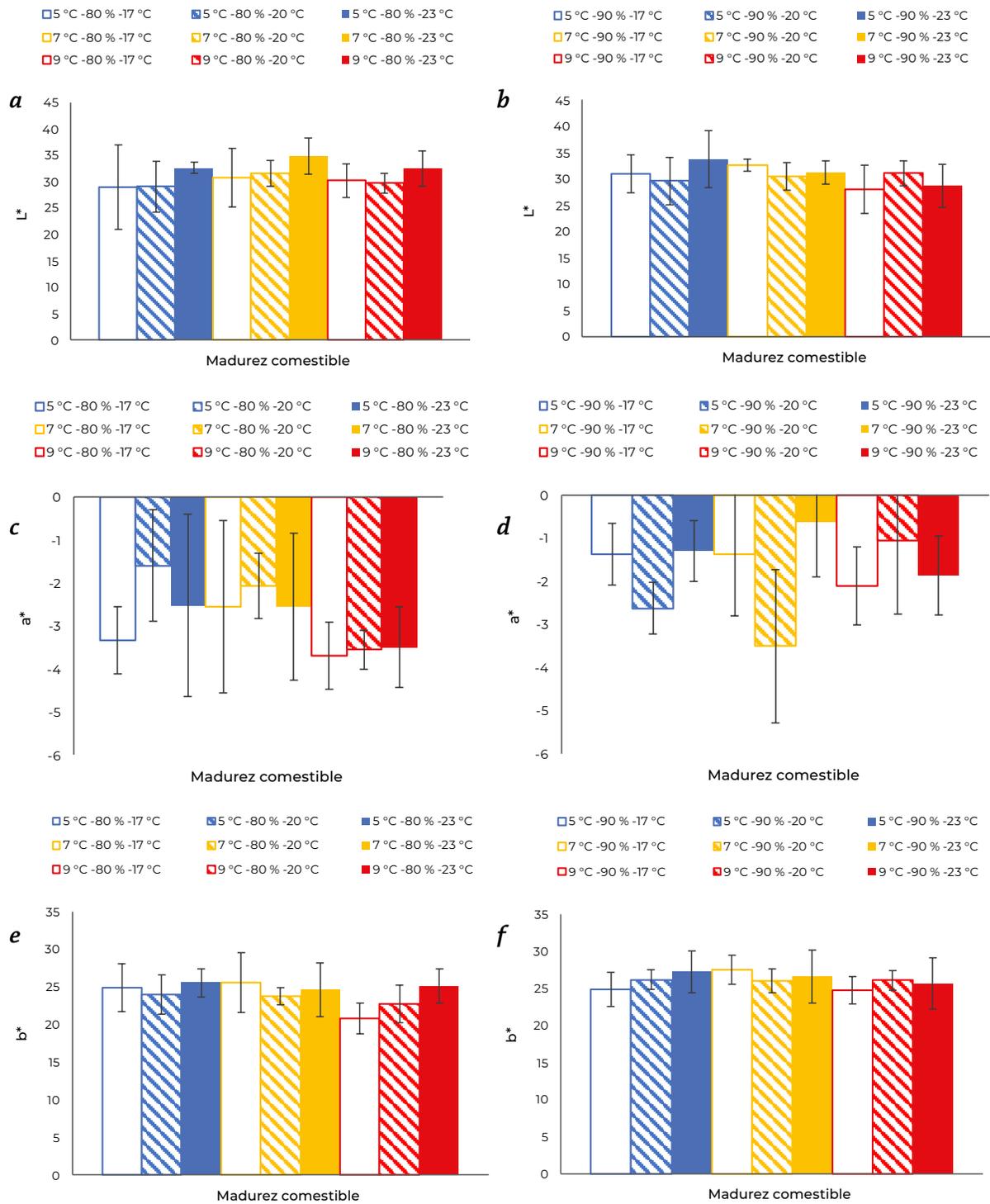
La acidez titulable (ver figura 61) disminuyó con el tiempo hasta alcanzar la madurez de consumo para todos los tratamientos. Esto se debe a que los ácidos orgánicos son empleados usando los carbohidratos como fuente de energía para el desarrollo de reacciones metabólicas en el fruto (Cosimo *et al.*, 2015). La humedad relativa tuvo un efecto significativo sobre la acidez titulable ( $p < 0,05$ ). Los frutos almacenados a 80 % de HR presentaron mayor acidez que los almacenados a 90 % de HR ( $0,022 \pm 0,019$  y  $0,009 \pm 0,007$  g de ácido tartárico/g, respectivamente). Esto puede estar relacionado con madurez heterogénea presentada por los frutos almacenados a HR de 80 %. Esta heterogeneidad en la maduración se puede evidenciar con las diferencias en la firmeza de madurez de consumo a esas condiciones (ver figura 55a), como se discutió en la sección de firmeza. También es posible que un ambiente con HR baja cause trastornos en las reacciones metabólicas y no se usen los ácidos como fuente de energía, provocando que el producto no tenga el sabor deseado.

Una de las variables más importantes en el proceso de maduración es el contenido de aceite después del almacenamiento refrigerado. En la figura 62 se muestra el contenido de grasa cuando el producto alcanza madurez de consumo. Se encontraron valores entre 12,1 y 18,3 %, cumpliendo con la regulación colombiana (END 094, 2018) la cual establece que el contenido de grasa en madurez de consumo debe ser mínimo 12 %. El contenido de aceite aumentó de  $13,72 \pm 1,42$  % al final del almacenamiento refrigerado a  $15,22 \pm 2,78$  % al final de la maduración. De acuerdo con el anova, se determinó que la humedad relativa tiene influencia significativa durante la maduración sobre el contenido de aceite ( $p < 0,05$ ); los frutos almacenados a 90 % tuvieron el mayor contenido de grasa en esta etapa. Esto puede deberse a que, a 80 % de HR los cambios fisicoquímicos y bioquímicos que ocurren en la maduración, como la biosíntesis y acumulación de pigmentos, compuestos antioxidantes y lípidos, se han incrementado, y se manteniendo constante el contenido de aceite (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011). El contenido de aceite está relacionado directamente con la calidad del aguacate, por sus propiedades cardioprotectoras, antioxidantes y antimicrobianas, debido a la presencia de tocoferoles, carotenoides y lipoproteínas, entre otros compuestos bioactivos (Bassaganya-Riera *et al.*, 2004; Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011).



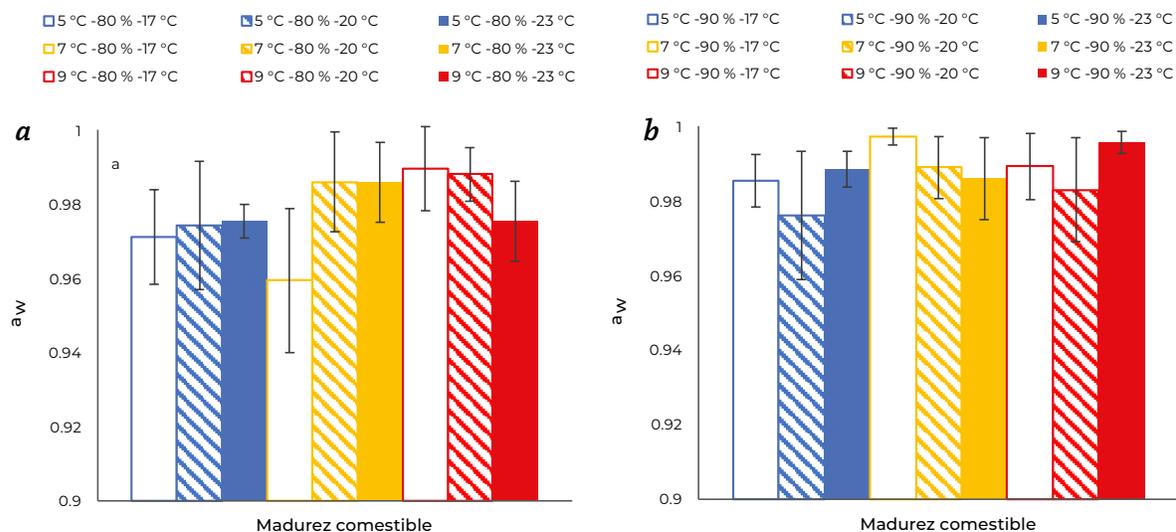
**Figura 57.** Parámetros de color en la cáscara durante la maduración con almacenamiento previo a 5, 7, 9 °C y 80% de HR (a, c, e) y 5, 7, 9 °C y 90% de HR (b, d, f)

Fuente: elaboración propia.



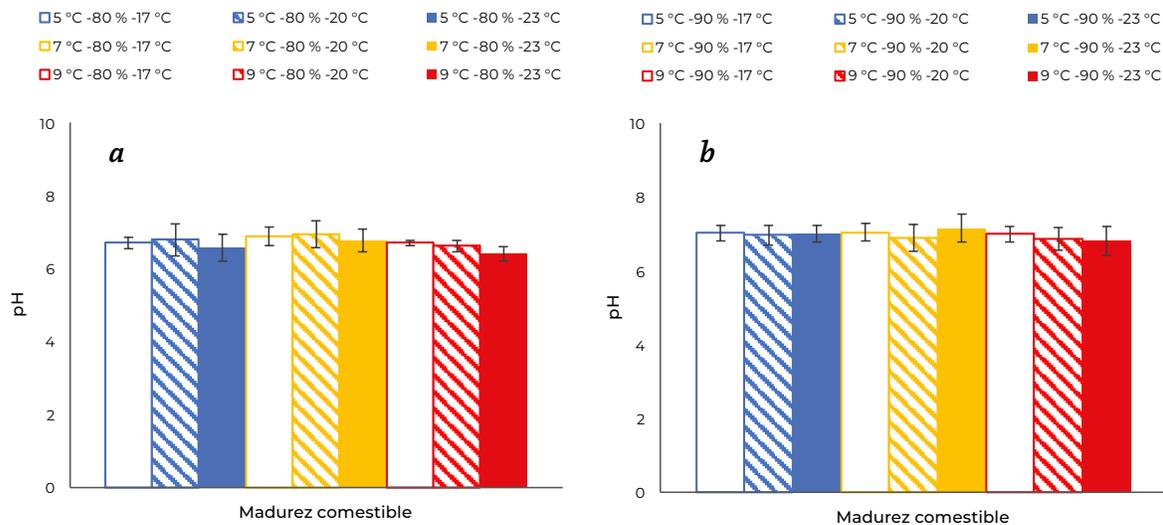
**Figura 58.** Parámetros de color en la pulpa durante la maduración con almacenamiento previo a 5, 7, 9°C y 80% de HR (a, c, e) y 5, 7, 9°C y 90% de HR (b, d, f)

Fuente: elaboración propia.



**Figura 59.**  $a_w$  (actividad de agua) de aguacate Hass con madurez de consumo con almacenamiento previo en (a) 5, 7, 9°C y 80% de HR y (b) 5, 7, 9°C y 90% de HR

Fuente: elaboración propia.



**Figura 60.** pH de aguacate Hass con madurez de consumo con almacenamiento previo en (a) 5, 7, 9°C y 80% de HR y (b) 5, 7, 9°C y 90% de HR

Fuente: elaboración propia.

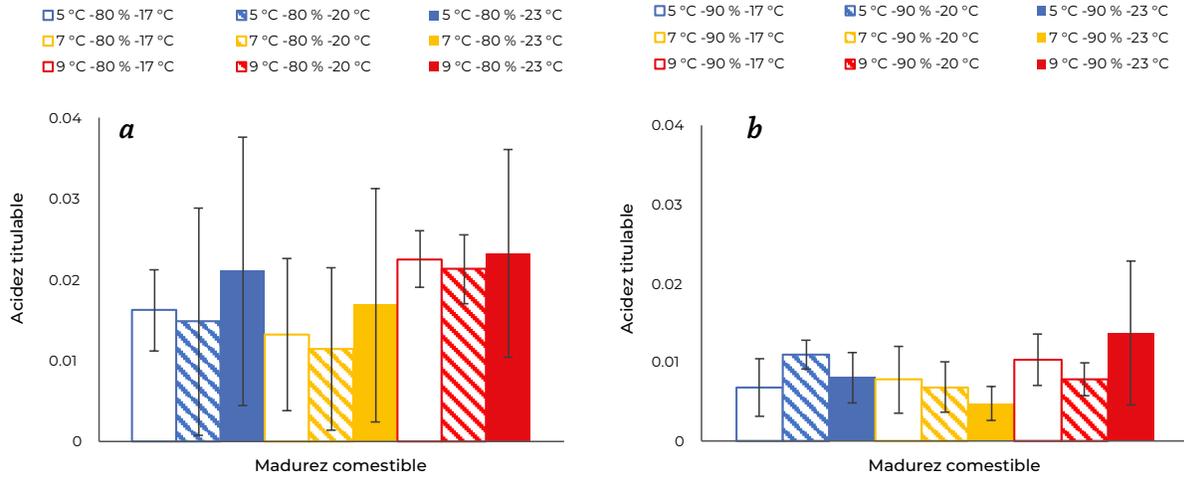


Figura 61. Acidez titulable de aguacate Hass con madurez de consumo con almacenamiento previo en (a) 5, 7, 9°C y 80% de HR y (b) 5, 7, 9°C y 90% de HR

Fuente: elaboración propia.

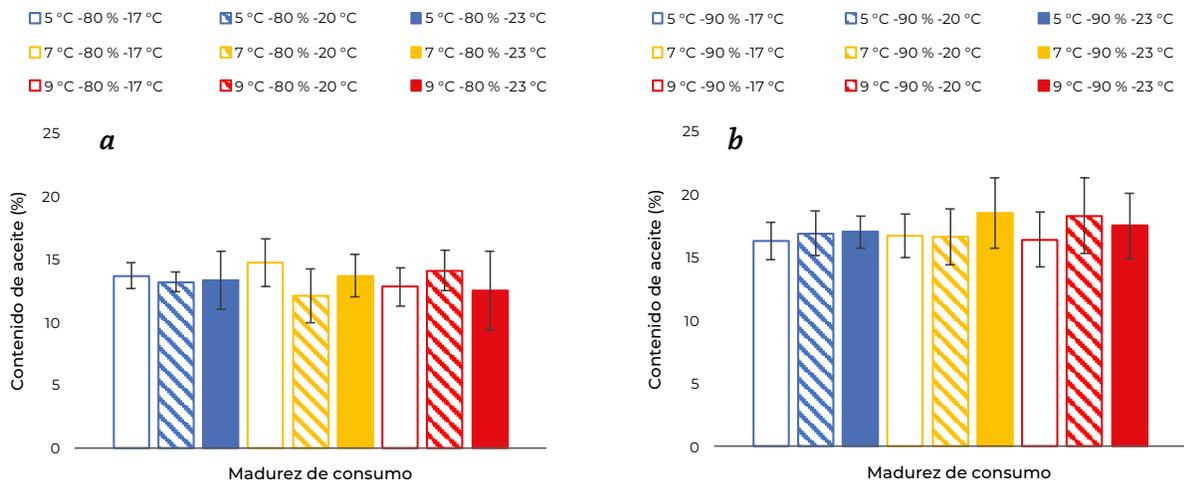


Figura 62. Contenido de aceite de aguacate Hass con madurez de consumo con almacenamiento previo en (a) 5, 7, 9°C y 80% de HR y (b) 5, 7, 9°C y 90% de HR

Fuente: elaboración propia.



### **Daños externos e internos**

En las tablas 20 a 25 se presentan, mediante fotografías, los cambios externos experimentados por el producto durante el proceso de almacenamiento y maduración hasta alcanzar la madurez de consumo. El tiempo para obtener la madurez de consumo depende de la combinación de condiciones de almacenamiento y maduración (ver figura 56). Se puede observar que la cáscara cambió de color verde claro a rojo-morado oscuro con la maduración, lo cual se corrobora con las propiedades ópticas presentadas en la figura 57, con una disminución del valor de  $L^*$  y un aumento de  $a^*$  con la maduración. Esto da lugar a tonos morados, y es un comportamiento típico para esta variedad de aguacate, como se analizó en secciones anteriores. Todos los frutos presentaron heterogeneidad en el color de la cáscara en la madurez de consumo. A 80 % de humedad relativa se observó mayor diferencia en el color, esta heterogeneidad se refleja en la magnitud de las barras de error de la figura 57, las cuales son mayores comparadas con las obtenidas a 90 % de humedad relativa.

En las tablas 26, 27 y 28, se observan los daños internos de los frutos madurados a 17, 20 y 23 °C, respectivamente, con almacenamiento previo a 5, 7, 9 °C y 80 % de HR, y 5, 7, 9 °C y 90 % de HR. Las fotografías se tomaron en muestras con madurez de consumo. El tiempo para obtener esta madurez depende de la combinación de condiciones de almacenamiento y maduración (ver figura 56). Los frutos almacenados a 80 % de humedad relativa presentaron mayores daños; los tratamientos con almacenamiento previo 5 °C (80 % de HR) presentaron mayor cantidad de frutos afectados (en las 3 temperaturas de maduración), lo cual puede deberse a que en esta condición de almacenamiento hay un retraso en la maduración y pueden alterarse los procesos metabólicos, con desórdenes fisiológicos visibles en esta etapa. El efecto de las bajas temperaturas de refrigeración sobre las alteraciones de la calidad ha sido reportado por diversos estudios (Blakey *et al.*, 2014; Munhuweyi *et al.*, 2020), entre los cuales destaca el pardeamiento vascular y la susceptibilidad a crecimiento de hongos.

En la tabla 29 se muestra el porcentaje de frutos con daño, tipo de daño y la distribución de las escalas de pardeamiento de la pulpa y vascular. Los aguacates almacenados a 80 % de humedad relativa fueron más propensos a daños internos, con mayor cantidad de frutos afectados. 6 de 9 tratamientos superaron el 33 %, lo cual afecta la calidad de los frutos e incrementa las pérdidas económicas en la exportación. Por otra parte, a 90 % de humedad relativa solo un tratamiento superó el 11 % de frutos con defectos físicos (90 % de HR/5 °C/20 °C) y ningún tratamiento superó la escala 3 en pardeamiento de la pulpa y vascular. Por lo tanto, almacenar a 90 % de humedad relativa puede disminuir la probabilidad de que los frutos desarrollen desórdenes fisiológicos, obteniendo aguacate de mayor calidad y menor cantidad de producto que no alcance los límites de conformidad.



**Tabla 20.** Evolución de los frutos almacenados a 80 % de humedad relativa y madurados a 17°C. a) Réplica 1 y b) réplica 2

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5				6-7
7				5-7
9				6

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 21.** Evolución de los frutos almacenados a 80% de humedad relativa y madurados a 20 °C

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5	a 	a 	a 	5-7
	b 	b 	b 	
7	a 	a 	a 	4-6
	b 	b 	b 	
9	a 	a 	a 	6
	b 	b 	b 	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 22.** Evolución de los frutos almacenados a 80 % de humedad relativa y madurados a 23 °C

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5	a 	a 	a 	4-5
	b 	b 	b 	
7	a 	a 	a 	3-4
	b 	b 	b 	
9	a 	a 	a 	6-7
	b 	b 	b 	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 23.** Evolución de los frutos almacenados a 90 % de humedad relativa y madurados a 17 °C

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5	a 	a 	a 	7-8
	b 	b 	b 	
7	a 	a 	a 	7-8
	b 	b 	b 	
9	a 	a 	a 	6-7
	b 	b 	b 	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 24.** Evolución de los frutos almacenados a 90 % de humedad relativa y madurados a 20°C

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5	a 	a 	a 	5-6
	b 	b 	b 	
7	a 	a 	a 	6
	b 	b 	b 	
9	a 	a 	a 	5-6
	b 	b 	b 	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 25.** Evolución de los frutos almacenados a 90 % de humedad relativa y madurados a 23 °C

T. de alm. (°C)	Día 0 de almacenamiento	Día 20 de almacenamiento	Madurez de consumo	Tiempo para la madurez de consumo (días)
5	a 	a 	a 	5-6
	b 	b 	b 	
7	a 	a 	a 	6-7
	b 	b 	b 	
9	a 	a 	a 	4-6
	b 	b 	b 	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 26.** Daños internos de los frutos madurados a 17°C

HR (%)	T. de alm. (°C)	Tiempo (días)	Daños							
80	5	6-7								
	7	5-7								
90	9	6								
	5	7-8								
	7	7-8								
	9	6-7								

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 27.** Daños internos de los frutos madurados a 20 °C

HR (%)	T. de alm. (°C)	Tiempo (días)	Daños	
80	5	5-7		
	7	4-6		
	9	6		
90	5	5-6		
	7	6		
	9	5-6		

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 28.** Daños internos de los frutos madurados a 23 °C

HR (%)		T. de alm. (°C)	Tiempo (días)	Daños							
80	5	4-5									
	7	3-4									
90	5	5-6									
	7	6-7									
	9	4-6									

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 29.** Clasificación de daños internos de los frutos

HR (%)	T. de alm. (°C)	Maduración		Frutos con daños (%)	Tipo de daño		Escala índice de pardeamiento de pulpa	Escala índice de pardeamiento vascular	
		T (°C)	Tiempo (días)		Pudrición del pedúnculo	Hongo (Antracnosis)			
80	5	17	6-7	55	60%	40%	44%: 1 44%: 2 12%: 4	45%: 1 22%: 2 33%: 3	
		20	5-7	66	66%	34%	33%: 1 11%: 2 34%: 3 11%:4 11%: 5	33%: 1 22%: 3 34%: 4 11%:5	
		23	4-5	66	66%	34%	33%: 1 22%: 2 23%: 3 11%:4 11%: 5	33%: 1 22%: 2 11%: 3 11%:4 23%: 5	
	7	17	5-7	0	0	0	0	0	
		20	4-6	44	50%	50%	56%: 1 22%: 2 22%: 5	56%: 1 11%: 3 11%:4 22%: 5	
		23	3-4	0	0	0	0	0	
	9	17	6	44	75%	25%	55%: 1 23%: 2 11%: 3 11%: 5	55%: 1 23%: 2 11%: 4 11%: 5	
		20	6	33	34%	66%	67%: 1 11%: 3 11%: 4 11%: 5	66%: 1 11%: 3 23%: 5	
		23	6-7	44	75%	25%	55%: 1 33%: 2 12%: 4	55%: 1 22%: 2 11%: 3 11%: 4	
	90	5	17	7-8	0				
			20	5-6	33	75%	25%	66%: 1 22%: 2 12%: 3	66%: 1 22%: 2 12%: 3
			23	5-6	0	0	0		
7		17	7-8	0	0	0			
		20	6	11	100%	0%	88%: 1 12%: 2	88%: 1 12%: 3	
		23	6-7	11	100%	0%	88%: 1 12%: 3	88%: 1 12%: 2	
9		17	6-7	0	0	0			
		20	5-6	11	100%	0%	88%: 1 12%: 2	88%: 1 12%: 3	
		23	4-6	0	0	0			

Fuente: elaboración propia.



### 2.1.7 Conclusiones

- Durante el almacenamiento a 90 % de humedad relativa no se observaron cambios considerables en las características fisicoquímicas de las frutas, lo que muestra que el almacenamiento a estas condiciones es adecuado. Por otro lado, el almacenamiento a 80 % de humedad mostró cambios en la coloración y en la textura de algunos ejemplares, lo que indica inicio de maduración y alta heterogeneidad, y no es deseable. En esta etapa, la pérdida de peso fue menor a 4 % para la mayoría de las condiciones evaluadas.
- Durante la maduración se observaron efectos combinados de las condiciones de almacenamiento previas y las temperaturas de maduración. Se observó menor acidez, mayor contenido de aceite y menor cantidad de desórdenes fisiológicos en las muestras almacenadas a 90 % de humedad relativa. También se observó maduración más homogénea en las muestras almacenadas a 7 °C.
- De acuerdo con lo anterior, el almacenamiento a 7 °C y 90 % de HR durante 20 días, combinado con la maduración a 20 °C durante 6 días, permite obtener frutos con maduración homogénea, mayor contenido de aceite, menor cantidad de daños externos e internos y pérdida de peso aceptable. Estas condiciones disminuyeron la velocidad de maduración de los frutos sin afectar significativamente las propiedades de calidad, lo cual permite que sea una alternativa eficaz para la exportación de los frutos a destinos que requieran 20 días en transporte marítimo.
- Las características más importantes correspondientes a la madurez de cosecha son 23 % de materia seca, 17-21 % de contenido de grasa y 25-30 N de firmeza. El principal indicador de la madurez de consumo, además del color, es la firmeza y debe corresponder a 5 N. Los demás factores permanecen invariables.



### 2.1.8 Ficha técnica del producto

 <p><b>Figura 63.</b> Fuente: elaboración propia</p>	<p><b>Ficha técnica</b></p>
<p><b>Nombre</b></p>	<p><b>Aguacate Hass</b></p>
<p><b>Descripción del producto</b></p>	<p>Aguacate Hass entero, refrigerado y madurado</p>
<p><b>Características principales</b></p>	<p><b>Parámetros fisicoquímicos</b> Producto fresco/maduro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez (como ácido tartárico): <math>0,034 \pm 0,004 / 0,007 \pm 0,003</math> %.</li> <li>• Actividad de agua (<math>a_w</math>): <math>0,990 \pm 0,006 / 0,989 \pm 0,008</math>.</li> <li>• pH: <math>6,81 \pm 0,05 / 6,92 \pm 0,42</math>.</li> <li>• Materia seca: 23 %.</li> <li>• Contenido de grasa: 17-21 %.</li> <li>• Firmeza inicial (madurez de cosecha): 25-30 N.</li> <li>• Firmeza (madurez de consumo): 5 N.</li> </ul>
<p><b>Características secundarias</b></p>	<p><b>Apariencia externa</b> El color de la cáscara es verde en el momento de la cosecha y cambia a morado-negro al llegar a la madurez de consumo.</p>
<p><b>Ingredientes</b></p>	<p>Aguacate en madurez de cosecha (contenido de materia seca: 23 % y contenido de grasa: mínimo 12 %) (NTC 6345).</p>
<p><b>Descripción del proceso de elaboración</b></p>	<p><b>Selección:</b> de acuerdo con la norma internacional Codex Stan 197-1995, los frutos deben estar enteros, sanos, exentos de plagas y daños. Los frutos que no cumplan con las especificaciones no son aptos para la exportación y pueden emplearse en el mercado nacional.</p> <p><b>Lavado y desinfección:</b> se realiza un lavado con agua para remover material particulado, material extraño e insectos. Los frutos se sumergen durante 5 min en agua y ácido peracético (agente desinfectante que elimina microorganismos y evita el desarrollo de hongos).</p> <p><b>Clasificación:</b> se realiza una clasificación de acuerdo con el peso (calibre) o la calidad (categoría), según la norma internacional Codex Stan 197-1995. El calibre y la categoría deben acordarse con el comprador.</p> <p><b>Refrigeración:</b> se empacan en canastillas plásticas o cajas de cartón corrugadas (entre 18 y 25 aguacates por caja, dependiendo del calibre) y se refrigeran a <math>7^{\circ}\text{C}</math> y 90 % de humedad relativa, durante el transporte, para disminuir la actividad metabólica, los desórdenes fisiológicos y la heterogeneidad en el fruto. En estas condiciones el producto puede conservarse hasta por 20 días.</p> <p><b>Maduración:</b> se recomienda madurar los frutos a <math>20^{\circ}\text{C}</math> y 90 % de humedad relativa. Con estas condiciones se requieren entre 4 y 6 días para que los frutos alcancen madurez de consumo.</p>
<p><b>Condiciones de conservación recomendadas</b></p>	<p><b>Almacenamiento:</b> refrigeración a <math>7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math> y 90 % de humedad relativa por 20 días. <b>Maduración:</b> <math>20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math> y 90 % de humedad relativa por 6-7 días.</p>
<p><b>Tiempo de vida útil estimado</b></p>	<p><b>Almacenamiento:</b> 20 días. <b>Maduración:</b> 6-7 días.</p>



## 2.2 Empaque innovador desarrollado para aguacate tipo “Hass” fresco

### 2.2.1 Generalidades del producto por empacar

El aguacate es una de las frutas más apetecidas en el mundo debido a su sabor, sus aportes nutricionales y a sus excelentes beneficios sobre la salud humana (Pérez-Méndez *et al.*, 2007; Ramírez-Gil *et al.*, 2019). En Colombia, el área plantada y los volúmenes de fruta exportada vienen creciendo año tras año, dando lugar a que Colombia se convierta en el tercer productor mundial de esta fruta (Fao, 2021; Trademap, 2019). Pero existe la necesidad de mejorar la calidad, ya que la fruta colombiana ha presentado algunas deficiencias. En este sentido, el fruto del país ha sido calificada con un promedio de 5,9/10, con base en 3 criterios: 1) proceso de maduración (5,5), 2) cualidad externa (5,3) y 3) calidad interna (6,1) (Analdex, 2017).

El aguacate al ser un fruto climatérico alcanza su madurez de consumo varios días después de su cosecha (Hershkovitz *et al.*, 2009). La maduración en este frutal es un proceso altamente complejo asociado con múltiples cambios bioquímicos y actividades metabólicas mediadas por hormonas. Por ello, la maduración del aguacate y los parámetros de calidad de esta fruta son altamente influenciados por el etileno y la presencia de patologías y desórdenes fisiológicos (Arpaia *et al.*, 2018; Giovannoni, 2001; Ochoa, 2009; Seymour y Tucker, 1993).

Muchas estrategias de manejo del etileno en poscosecha se han propuesto (Schaller y Binder, 2017), pero la más utilizada ha sido el uso del 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Ochoa-Ascencio *et al.*, 2009; Woolf *et al.*, 2005). Se ha reportado que su uso provoca maduración desuniforme, altera los perfiles de ácidos grasos y azúcar en frutos de aguacate (Meyer y Terry, 2010; Woolf *et al.*, 2005). Por otra parte, las patologías son altamente impactantes en poscosecha y las estrategias de manejo se basan casi exclusivamente en productos de origen químico como el imidazol, pero se ha solicitado que esta molécula sea reemplazada en el 2020 por parte de la Unión Europea y en mercados como el de Estados Unidos, su uso está prohibido (Shimshoni *et al.*, 2020).

### Características del producto por empacar

Se requieren frutos frescos en estado de madurez fisiológica o semimaduro (2 de 5), de acuerdo con la norma NTC 6345 (Icontec, 2019). El producto debe tener la forma característica de la variedad por empacar, tener un aspecto fresco y consistencia firme, no evidenciar ataque por insectos o enfermedades causadas por hongos que puedan afectar la calidad interna del fruto. Además, el fruto debe contener el pedúnculo con una longitud máxima de 10 mm.



## Factores causantes de deterioro y pérdida de calidad

Entre los factores que afectan la calidad del producto se encuentra el deterioro por hongos y plagas. La antracnosis es una enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penzig que se manifiesta con puntos negros sobre el fruto (este hongo puede afectar la pulpa generando pardeamiento y rancidez). Los daños mecánicos durante el cultivo, la cosecha, poscosecha y transporte afectan la calidad del fruto, ya que generan cicatrices, magulladuras, fisuras y cortes que aceleran los procesos de deterioro, la apariencia general y, por tanto, la vida útil del fruto. El barredor de semillas afecta la pulpa de la fruta y la epidermis, en tanto el encrestamiento de la cáscara o el daño ocasionado por trips (*Frankliniella* sp.) se evidencia con una cresta que afecta la apariencia y el valor comercial.

Entre otras enfermedades se encuentran la lenticelosis, el marceño o daño por coleópteros, pudriciones laterales de la pulpa que ocasionan áreas negras o marrones en la superficie, grietas, desgarramiento del pedúnculo, o cambios en la superficie de manchas negras, blancas y rosa salmón en la cáscara, asociadas principalmente a temperaturas inadecuadas de almacenamiento. En cuanto a la calidad de la pulpa, se pueden dar modificaciones asociadas al pardeamiento de haces vasculares, a pudriciones pedunculares y al almacenamiento en frío por tiempos prolongados. La pudrición del pedúnculo es otra de las causantes de deterioro del aguacate: afecta la pulpa con lesiones de color café oscuro a negro y promueve las pudriciones laterales de la pulpa (*body rots*) (Icontec, 2019).

### 2.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto

Considerando las características y factores causantes de deterioro del aguacate Hass fresco se propuso el siguiente sistema de empaque para este producto:

Caja de cartón corrugado con orificios de ventilación laterales y cubierta en la parte superior con una película de polietileno de baja densidad calibre 2 (0,050 mm) para crear una ligera atmósfera modificada favorable para la preservación de los frutos. El sistema de empaque incluye un elemento activo en forma de lámina de 30 cm<sup>2</sup> en 2, adherido de las paredes laterales con una lámina activa de ácido poliláctico (PLA) de 30 cm<sup>2</sup> compuesta por dióxido de titanio dopado con Zn ( $Ti_{1-x}Zn_xO_2$ , grado de sustitución  $X = 0,1$ ) y aceite esencial de Bergamota. La composición de la película activa fue de 2 g PLA: 0,2 g de TiO<sub>2</sub> y 200 µL de bergamota. En el interior de la caja, se incluye una parrilla de cartón para mantener los aguacates separados y ayudar a amortiguar daños mecánicos. La capacidad del empaque es de entre 9 y 12 unidades.

### Desarrollo de los elementos y materiales de empaque

Para el desarrollo de la lámina de PLA nanocompuesta con TiO<sub>2</sub> y aceite de bergamota se hicieron los siguientes experimentos:



## Lámina activa de pla /TiO<sub>2</sub>-Zn/Bergamota

### *Síntesis de partículas de Ti<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>O<sub>2</sub>*

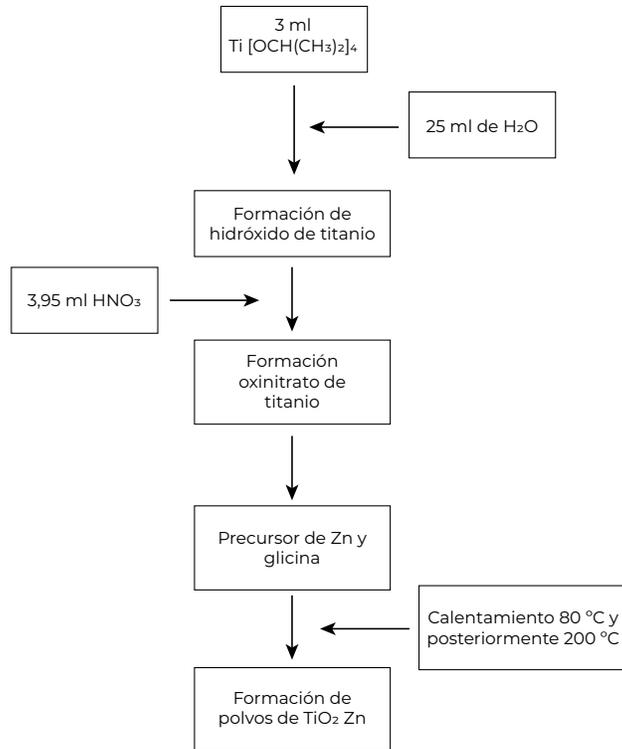
Para la síntesis de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> dopadas con Zn se utilizó la ruta de síntesis química de autocombustión, la cual consiste en aprovechar la reacción de óxido-reducción entre un combustible y un comburente (generalmente nitratos) con el fin de formar la fase, incluso sin necesidad de tratamiento térmico posterior.

Se usaron como precursores isopropóxido de titanio (Ti[OCH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>4</sub>, Alfa Aesar-95 %), nitrato de zinc (Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Merck-98 %) ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> Scharlau-67 %) y glicina (NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>H, Alfa Aesar) como combustible. Inicialmente 3,29 cm<sup>3</sup> de isopropóxido de titanio se mezcló con 25 cm<sup>3</sup> de agua destilada bajo fuerte agitación a 0 °C durante una hora para obtener hidróxido de titanio; posteriormente, se añadieron 3,98 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico con el fin de formar oxinitrato de titanio, de acuerdo con la reacción química previamente reportada por Patil *et al.* (2002). El sistema fue dejado bajo fuerte agitación hasta que la solución se tornó translúcida (aproximadamente 1 h).

En esta etapa se adicionaron 0,28 g de nitrato de Zn y, posteriormente, 1,03 g de glicina. La mezcla se dejó en agitación durante 20 min y, luego, se calentó a 80 °C hasta la evaporación del solvente. En esta etapa se formó una resina blanca, la cual fue llevada hasta 200 °C, lo que produjo una reacción exotérmica de combustión formando polvos de TiO<sub>2</sub> dopado con Zn. Los polvos fueron macerados y almacenados para su posterior uso (ver figura 64).

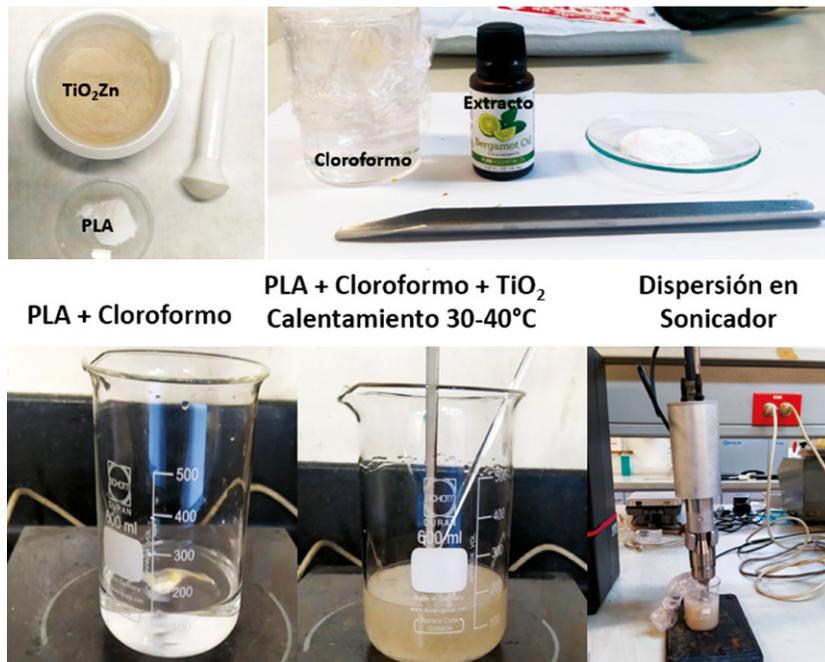
### Conformación de la película de PLA /TiO<sub>2</sub>-Zn/Bergamota

Las películas fueron fabricadas mediante la técnica de *solvent casting*. Inicialmente, 2 g de PLA pulverizado fueron disueltos en 50 mL de cloroformo (CHCl<sub>3</sub>-Sigma 99 %) en un *beaker* de 100 cm<sup>3</sup>, bajo constante agitación y a una temperatura entre 30 y 35 °C. Posteriormente, 0,2 g de TiO<sub>2</sub>-Zn (correspondientes a una concentración 10 % wt respecto al polímero) fueron añadidas a la solución, formando una dispersión. El sistema se mantuvo bajo condiciones de agitación durante 30 min y temperatura ambiente, pasado este tiempo a la dispersión se le añadieron 200 µL de extracto de bergamota y se continuó con la agitación durante 2 h más. Posteriormente, la dispersión con **PLA/TiO<sub>2</sub>-Zn/Bergamota** (ver figura 65) fue llevada a ultrasonificación en un sonicador de barra (Cole Palmer 500W). Se realizaron 4 ciclos de sonicación, con una potencia de 40 % durante 1 min de encendido y 2 min apagado.



**Figura 64.** Diagrama de flujo de la obtención de las partículas de  $\text{TiO}_2$  dopadas con Zn

Fuente: elaboración propia.



**Figura 65.** Proceso de obtención de la dispersión de pla/ $\text{TiO}_2\text{-Zn}$ /Bergamota

Fuente: elaboración propia. Fotografías: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Ramírez, J. (2020).



### Proceso de *casting*

El proceso de *solvent casting* (ver figura 66) fue llevado a cabo sobre placas de vidrio de formato rectangular (10 cm × 12 cm) y superficie de teflón, limpiadas con alcohol isopropílico y calentadas a una temperatura aproximada de 40 °C (factor importante para mejorar la homogeneidad de la película). Se encontró que la mejor superficie para la obtención de la película fue la superficie del vidrio. Sobre el vidrio fue esparcida la solución de **PLA /TiO<sub>2</sub>-Zn/Bergamota** y, con suaves movimientos de la placa o ayuda de un agitador de vidrio, se terminaron de cubrir todas las zonas de la placa.

En esta etapa se dejó evaporar el solvente hasta la formación de la película, para la etapa de desmoldeo de la película por el reverso de la placa de vidrio se echó un poco de agua lentamente, teniendo cuidado de no fracturar el vidrio por el choque térmico. También se encontró que un poco de agua entre la película y el vidrio ayuda a un desmoldeo rápido evitando la fractura de la película cuando el proceso se deja solo mediado por la evaporación de solvente y enfriamiento lento.



**Figura 66.** Proceso de *casting* hasta la obtención de las películas de PLA/TiO<sub>2</sub>-Zn/Bergamota

Fuente: elaboración propia. Fotografías: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Ramírez, J. (2020).

### Reporte de pruebas de almacenamiento

Se realizó un ensayo de almacenamiento para los frutos de aguacate Hass con diferentes configuraciones de empaque como se describe a continuación:

Los frutos de aguacate se dividieron en 2 grupos con configuraciones diferentes de empaque. La configuración se realizó en cajas de cartón corrugado y se cubrieron con una lámina de polipropileno calibre 2. El grupo control fue almacenado de acuerdo con la configuración mencionada anteriormente. Para el segundo grupo de frutos, fueron adheridas 2 láminas de PLA activas con dióxido de titanio a las 2 caras laterales de la caja. Un total de 4 aguacates fueron almacenados en cada una de las configuraciones de empaque propuestas. Los tratamientos fueron almacenados en una cámara controlada de humedad y temperatura a 6 + 1 °C y 75 % de humedad relativa. La evaluación de características fisicoquímicas de los



frutos de aguacate durante el almacenamiento se realizó mediante la determinación de la pérdida de peso, firmeza, color, acidez titulable, sólidos solubles totales, contenido de humedad y concentración de gases en la cabeza del empaque ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ). Para cada prueba fueron evaluados 2 frutos y los resultados se presentan en la tabla 30 con promedios y desviación estándar.

Los cambios en el peso de los frutos se midieron utilizando una balanza analítica PA-3102 de Ohaus con una precisión de  $\pm 0,01$  g (Ohaus corp. Pine Brook, NJ, EE. UU.). El color de los frutos se determinó en la zona área ecuatorial, la medición se realizó usando un colorímetro Minolta modelo CR-331 (Minolta Camera Co., Osaka, Japón) y reportando las coordenadas de color CIELab  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Se realizaron 3 repeticiones.

La firmeza se midió en el área ecuatorial del fruto mediante una prueba de punción, utilizando la máquina de ensayos universal Lloyd® LS 1 (Ametek Inc., Berwyn, PA, USA), con una sonda de punta plana de 2 mm, a una fuerza de precarga de 1 N y una velocidad de prueba de 2 mm/s. La firmeza se tomó como la fuerza máxima (N) necesaria para penetrar el fruto a una profundidad de 5 mm. La actividad del agua se determinó en un analizador Hygrolab C1 (Rotronic AG, Bassersdorf, Suiza), tomando medidas de la pulpa del fruto. Los sólidos solubles (%) se midieron en el jugo de los frutos, utilizando un refractómetro Hanna HI 968011 (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, EE. UU.). El resultado se expresó en °Bx.

La acidez total titulable (%) se determinó en el jugo del fruto utilizando un titulador automático Metrohm 916 Ti-Touch (Metrohm AG, Herisau, Suiza). Se valoró 1 gramo de jugo con una solución estandarizada de NaOH 0,1 N (Sigma-Aldrich, Dublín, Irlanda) hasta un punto final de pH 8,1. La acidez se expresó como porcentaje de ácido málico presente en cada muestra.

En cuanto al comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del aguacate podemos resaltar que se presentaron cambios al comparar los 2 tratamientos. El efecto que tiene la lámina activa de óxido de titanio y el aceite de bergamota sobre la conservación de las propiedades del fruto fue evidente. Además, estos elementos permiten mantener las características visuales del fruto durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración. La pérdida de peso en los frutos-control alcanzó un valor superior al 10 % en el día 35 de almacenamiento; sin embargo, los frutos que se encontraban almacenados con el tratamiento de las películas activas para ese día presentaron una pérdida de peso cercana al 5,7 %. De acuerdo con lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011) los frutos-control, durante el almacenamiento, alcanzaron un estado de madurez de 4, si se compara su firmeza, caso contrario a los frutos con el tratamiento de este estudio, los cuales se mantienen en un estado de madurez de 3.



**Tabla 30.** Resultados de parámetros fisicoquímicos de aguacate durante el almacenamiento

Empaque	Tiempo de almacenamiento											
	Día 7		Día 14		Día 35		Día 40		Día 43*			
	Empaque con lámina activa	Control	Empaque con lámina activa	Control	Empaque con lámina activa	Control	Empaque con lámina activa	Control	Empaque con lámina activa	Control		
<b>Pérdida de peso (%)</b>	1,68+0,6	1,59+0,53	3,27+1,80	5,72+2,49	11,10+7,84	19,65+6,96	12,30+1,54	23,46+2,1	13,14+0,72			
<b>L*</b>	33,58+1,03	33,71+3,30	31,32+2,85	32,46+1,00	29,80+1,52	27,88+2,43	28,93+1,00	29,3+5,84	29,59+0,56			
<b>a*</b>	-12,65+1,16	-14,01+2,15	-11,98+1,15	19,79+3,35	-2,59+1,79	0,015+2,30	1,51+1,37	-2,27+5,1	3,03+1,28			
<b>b*</b>	22,08+2,11	20,33+4,27	17,68+2,24	27,88+2,43	14,28+1,91	10,58+4,57	9,75+1,98	14,47+4,13	7,92+0,75			
<b>Firmeza (N)</b>	41,07+1,09	35,82+2,87	37,81+6,32	27,44+6,42	18,045+1,54	1,50+0,09	3,22+2,6	7,32+8,4	12,1+0,05			
<b>pH</b>	6,67+0,07	6,65+0,33	6,33+0,035	6,695+0,02	6,37+0,14	6,27+0,21	4,90+1,38	5,14+1,61	5,81+0,00			
<b>Acidez titulable (% ácido málico)</b>	3,58+2,26	4,72+0,54	0,072+0,00	0,082+0,03	0,030+0,01	0,11+0,03	0,030+0,01	0,1+0,03	0,13+0,00			

\*Para el día 43 los frutos de control estaban completamente deteriorados

Fuente: elaboración propia.



Con respecto a la firmeza, al igual que en otros estudios, se evidencia que la velocidad de ablandamiento y oscurecimiento de la cáscara de los frutos ocurre de manera acelerada en los frutos-control; por tanto, el uso de la lámina activa de óxido de titanio permite conservar estos atributos de calidad hasta por 43 días a  $6 \pm 1^\circ\text{C}$  (Espinosa-Cruz *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2004). Autores como Kassim y Workneh (2020) reportan una vida útil de 28 días a  $5,5^\circ\text{C} \pm 0,01$ , un valor inferior al tiempo de vida útil alcanzado en este estudio, que es al menos de 43 días. En la figura 67 se evidencian los cambios en la apariencia general de los frutos-control y los frutos con tratamiento, es evidente cómo los frutos-control presentaron cambios en el color de la piel del fruto, principalmente por los de procesos de maduración propios de un fruto climatérico y el proceso de deshidratación por pérdida de agua en las condiciones de almacenamiento.



**Figura 67.** Seguimiento visual de frutos de aguacate almacenados a condiciones de refrigeración por 43 días

Fuente: elaboración propia. Fotografías: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Ramírez, J. (2020).



## Vida útil estimada

Considerando que entre los parámetros fisicoquímicos con mayor relevancia para el aguacate se encuentran la pérdida de peso y la firmeza, que son características relacionadas con calidad para la comercialización y consumo del fruto, se puede concluir con estos ensayos y con la propuesta de empaque que la vida útil de los frutos de aguacate puede extenderse hasta el día 43. Esto representa 8 días más que los frutos-control a las condiciones de almacenamiento evaluadas de 6-7 °C y 70 % de humedad relativa.

### 2.2.3 Ficha técnica del producto

#### Ficha técnica

##### Propuesta de empaque para aguacate tipo Hass fresco

Diana C. Moncayo, Adriana I. Rada, Alex A. Lopera, Diego A. Castellanos

Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (Icta)

#### Características del producto (frutos frescos)

El aguacate es un fruto climatérico, con excelentes características sensoriales y nutricionales, como suavidad, cremosidad, textura, alto contenido de pulpa y de fitonutrientes (Ramos-Aguilar *et al.*, 2021). Cuenta con una tasa alta de respiración y se pueden producir cambios significativos en su contenido de ácidos grasos. Es un fruto rico en proteína, carbohidratos y fibra dietaria. Contiene vitamina E, vitamina B6, ácido ascórbico,  $\beta$ -caroteno, potasio y un alto porcentaje de lípidos (12-24 %), principalmente de ácidos grasos monoinsaturados (> 70 %) (Icontec, 2019).



**Figura 68.** Frutos de aguacate Hass

Fuente: elaboración propia. Fotografías: Rada, A.; Castellano, D. y Moncayo, D. (2020).



Descripción del producto empaçado	
Frutos de aguacate tipo Hass enteros, de madurez comercial (Icontec, 2019).	
Características principales	
<p><b>Parámetros fisicoquímicos</b></p> <p>Producto fresco/maduro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez (como ácido tartárico): <math>0,034 \pm 0,004 / 0,007 \pm 0,003</math> %</li> <li>• Actividad de agua (<math>a_w</math>): <math>0,990 \pm 0,006 / 0,989 \pm 0,008</math></li> <li>• pH: <math>6,81 \pm 0,05 / 6,92 \pm 0,42</math></li> <li>• Materia seca: 23 %</li> <li>• Contenido de grasa: 17-21 %</li> <li>• Firmeza inicial (madurez de cosecha): 25-30 N</li> <li>• Firmeza (madurez de consumo): 5 N</li> <li>• Apariencia externa: el color de la cáscara es verde en el momento de la cosecha y cambia a morado-negro al llegar a la madurez de consumo.</li> </ul> <p>Fuente: Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle (2021).</p>	
Valor nutricional	
<p>El aguacate es considerado una buena fuente de energía, baja en calorías y en sodio (Restrepo Duque <i>et al.</i>, 2012). Se estima que el contenido de lípidos en la pulpa está por encima del 20 %, lo que la hace una fuente potencial de aceite (Ariza-Ortega <i>et al.</i>, 2011). De acuerdo con algunas investigaciones, la pulpa de aguacate tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (aproximadamente el 80 %) y un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, mayoritariamente ácido oleico y ácido palmítico, entre los saturados (Donetti y Terry, 2014; Guzmán-Maldonado <i>et al.</i>, 2017). La composición química del aguacate Hass se presenta en la tabla 31.</p>	
<p><b>Tabla 31.</b> Composición química del aguacate Hass</p>	
Compuesto*	Valor
Proteína	1,4 %
Grasa	22,43 %
Humedad	73,8 %
Proteína	1,4 %
Lípidos	15,3 %
Fibra	0,51 %
Cenizas	1,5 %
Carbohidratos	7,49 %
<b>Ácidos grasos**</b>	
Ácido palmítico	15,88
Ácido palmitoleico	11,91
Ácido oleico	56,42
Ácido linoleico	15,91
<p>* Valores proveniente del fruto en estado de maduración 3 (Ariza-Ortega <i>et al.</i>, 2011)</p> <p>**Valores de ácidos grasos expresados en g/100 g de aceite de aguacate Hass maduro proveniente de cosechas recolectadas en Jalisco, México (Guzmán-Maldonado <i>et al.</i>, 2017).</p> <p>Fuente: elaboración propia con base en las obras citadas en el párrafo anterior.</p>	



### Descripción del proceso de acondicionamiento

**Materia prima:** aguacate en madurez de cosecha (contenido de materia seca: 23 % y contenido de grasa: mínimo 12 %) (Icontec, 2019).

**Selección:** de acuerdo con la norma internacional Codex Stan 197-1995, los frutos deben estar enteros, sanos, exentos de plagas y daños. Los frutos que no cumplan con las especificaciones no son aptos para la exportación y pueden emplearse en el mercado nacional.

**Lavado y desinfección:** se realiza un lavado con agua para remover material particulado, extraño e insectos. Los frutos se sumergen durante 5 min en agua y ácido peracético (agente desinfectante que elimina microorganismos y evita el desarrollo de hongos).

**Clasificación:** se realiza una clasificación de acuerdo con el peso (calibre) o la calidad (categoría), según la norma internacional Codex Stan 197-1995. El calibre y la categoría deben acordarse con el comprador.

**Empaque y almacenamiento:** se disponen las frutas en los sistemas de empaque y condiciones de almacenamiento propuestos en esta ficha.

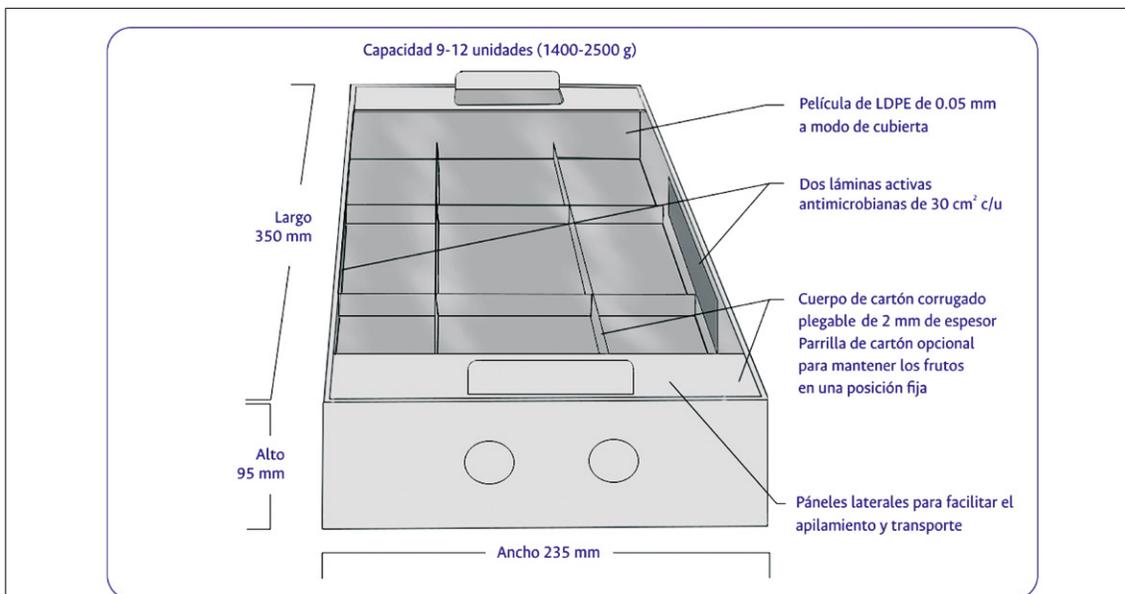
### Características del empaque

Caja de cartón de 2 mm de espesor, con ranuras en los costados y parte inferior con una película de polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés) de 0,051 mm de espesor adherida a la cara superior de la caja a modo de cubierta. Se incluyen 2 láminas rectangulares con características activas antimicrobianas de ácido poliláctico (PLA) nanocompuesto con dióxido de titanio dopado con Zn ( $Ti_xZn_xO_2$ ,  $X = 0,1$ ) y aceite esencial de bergamota. La composición de la película activa fue de 2g PLA: 0,2 g de  $TiO_2Zn$  y 200  $\mu$ L de bergamota de 30  $cm^2$ , adheridas a las paredes laterales internas de la caja. Cuenta con una capacidad de entre 9 y 12 aguacates por caja.



**Figura 69.** Empaque propuesto para aguacate tipo Hass fresco

Fuente: elaboración propia. Fotografías: Rada, A.; Castellano, D. y Moncayo, D. (2020).



**Figura 70.** Diagrama del sistema de empaque propuesto para aguacate tipo Hass fresco

Fuente: elaboración propia.

#### Condiciones de almacenamiento recomendadas

Se recomienda el almacenamiento a entre 6 y 7 °C y 75 y 80 % de humedad relativa.

#### Vida útil estimada

Para el producto empacado en el sistema propuesto se estima una vida útil de 43 días a las condiciones de almacenamiento recomendadas

#### Referencias

- Ariza-Ortega, J., Lopez Valdez, F., Coyotl Huerta, J., Ramos Cassellis, M., Díaz Reyes, J. y Martines Zavala, A. (2011). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(2), 263-276.
- Donetti, M. y Terry, L. A. (2014). Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv Hass. *Journal of Food Composition and Analysis*, 34(1), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.11.011>
- Escuela de Ingeniería de Alimentos (EIA). (2021). Ficha técnica: aguacate Hass. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Guzmán-Maldonado, S., Osuna-García, J. y Herrera-Gonzales, J. (2017). Efecto de localidad y madurez sobre el perfil de ácidos grasos del fruto de aguacate 'Hass'. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 3885-3896.
- Icontec. (2019). NTC 6345:2019 Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones.
- Ramos-Aguilar, A. L., Ornelas-Paz, J., Tapia-Vargas, L. M., Gardea-Béjar, A. A., Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. de J., Ruiz-Cruz, S., Ríos-Velasco, C. y Ibarra-Junquera, V. (2021). Comparative study on the phytochemical and nutrient composition of ripe fruit of Hass and Hass type avocado cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103796. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103796>
- Restrepo Duque, A., Londoño-Londoño, J., Gonzalez Álvarez, D., Benavides Paz, Y. y Cardona Salazar, B. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 9, 151-161.

### 3. AGUACATE HASS PROCESADO COMO ACEITE

#### 3.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales

El fruto de *Persea americana* Mill., perteneciente a la familia Lauraceae es comúnmente conocido como aguacate. Se considera un fruto de gran valor por sus propiedades organolépticas, fisicoquímicas, nutricionales y funcionales. La importancia económica y nutricional a nivel mundial de esta fruta, radica en que se considera un alimento con alto valor energético y de bajo contenido de carbohidratos. Presenta un alto contenido de lípidos, por lo cual se le conoce como “la fruta de la mantequilla” o “mantequilla vegetal”. Además, contiene minerales esenciales como el magnesio, el potasio y el fósforo, en el mesocarpio. Sus usos en la industria alimentaria, como aceite comestible, entre otros productos, y en la industria cosmética contribuyen positivamente a la dinámica comercial en el mundo (Tan, 2019) (Krumreich *et al.*, 2018). La importancia económica del aguacate se ve favorecida por sus propiedades nutritivas y por la alta aceptación de la que goza en el mercado, en países productores y no productores (Acosta, 2011).

En el 2019, Colombia se posicionó en el tercer lugar en el mundo con relación al área cosechada, registrando 6 % de aumento respecto al año anterior, con más de 54.000 ha cultivadas. Además se posicionó en el cuarto lugar con respecto al total de la producción, logrando 11 % del total con más de 540.000 t (Minagricultura, 2019a). En los últimos años las exportaciones de aguacate Hass han sido superiores a otras variedades de aguacate que se producen en el país (Hernández *et al.*, 2018). En 2019, Colombia exportó el 48,91 % de los aguacates a nivel mundial (27.085 t). Los principales destinos y su participación fueron Reino Unido (23,25 %), España (9,58 %), Bélgica (9,44 %), Arabia Saudita (2,44 %), Francia (1,84 %) y Estados Unidos (1,77 %) (Analdex, 2019). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2019b), se abrieron nuevos mercados de exportación en China, Japón, Argentina, Unión Europea, Emiratos Árabes y Perú.

La creciente demanda de aguacate Hass en los mercados internacionales ha impulsado la organización de la cadena productiva del fruto en el país, para mejorar las etapas de producción, transformación, comercialización y consumo. El aguacate es un fruto importante tanto para consumo en fresco y procesado como para la producción de aceite (Alnasan y Yamanishi, 2018). Lo anterior ha permitido avances en el manejo poscosecha del aguacate y en el desarrollo agroindustrial para dar mayor valor agregado a los productos. De acuerdo con Minagricultura (2019b), uno de los desafíos del subsector aguacatero es la diversificación de mercados (por ejemplo, plantas de extracción de aceite), así como la promoción de la certificación en protocolos de trazabilidad, calidad e inocuidad para el fruto en fresco (BPA, GlobalG. A. P.).



Sobre el aceite de aguacate se han reportado propiedades benéficas para la salud humana por su alto contenido de ácidos grasos insaturados (ácidos oleico y linolénico), tocoferoles y fitoquímicos bioactivos como fitoesteroles, carotenoides y polifenoles. (Tan *et al.*, 2018). Además, contiene 12 de las 13 vitaminas existentes, así como minerales (magnesio, fósforo, cobre, hierro y calcio) (Herazo, *et al.*, 2019). Por consiguiente, al aceite de aguacate se le reconoce como similar al aceite de oliva, en cuanto a su composición y características fisicoquímicas, las cuales son atractivas para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Robayo, 2017).

El aceite de aguacate es sensible a cambios de calidad dependiendo de los procesos aplicados en su producción, como el secado y la extracción. Estudios previos indican que los solventes, la temperatura y el tiempo de proceso en la obtención del aceite pueden afectar significativamente los fitoquímicos bioactivos, los componentes volátiles y las capacidades antioxidantes de los aceites vegetales (Tan, 2019). Se ha evidenciado que la alta temperatura del secado influye en la calidad fisicoquímica y funcional del aceite extraído en distintos vegetales (Santana *et al.*, 2019); y el proceso de extracción del aceite tiene el inconveniente de usar solventes orgánicos, que suelen acompañarse de medidas estándar de refinado, como el blanqueado y la desodorización. Por consiguiente, es de imperiosa necesidad usar métodos moderados de secado y de prensado.

Métodos alternativos de secado, como la ventana de refractancia (VR), permiten una extracción de líquidos en menor tiempo de proceso con menores pérdidas de los compuestos termolábiles, como aromas, sabores y nutrientes en los vegetales (Nindo *et al.*, 2007). El principio de secado se basa en emplear agua caliente como medio calefactor, transfiriendo la energía térmica al alimento colocado sobre una membrana plástica que se encuentra en contacto con el agua. Este método, comparado con otros, ha demostrado mayor retención de características nutricionales y fisicoquímicas en diversos alimentos (Baeghballi *et al.*, 2016; Moses *et al.*, 2014). Otro método de secado moderado es la liofilización, que se destaca por conservar una gran cantidad de componentes importantes como minerales, vitaminas, sabor y aroma (Stepień *et al.*, 2020); sin embargo, es un procedimiento costoso. La técnica de prensado en frío para la obtención de aceite ha demostrado ser efectiva y amigable con el medioambiente.

México y Chile son los países latinoamericanos en los que se han aplicado técnicas apropiadas para mayor extracción de aceite de aguacate (Yepes, *et al.* 2017). En Colombia, está tomando fuerza la extracción y uso del aceite de aguacate, pero aún no se ha popularizado.

El objetivo de este proyecto fue evaluar 2 tipos de secado moderado (liofilización y ventana de refractancia) sobre el rendimiento y la calidad de aceite de aguacate Hass extraído mediante la técnica de prensado en frío.



### 3.1.1 Objetivos

#### Objetivo general

Evaluar el tipo de secado (ventana de refractancia y liofilización) sobre el rendimiento y la calidad de aceite de aguacate Hass extraídos mediante la técnica de prensado en frío.

#### Objetivos específicos

- Establecer las condiciones de proceso por ventana de refractancia para obtener pulpa deshidratada de aguacate con mayor rendimiento y calidad del aceite extraído por prensado en frío.
- Comparar las condiciones óptimas del agente antioxidante y la temperatura de secado sobre la calidad del aceite obtenido por prensado en frío frente a un tratamiento control (liofilización).

### 3.1.2 Materiales y métodos

#### Selección de materia prima

Se recibieron 50 kg de aguacate Hass provenientes del municipio Argelia, Valle del Cauca, en estado verde (recién cosechado). Los aguacates se lavaron con agua potable y se sumergieron en una solución de 1 ml/L de agua de hipoclorito de sodio al 15,19 % durante 3 min. Posteriormente, se enjuagaron, se retiró el exceso de agua y se almacenaron a 7° C y a 90 % de humedad relativa. Para la maduración de los frutos, se almacenaron a 20 °C durante 4 días.

#### Preparación de la muestra

Se tomaron entre 30 y 40 frutos de aguacates para cada ensayo (4 kg) para obtener 500 g de pulpa deshidratada, de acuerdo con la capacidad del equipo. La firmeza se determinó sobre 2 secciones del fruto entero por medio de un texturómetro digital (Shimadzu Ez Test) con una celda de 500 N. Se empleó un punzón de 80 mm de largo, de sección cónica, y 3 mm de diámetro, la velocidad fue de 50 mm/min. Se registró el promedio de la fuerza máxima. Se cortaron los aguacates por el eje axial y, manualmente, se retiraron la semilla y la cáscara de cada fruto. La pulpa se trituroó manualmente con un mortero hasta obtener una consistencia de puré. El puré se ubicó en una tela toldillo con tamaño de poro de 0,1 mm (que actuó como filtro), se escurrió para obligarla a pasar por el filtro hasta obtener una pulpa homogénea. Esta pulpa, o puré, se cuantificó y luego, a esta se le adicionó ácido cítrico (porcentaje en peso) como antioxidante, en las diferentes concentraciones planteadas en la tabla 34.



## Diseño experimental

Se empleó la metodología de superficie de respuesta en el secado por ventana de refractancia, evaluando los siguientes factores:

- **Concentración de agente antioxidante:** se empleó ácido cítrico para disminuir el impacto del tratamiento térmico en los compuestos sensibles a la oxidación. La concentración máxima de ácido cítrico es de 0,375 %, según el diseño de experimentos ejecutado en la etapa de secado.
- **Temperatura del agua en el secador por ventana de refractancia:** se seleccionó un intervalo entre 70 y 90 °C, según el diseño de experimentos ejecutado en la etapa de secado.

Se plantearon 11 experimentos, de los cuales 4 puntos son factoriales (corridas 1, 2, 3 y 4), 4 axiales (corridas 5, 6, 7 y 8) y 3 son réplicas en el punto central (corridas 9, 10 y 11) (ver tabla 34). Las variables de respuesta seleccionadas son el rendimiento (respecto al peso de la pulpa seca y el producto prensado), la acidez titulable (NTC 218), el índice de peróxidos (NTC 236) y el índice de anisidina (NTC 4197).

El tratamiento control fue la liofilización de la pulpa de aguacate para comparar con el tratamiento óptimo obtenido del ajuste del modelo a cada una de las variables respuesta, empleando la función de deseabilidad compuesta.

El modelo de análisis planteado de cada variable respuesta es el siguiente:

$$y_i = A_i + B_i x_1 + C_i x_2 + D_i x_1 x_1 + E_i x_2 x_2 + F_i x_1 x_2$$

Donde:

$y_i$  es el valor que toma la variable respuesta  $i$ -ésima.

$A_i$  es el término independiente de la variable respuesta  $i$ -ésima.

$B_i$  es el coeficiente de la concentración de agente antioxidante ( $x_1$ ) para la variable respuesta  $i$ -ésima.

$C_i$  es el coeficiente de la temperatura del agua ( $x_2$ ) para la variable respuesta  $i$ -ésima.

$D_i$  es el coeficiente cuadrático de la concentración de agente antioxidante ( $x_1$ ) para la variable respuesta  $i$ -ésima.

$E_i$  es el coeficiente cuadrático de la concentración de agente antioxidante ( $x_1$ ) para la variable respuesta  $i$ -ésima.

$F_i$  es el coeficiente simultaneo de la concentración de agente antioxidante ( $x_1$ ) y la temperatura del agua ( $x_2$ ) para la variable respuesta  $i$ -ésima.

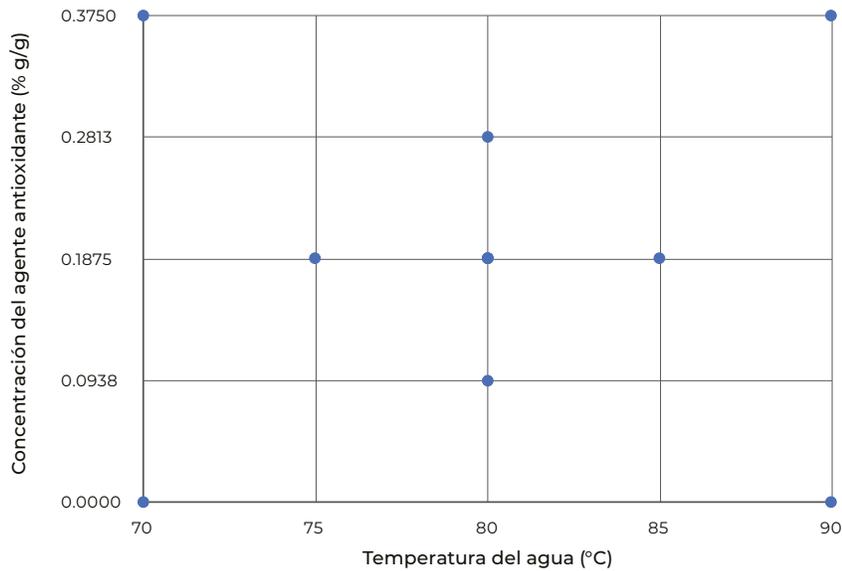


En la figura 71, se observan la región experimental de la superficie y las corridas experimentales.

**Tabla 32.** Diseño experimental

Orden de la corrida experimental	Concentración del agente antioxidante (ácido cítrico) (%)	Temperatura del agua (°C)
1	0	70
2	0	90
3	0,375	70
4	0,375	90
5	0,1875	75
6	0,1875	85
7	0,09375	80
8	0,28125	80
9	0,1875	80
10	0,1875	80
11	0,1875	80

Fuente: elaboración propia.



**Figura 71.** Región experimental de la superficie de respuesta

Fuente: elaboración propia.

### Secado del puré de aguacate por ventana de refractancia

Se esparcieron entre 1800 y 2000 g de puré de aguacate Hass sobre la lámina Mylar. La temperatura del agua calefactor del equipo de ventana de refractancia se estabilizó entre



70 y 90 °C y el secado se realizó entre 5 y 7 h según la corrida experimental (ver tabla 34). Se tomó el peso del puré seco mediante el uso de una balanza electrónica (Ohaus, China) para garantizar una cantidad mínima de 500 g para el prensado.

### Secado del puré de aguacate por liofilización

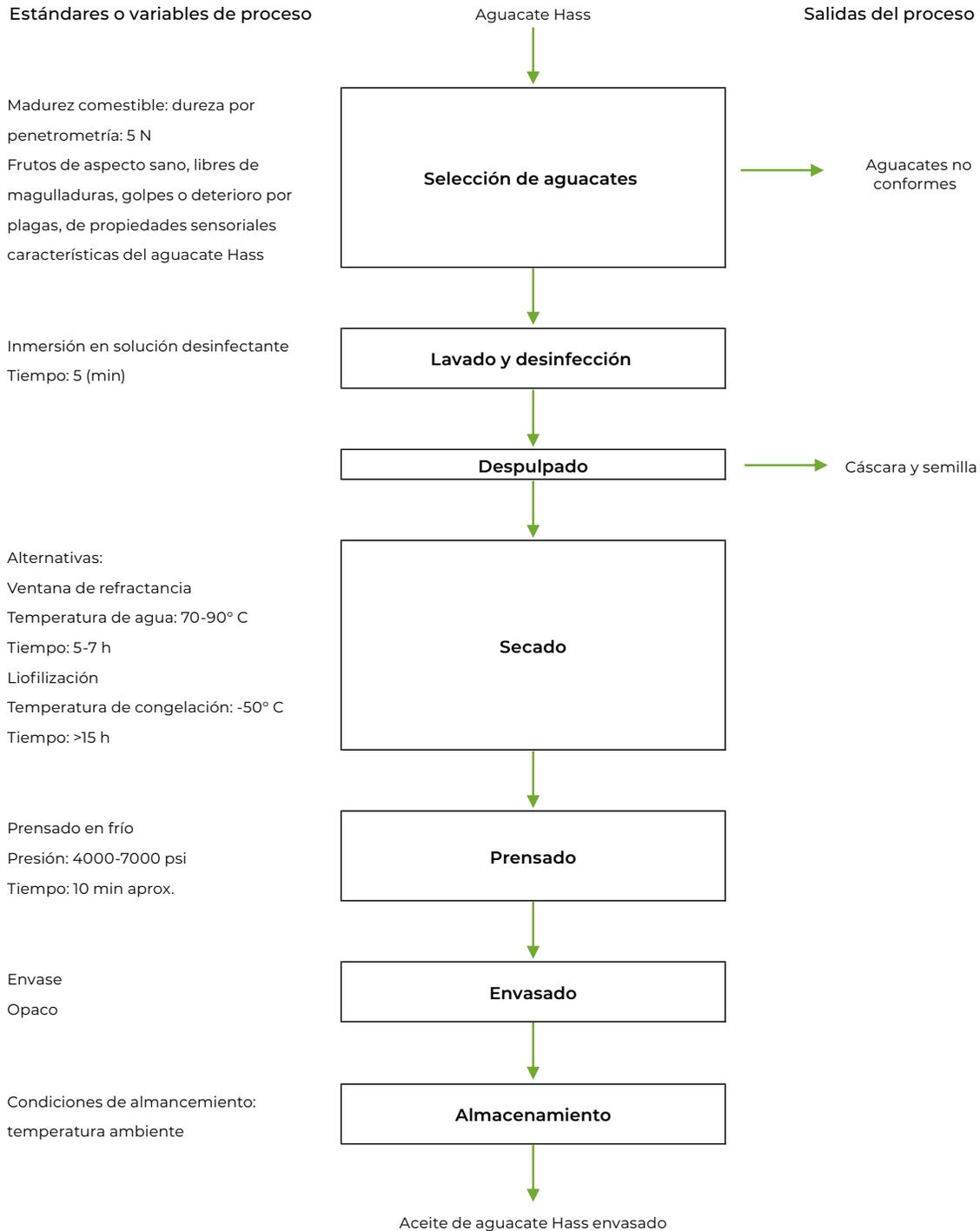
Se esparcieron entre 600 y 700 g de pulpa de aguacate sobre cada lámina Mylar, las cuales se congelaron en un ultracongelador Freezone 6 Plus (Labconco, USA) por 20 min a -60 °C. Las muestras ultracongeladas se ubicaron en las bandejas del liofilizador, 3 en total. La liofilización se realizó a una presión de 0,120 mbar y a una temperatura inicial de -35 °C y la final fue de 25 °C por 24 h. Se midió la pérdida de peso de la muestra de aguacate al final de cada liofilización con una balanza electrónica (Ohaus, China).

### Obtención de aceite de aguacate Hass

El prensado en frío se realizó en una prensa extractora de aceites EH2500 (CEI Robots, Colombia). El puré seco se ubicó en el cilindro de la prensa contenida, en una tela tipo lienzo. El prensado se realizó en un intervalo de presión entre 4000 y 7000 psi, durante 7-10 min y la temperatura en la extracción estuvo entre 20 y 22 °C. El aceite obtenido se filtró en una tela tipo lienzo, se almacenó en un recipiente de vidrio color ámbar y se mantuvo a  $4 \pm 2$  °C. En la figura 72 se observa el diagrama de proceso para la obtención de aceite de aguacate y en la tabla 35 se describen las operaciones relacionadas.

**Tabla 33.** Actividades para la obtención de aceite de aguacate Hass

Etapa	Descripción
Selección	Los aguacates se seleccionan visualmente por el color negro de la cáscara que corresponde a la madurez de consumo. La dureza debe verificarse por penetrometría entre 4 y 5 n.
Lavado y desinfección	El lavado se hace con agua para remover materiales extraños e insectos. Posteriormente, se usa una solución desinfectante de ácido peracético o hipoclorito de sodio a la concentración sugerida por el fabricante y se deja actuar por 5 min.
Despulpado	En esta etapa se separan la cáscara y la semilla del fruto.
Secado	La pulpa se deshidrata por ventana de refractancia o por liofilización.
Extracción por presión (prensado)	Se propone un proceso de extracción por prensado en frío, mediante el uso de una prensa hidráulica, que comprime la pulpa seca de aguacate a una presión de 4000-7000 psi.
Envasado y almacenamiento	El envase debe ser opaco para proteger el aceite de la luz. La temperatura en el almacenamiento no debe exceder 28 °C.



**Figura 72.** Esquema general del proceso de obtención de aceite de aguacate Hass

Fuente: elaboración propia.



### **Determinación del rendimiento de la extracción**

Se expresó como el porcentaje de aceite extraído (g) por cantidad de pulpa seca (g). Ambos pesos se registraron en una balanza (Ohaus, USA) con precisión de  $\pm 0,01$  g.

### **Determinación de las propiedades ópticas (color)**

Se pesaron aproximadamente 2 g de cada aceite obtenido en una caja Petri 60 x 15 en la balanza analítica (Mettler Toledo, Suiza). La muestra se llevó al espectrocolorímetro (HunterLAB, USA) y se realizó la medición directa de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en el equipo. Se realizaron 2 repeticiones por cada determinación.

### **Determinación del índice de refracción**

Se realizó según la NTC 289:2019. La muestra de aceite se ubicó en el refractómetro digital RX-700 $\alpha$  (Atago, Japón). La medición se realizó a 20 °C. La compensación de temperatura se realizó de forma automática en el equipo. Se realizaron 2 repeticiones por cada determinación.

### **Determinación del contenido de humedad del aceite del aguacate Hass**

Se realizó según la NTC 287:2018. Se pesaron en una balanza analítica AB204-5/FACT (Mettler Toledo, Suiza) 5 g de aceite de aguacate en caja Petri 60 x 15. Las muestras se llevaron a la estufa (Binder, USA) a  $103 \pm 2^\circ$  C por 1 h. Se dejaron enfriar y se pesaron en la balanza analítica (Mettler Toledo, Suiza). Se llevaron nuevamente a la estufa y se pesaron cada 30 min hasta que la diferencia de peso fue menor a 2 mg. Se realizaron 2 repeticiones por cada determinación.

### **Determinación de la acidez (contenido agl) y del índice de acidez (valor ácido)**

Se realizó de acuerdo con el método de la NTC 218:2011. Se pesaron entre 1 y 2 g de muestra de aceite en un erlenmeyer de 125 ml. La muestra se disolvió en 60 ml de una solución neutralizada de etanol absoluto: éter dietílico (30:30 v/v). El pH de la solución se midió en un pH/ORP-metro HI3220 (Hanna Instruments Inc., USA) hasta alcanzar la neutralidad. El aceite disuelto se tituló con NaOH al 0,1 N en presencia de fenoftaleína como indicador. Se realizaron 2 repeticiones por cada determinación. Los resultados se expresaron así:

$$\text{Acidez o contenido de AGL (\% ácido oléico)} = \frac{V * c * M}{10 * m}$$

e

$$\text{Índice de acidez o valor ácido (mg KOH / g aceite)} = \frac{56,1 * V * c}{m}$$



Donde:

V: volumen, en mililitros, de la solución volumétrica normalizada de hidróxido de potasio o sodio usada.

c: concentración en moles por litro de la solución normalizada de hidróxido de sodio o de potasio usada.

m: masa, en gramos, de la porción de ensayo.

M: masa molar, en gramos por mililitros, del ácido escogido para la expresión de los resultados. Para el ácido oleico es 282,4 g/mol.

### Determinación de la densidad

Se determinó de acuerdo con la NTC 336:2016. Se registró el peso de un picnómetro de 10 ml en una balanza analítica AB204-5/ FACT (Mettler Toledo, Suiza), se agregó aceite hasta rebosar el capilar y se registró el peso. El picnómetro con muestra se ingresó en agua caliente ( $40,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ) por 120 min para eliminar las burbujas. Se registró el peso y se determinó la densidad, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\rho = \left( \frac{\text{g}}{\text{ml}} \right) = \frac{m_{\text{pic} + \text{aceite } (40^\circ\text{C})} - m_{\text{pic}}}{V_{\text{pic}}}$$

Donde:

$\rho$ : densidad del aceite a  $25^\circ\text{C}$  en g/ml.

$m_{\text{pic}}$ : masa del picnómetro vacío en g.

$m_{\text{pic} + \text{aceite } (40^\circ\text{C})}$ : masa del picnómetro y el aceite (g) después de ser sometido a baño maría por 120 minutos.

$V_{\text{pic}}$ : volumen del picnómetro (10,0 ml).

### Determinación del valor peróxido

Se determinó de acuerdo con la NTC 236:2011. Se pesaron entre 5 y 5,3 g de aceite de aguacate en un erlenmeyer de 250 ml, se adicionaron 30 ml de la solución de ácido acético/clorofomo, en relación 3:2, y se agitó para disolver la muestra. Se añadió 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio, se tapó el matraz y se agitó con un agitador magnético, sin generar vórtice. Se dejó en reposo por 1 min y se adicionaron 30 ml de agua. El yodo liberado se tituló inmediatamente con la solución de tiosulfato de sodio al 0,01 N desde anaranjado amarillento hasta amarillo pálido. Seguidamente, se adicionó 0,5 ml de solución de almidón al 0,1 % y se continuó la titulación desde violeta hasta que la carencia de color. Se mantuvo durante 30 s.



El valor peróxido (VP) se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$VP \text{ (} m \text{ equivalentes } O_2/\text{kg)} = \frac{V - V_0}{m} \times C_{\text{tiosulfato}} \times F \times 1000$$

Donde:

V: volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado (ml).

$V_0$ : volumen de la solución normal de tiosulfato de sodio utilizada para el ensayo en blanco (ml).

F: factor de la solución de tiosulfato de sodio (0,01 N).

$C_{\text{tiosulfato}}$ : concentración de la solución de tiosulfato de sodio (moles por litro).

m: peso del aceite empleado en la prueba (g).

### Determinación del índice de p-anisidina

Se determinó de acuerdo con la NTC 4197:2014. Se pesaron aproximadamente 2 g de aceite en un matraz aforado de 25 ml y se aforó con isooctano. Para la solución de ensayo sin reacción, se transfirió una alícuota de 5 ml a un tubo de ensayo, se adicionó 1 ml de ácido acético glacial, se tapó y se agitó. Se dejó en oscuridad por 8 min. Después de 2 min adicionales, se midió la absorbancia a 350 nm. Para la solución de ensayo con reacción, se transfirió una alícuota de 5 ml a un tubo de ensayo, se adicionó 1 ml del reactivo de anisidina, se tapó y se agitó. Se dejó en oscuridad por 8 min. Después de 2 min adicionales, se midió la absorbancia a 350 nm. Para el blanco, se adicionaron 5 ml de isooctano a un tubo de ensayo, se adicionó 1 ml del reactivo de anisidina, se tapó y se agitó. Se dejó en oscuridad por 8 min, después de 2 min adicionales se midió la absorbancia a 350 nm. Se ajustó el cero de absorción con isooctano.

El índice de anisidina (AV, por sus siglas en inglés) se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AV = \frac{100QV}{m} [1,2 (A_1 - A_2 - A_0)]$$

Donde:

V: volumen en el que se disuelve la muestra de ensayo expresado en mililitros ( $V = 25$  ml).

m: masa de la porción de ensayo, en gramos.

Q: contenido de la muestra medida con respecto al índice de anisidina, expresado en gramos por mililitro ( $Q = 0,01$  g/ml).

$A_0$ : absorbancia de la solución de ensayo sin reacción.

$A_1$ : absorbancia de la solución de ensayo con reacción.

$A_2$ : absorbancia del blanco.

1,2: factor de corrección por la dilución de la solución de ensayo con 1 ml de ácido acético glacial.



## Optimización

Se optimizaron las variables de respuesta con un ajuste superior a 0,8 con la función Optimizador de respuesta en el paquete estadístico Minitab19, todas con el mismo aporte o importancia. Dependiendo de la variable, se decidió el criterio (maximizar o minimizar).

### 3.1.3 Resultados

En las tablas 36 y 37 se presentan las propiedades fisicoquímicas en el aceite de aguacate obtenido por prensado en frío a partir de pulpa deshidratada por ventana de refractancia, de acuerdo con el diseño experimental planteado en la tabla 34: rendimiento, propiedades ópticas, índice de refracción, densidad, contenido de humedad del aceite, índice de acidez, ácidos grasos libres, valor peróxido e índice de anisidina. También se reportan los resultados en el aceite de aguacate obtenido de la pulpa liofilizada.

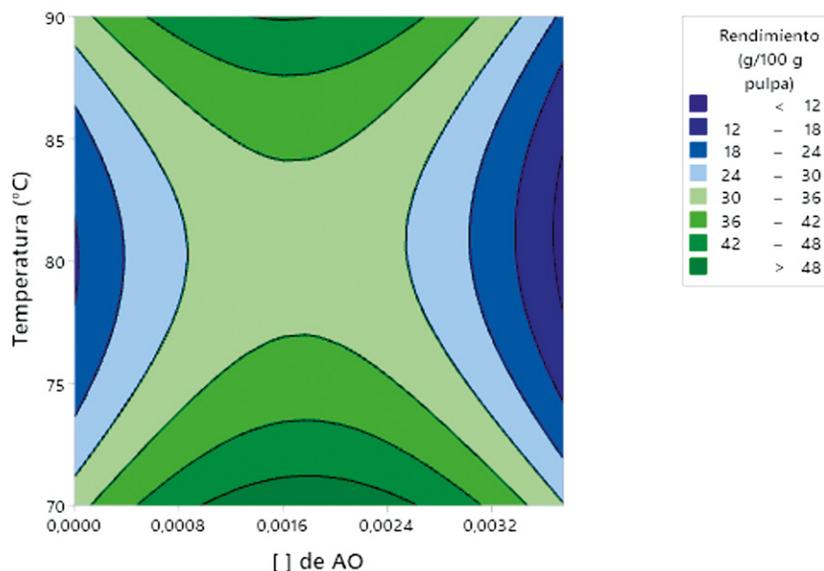
#### Rendimiento

El rendimiento de la extracción de aceite a partir de pulpa secada por ventana de refractancia varió entre 22,1 y 39,9 g de aceite por 100 g de pulpa seca. Este rendimiento es mayor que el reportado por Chimsook *et al.* (2017) y Krumreich *et al.* (2018) en aceite de aguacate obtenido por secado en aire caliente y por prensado en frío (7-27,8 g aceite por 100 g pulpa seca). En la figura 73 se muestra la gráfica de contorno para la extracción de aceite de aguacate, se observó que el rendimiento fue mayor con concentración de ácido cítrico de 0,0018 a 70 y 90 °C, mayor que 42 g/100g de pulpa (regiones en verde oscuro). Se observó también que la concentración de ácido cítrico presentó mayor efecto sobre el rendimiento comparado con la temperatura de secado (valor  $p > 0,05$ ), este resultado fue similar al reportado por Krumreich *et al.* (2018). Por otra parte, no se han evidenciado reportes de la influencia de la concentración de ácido cítrico sobre el rendimiento.

Respecto al rendimiento de la extracción de aceite a partir de pulpa liofilizada, se obtuvo un valor promedio de 34,4 g aceite por 100 g pulpa seca, valor que está dentro del rango obtenido para la extracción a partir de la pulpa seca por ventana de refractancia.

#### Propiedades ópticas

La luminosidad promedio de los aceites fue de  $6,85 \pm 1,49$ . Según la tabla 36 puede notarse que la luminosidad fue mayor con la concentración de ácido cítrico de 0,0018 a 70 °C, similar a lo observado en el rendimiento. Los aceites obtenidos presentaron mayor luminosidad en comparación con el aceite reportado por Tan *et al.* (2018) en la extracción por Soxhlet y ultrasonido ( $1,29 \pm 0,32$  y  $19,18 \pm 0,23$ , respectivamente).



**Figura 73.** Superficie de contorno del rendimiento (g/100g de pulpa)

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  de los aceites de aguacate presentaron un valor de  $2,67 \pm 0,65$  y  $11,59 \pm 2,54$ , respectivamente. Estos son superiores a los reportados por Tan *et al.* (2018) en la extracción por Soxhlet de aceite de aguacate Hass ( $a^* = -0,71$  y  $b^* = 1,09$ ). La extracción por prensado en frío presenta menor impacto térmico sobre el aceite; por esta razón, los aceites presentan mayor luminosidad que en la extracción por Soxhlet. Por otra parte, el prensado en frío facilitó la extracción de pigmentos de color verde (como la clorofila, mayor valor de  $b^*$ ), mientras que la extracción por Soxhlet se extraen con mayor facilidad pigmentos de color amarillo (como carotenoides, menor  $a^*$ ), (Wong *et al.* 2008).

El aceite de aguacate obtenido de pulpa liofilizada mostró una prevalencia de pigmentos verdes ( $a^*$  promedio:  $-4,2$ ) y amarillos ( $b^*$  promedio:  $14,5$ ) a diferencia del aceite obtenido por ventana de refractancia, cuya pigmentación se encuentra en el espacio amarillo ( $b^*$   $11,59 \pm 2,54$ ).

El modelo determinado para los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  no presentó un buen ajuste ( $R^2 < 0,7$ ), por esta razón no se presentan las superficies de contorno. La falta de ajuste puede ser debido a que en los rangos estudiados no hay influencia de la concentración de ácido cítrico y temperatura de secado sobre estos parámetros. En ensayos preliminares se observó que concentraciones mayores al 0,375 % influyen en el sabor de la pulpa y del aceite. En el caso de la temperatura, no se emplearon valores inferiores a  $70^\circ\text{C}$ , ya que según pruebas preliminares el tiempo de exposición superaba las 9 h. Algunos autores también reportaron mayor impacto en las características fisicoquímicas del aceite de aguacate a temperaturas inferiores a  $60^\circ\text{C}$  (Krumreich *et al.*, 2018) y en temperaturas superiores a  $90^\circ\text{C}$  reportan formación de burbujas que dificultan la transferencia de calor en la lámina sobre la que se



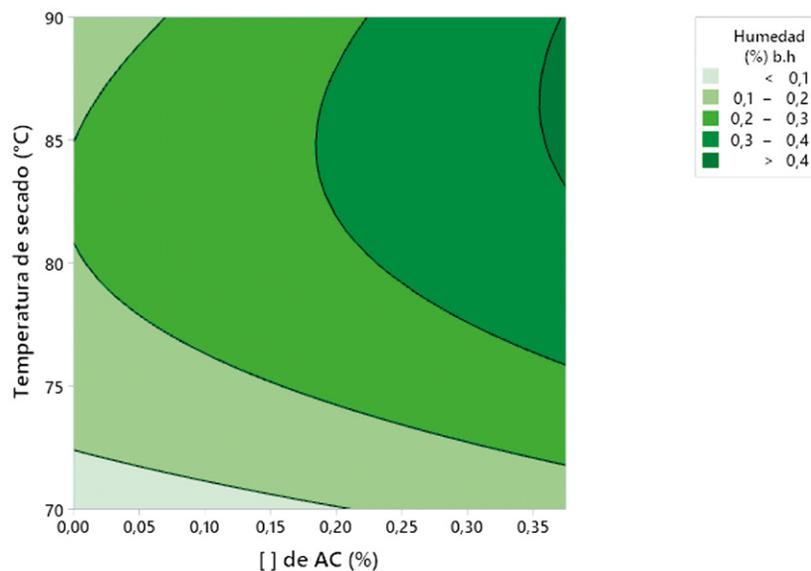
seca el producto. Algunas investigaciones emplean descripciones subjetivas que dificultan la identificación de rangos aceptables para el color del aceite de aguacate; en estas investigaciones se describen colores como verde oscuro y verde claro, entre otras (Ariza-Ortega *et al.*, 2014; Flores *et al.*, 2019; Chimsook y Assawarachan, 2017).

### Índice de refracción

No se observó un efecto significativo de la concentración de ácido cítrico, ni de la temperatura de secado sobre el índice de refracción de las muestras. Este comportamiento es similar al reportado por otros investigadores de aceite de aguacate extraído de la variedad Breda. Estos reportaron que no se presentó variación del índice de refracción en las temperaturas ni los procesos de extracción evaluados ( $1,465 + 0,001$ ) (Krumreich *et al.* 2018). No obstante, el comportamiento es inferior al reportado por Satriana *et al.* (2019) en aceite de aguacate 1,455-1,466. No se presentaron diferencias entre los valores del índice de refracción de los aceites obtenidos por ambos métodos de secado.

El índice de refracción de los aceites de oliva vírgenes y refinados cumplen con la norma del Codex para los aceites (1,4677-1,4705) (Codex 1981). Ya que no existe una norma para regular el aceite de aguacate, se emplea esta norma como punto de comparación. No se pudo establecer un modelo para ajustar el índice de refracción con la temperatura de secado ni la concentración de ácido cítrico empleado. Por esta razón, este parámetro no se empleó como criterio de optimización, ya que la sensibilidad a las variables del proceso es baja, lo que podría disminuir la precisión de los modelos.

### Contenido de humedad (% b. h.)



**Figura 74.** Contenido de humedad en el aceite de aguacate

Fuente: elaboración propia.



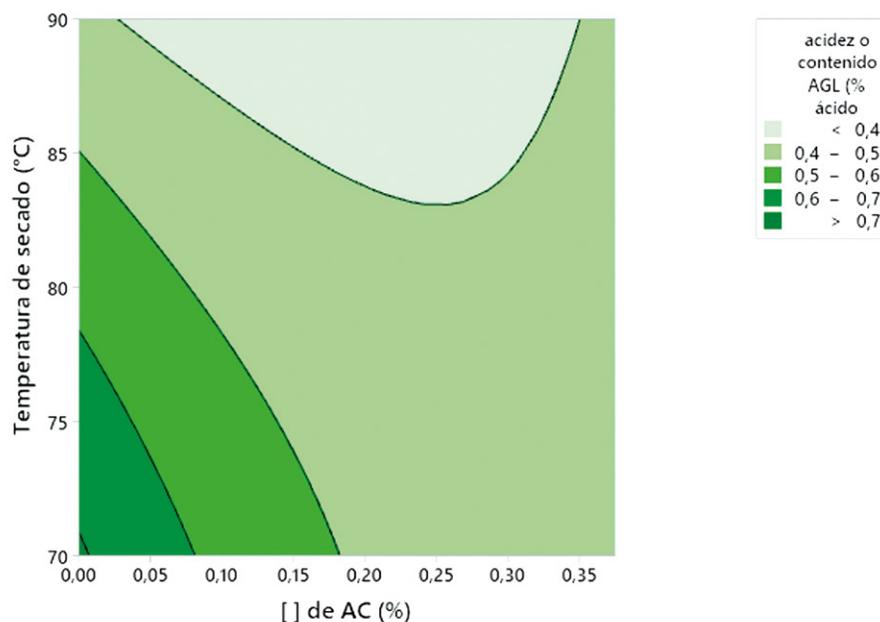
En la figura 74 se observa la gráfica de contorno del contenido de humedad de los aceites. Todas las muestras, incluyendo las de liofilización, estuvieron por debajo del 0,5 %.

### Valor de acidez e índice de acidez

En las figuras 75 y 76 se muestran los valores de acidez e índice de acidez del aceite de aguacate. El valor de acidez fue de  $0,45 \pm 0,09$  mg de KOH/g de grasa y el del índice fue de  $0,90 \pm 0,18$  % de ácido oleico. Se observó que en ambos parámetros se facilitó la formación de ácidos grasos libres (ácidos orgánicos por fuera de la estructura de los triglicéridos) a bajas concentraciones de ácido cítrico y bajas temperaturas. Esto puede ser atribuido a la duración del proceso de secado (aproximadamente 7 h), lo cual presenta mayor impacto térmico que secar a  $90^\circ\text{C}$  (aproximadamente 5 h): estos parámetros pueden ser afectados por reacciones de oxidación en operaciones extensas.

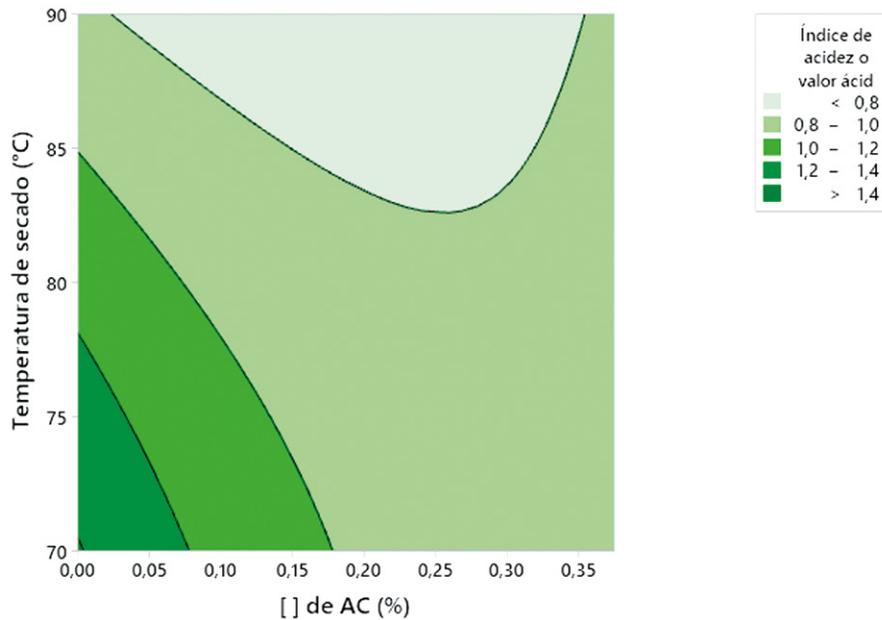
En los rangos de concentración de ácido cítrico y temperatura de secado los aceites cumplen con las especificaciones de la Resolución 2154 de 2012, la cual establece que los aceites crudos de oliva, maní, ajonjolí, macadamia y aguacate obtenidos por presión en frío o primer prensado deben presentar una acidez libre expresada en ácido oleico menor al 1 %. El criterio de optimización es para disminuir la magnitud de estos parámetros.

Ambas variables de respuesta se encuentran en el mismo orden de magnitud, tanto para los aceites obtenidos de la pulpa seca por ventana de refractancia como para el obtenido de la pulpa liofilizada.



**Figura 75.** Valor de acidez de aceite de aguacate Hass obtenido por prensado en frío

Fuente: elaboración propia.



**Figura 76.** Índice de acidez de aceite de aguacate Hass obtenidos por presando en frío

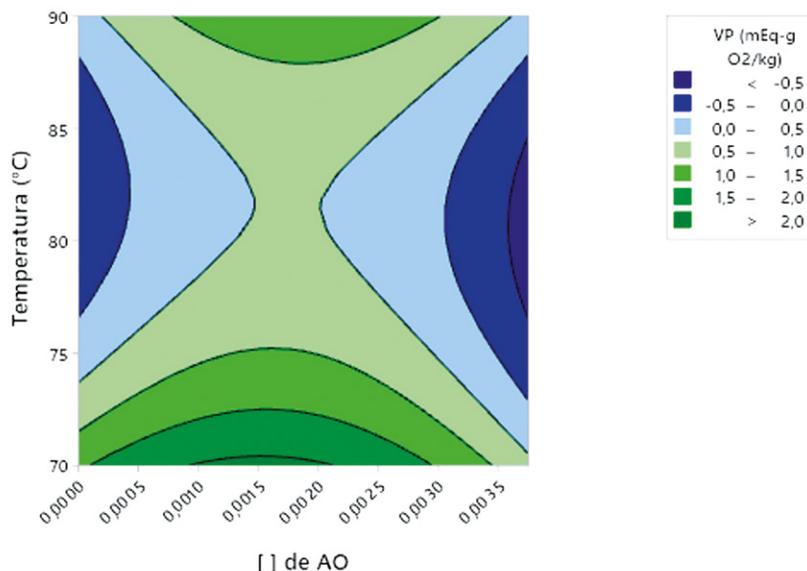
Fuente: elaboración propia.

### Valor peróxido

En la figura 77 se muestra el valor de peróxido de los aceites, de acuerdo con la NTC 258. Todos los tratamientos presentaron un valor inferior a 20 mEq-g O<sub>2</sub>/kg. Los resultados obtenidos son menores a los reportados para aceite de aguacate, obtenidos por extracción termomecánica, en los cuales se obtuvo un valor de 5,56 mEq-g O<sub>2</sub>/kg. Este proceso consiste en el calentamiento y agitación mecánica a emulsiones acuosas de pulpa de aguacate en madurez de consumo (Yepes *et al.*, 2017a). Se observó que los mayores valores de peróxido se obtuvieron a menor temperatura de agua (ver tabla 37). Este comportamiento es similar al observado en aceite de aguacate de la variedad Breda, en el cual el mayor valor de peróxido (7,4 ± 0,2) fue reportado a la menor temperatura de secado de la pulpa con aire caliente (40 °C) y posterior prensado mecánico (Krumreich *et al.*, 2018).

El valor de peróxido para el aceite de pulpa liofilizada es menor al obtenido por la pulpa deshidratada por ventana de refractancia. Lo anterior puede ser debido a que en liofilización la temperatura de secado es baja (± 25 °C) y, por consiguiente, menor es el deterioro del aceite. Sin embargo, estos resultados son comparables con el obtenido a 90 °C sin adición de ácido cítrico. A pesar de una temperatura elevada en el agua de secado, es probable que por presentar menor tiempo de exposición (5 h), la formación de peróxidos no se presente de forma acelerada.

El modelo determinado para el valor de peróxido presenta un ajuste del 82,93 %; por tanto, se seleccionó como parámetro de optimización, tomando como criterio disminuir la magnitud.

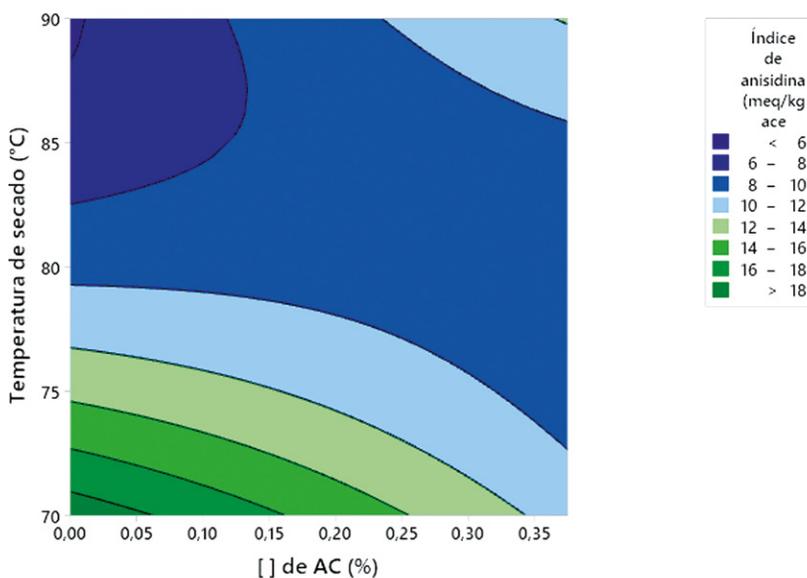


**Figura 77.** Superficie de contorno de valores de peróxido de aceite de aguacate Hass

Fuente: elaboración propia.

### Índice de p-anisidina

En la figura 78 se observa la superficie de contorno para el índice de anisidina evaluado en los aceites de aguacate Hass. Como puede observarse, los menores valores se presentaron a temperaturas superiores a 80 °C y a bajas concentraciones de ácido cítrico; los valores estuvieron en un rango entre 5,65-11,69 a excepción del tratamiento a 70 °C sin adición de ácido cítrico, cuyo índice de anisidina fue de  $19,73 \pm 2,76$ .



**Figura 78.** Superficie de contorno de aceites de aguacate Hass obtenidos por prensado en frío

Fuente: elaboración propia.



Estos valores son similares a los obtenidos por Galanakis *et al.* (2018) en muestras de aceite de oliva adicionadas con ácido ascórbico, tocoferoles o polifenoles, con agentes antioxidantes, sometidas a tratamiento térmico a 100 y 160 °C, lo cual explica que el índice de *p*-anisidina refleja la formación de productos en la segunda etapa del proceso de oxidación en los aceites. Los valores de *p*-anisidina por debajo de 10 indican casi ausencia de productos de oxidación secundaria (Casal *et al.* 2010). La anterior afirmación indica que la muestra secada a una temperatura de agua de 70 °C, sin adición de ácido cítrico, puede presentar productos de oxidación en la fase secundaria, lo que implica que la exposición por el tiempo de proceso (7 h) muestra mayor influencia que la temperatura, ya que en el tratamiento 2, a 90 °C de temperatura de agua, el tiempo de secado es aproximadamente 5 h.

A diferencia del valor peróxido, el índice de *p*-anisidina se encuentra en el rango obtenido para el aceite proveniente de pulpa secada por ventana de refractancia, a excepción del obtenido a 90 °C, sin adición de antioxidante, el cual fue el menor valor obtenido.

Por lo anterior, se tomó el índice de *p*-anisidina como variable para la optimización. El criterio fue disminuir su magnitud.

### Optimización

De acuerdo con el análisis de resultados, los parámetros con mayor ajuste fueron:

- Rendimiento (%): 0,826.
- Valor peróxido (mEq-g O<sub>2</sub>/kg aceite): 0,829.
- Índice de *p*-anisidina: 0,951.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la optimización para obtener el mejor aceite de aguacate en las condiciones de proceso que son:

- Temperatura del agua de secado: 90 °C.
- Concentración de ácido cítrico (% p/p): 0,102.

Los modelos obtenidos se muestran en las tablas 38 y 39, en las que se presentan los estimados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el aceite de aguacate Hass. Por otro lado, en la figura 79, se presentan los aceites de aguacate Hass obtenidos por prensado en frío.



**Tabla 34.** Resultados experimentales

[ ] de AC (%)	Temperatura de secado (°C)	Rendimiento (g aceite/100 g pulpa seca)	L*	a*	b*	Índice de refracción	Densidad (g/ml)
0	70	33,80	9,88 ± 0,46	2,95 ± 0,73	16,75 ± 0,78	1,4690 ± 0,0000	0,932 ± 0,002
0	90	33,72	5,56 ± 0,05	2,05 ± 0,40	9,38 ± 0,08	1,4691 ± 0,0000	0,935 ± 0,007
0,375	70	29,86	7,93 ± 0,23	3,28 ± 0,95	13,39 ± 0,32	1,4690 ± 0,0001	0,937 ± 0,007
0,375	90	22,05	4,95 ± 0,04	2,74 ± 0,06	8,34 ± 0,06	1,4689 ± 0,0000	0,933 ± 0,004
0,1875	75	39,89	10,66 ± 0,65	3,73 ± 1,14	18,13 ± 1,07	1,4690 ± 0,0001	0,935 ± 0,007
0,1875	85	38,70	9,00 ± 0,01	3,52 ± 0,29	15,26 ± 0,02	1,4688 ± 0,0001	0,937 ± 0,007
0,09375	80	30,74	5,40 ± 0,08	2,55 ± 0,36	9,11 ± 0,14	1,4691 ± 0,0000	0,937 ± 0,006
0,28125	80	29,75	6,36 ± 0,70	3,19 ± 0,30	10,76 ± 1,20	1,3983 ± 0,1000	0,936 ± 0,006
0,1875	80	29,61	8,26 ± 0,16	1,99 ± 0,11	13,98 ± 0,26	1,4689 ± 0,0000	0,931 ± 0,005
0,1875	80	31,03	4,33 ± 0,02	1,67 ± 0,56	7,32 ± 0,10	1,4689 ± 0,0001	0,935 ± 0,005
0,1875	80	36,05	3,07 ± 0,25	1,72 ± 0,04	5,13 ± 0,42	1,4688 ± 0,0001	0,932 ± 0,007
Liofilización 1	37,5	8,7 ± 0,3	-7,1 ± 0,0	14,5 ± 0,5	1,4690 ± 0,000	0,936 ± 0,004	
Liofilización 2	31,2	8,6 ± 0,5	-2,7 ± 0,2	14,4 ± 1,0	1,4690 ± 0,000	0,94 ± 0,01	

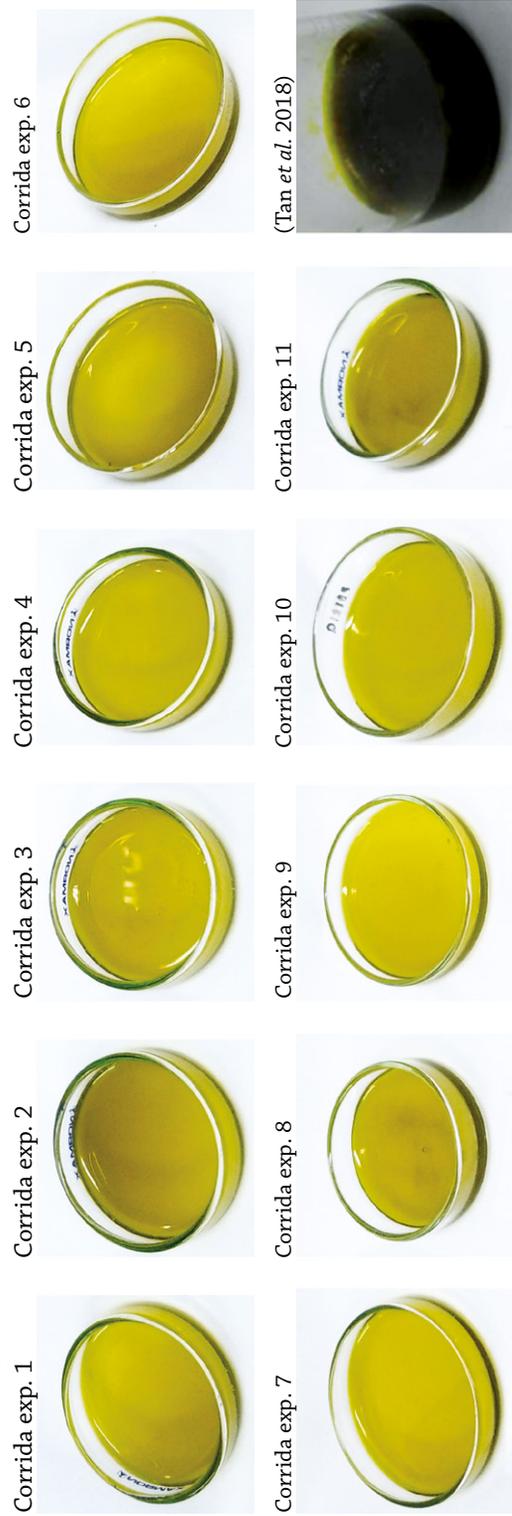
Fuente: elaboración propia.



**Tabla 35.** Resultados experimentales (continuación)

[ ] de AC (%)	Temperatura de secado (°C)	Valor peróxido (mEq·g O <sub>2</sub> /kg aceite)	Índice de anisidina	Humedad (% b. h.)	Índice de acidez (mg KOH/g aceite)	Acidez (% ácido oleico)
0	70	1,456 ± 0,922	19,63 ± 2,76	0,058	1,471 ± 0,199	0,741 ± 0,100
0	90	0,249 ± 0,017	5,65 ± 0,30	0,128	0,814 ± 0,047	0,410 ± 0,024
0,375	70	0,676 ± 0,003	11,35 ± 0,17	0,174	0,868 ± 0,009	0,437 ± 0,004
0,375	90	0,326 ± 0,026	11,69 ± 0,46	0,392	0,770 ± 0,040	0,388 ± 0,020
0,1875	75	0,866 ± 0,040	10,84 ± 0,82	0,127	0,779 ± 0,112	0,392 ± 0,056
0,1875	85	0,857 ± 0,045	9,80 ± 0,18	0,377	0,945 ± 0,000	0,476 ± 0,000
0,09375	80	0,418 ± 0,007	9,09 ± 0,18	0,267	0,898 ± 0,129	0,452 ± 0,065
0,28125	80	0,188 ± 0,016	9,94 ± 0,82	0,286	0,911 ± 0,021	0,459 ± 0,011
0,1875	80	0,862 ± 0,059	10,25 ± 0,94	0,336	0,953 ± 0,066	0,480 ± 0,033
0,1875	80	0,373 ± 0,001	8,26 ± 1,33	0,297	0,844 ± 0,049	0,425 ± 0,024
0,1875	80	0,310 ± 0,001	8,86 ± 0,86	0,219	0,754 ± 0,009	0,380 ± 0,005
Liofilización 1	0,20 ± 0,02	9,52 ± 0,28	0,27	0,89 ± 0,00	0,45 ± 0,00	
Liofilización 2	0,26 ± 0,01	12,04 ± 0,23	0,12	0,90 ± 0,08	0,46 ± 0,04	

Fuente: elaboración propia.



**Figura 79.** Aceites de aguacate Hass obtenidos por prensado en frío Fuente: elaboración propia. La última imagen fue tomada de Tan *et al.* (2018).



**Tabla 36.** Coeficientes de los modelos obtenidos en las propiedades de calidad del aceite de aguacate

Término	Rendimiento (g aceite/100 g pulpa seca)	L*	a*	b*	Índice de refracción	Densidad (g/ml)	Valor Peróxido (mEq-g O <sub>2</sub> /kg aceite)	Índice anisidina	Humedad (%)	Índice de acidez KOH/g aceite)	Acidez (%ácido oleico)
Constante	33,853	6,592	2,554	11,161	1,459	0,935	0,542	9,367	0,472	0,434	0,861
[ ]	-3,579	-0,460	0,299	-0,795	-0,008	0,001	-0,182	-0,402	0,095	-0,067	-0,134
T	-1,884	-1,807	-0,342	-3,079	0,000	0,000	-0,347	-3,148	0,066	-0,068	-0,135
[ ]x[ ]	-20,012	-7,588	-1,365	-12,988	-0,066	0,001	-1,048	-0,248	0,391	0,068	0,135
TxT	16,191	8,222	1,645	14,042	0,075	-0,001	1,186	2,985	-0,579	-0,017	-0,033
[ ]xT	-1,931	0,335	0,091	0,583	0,000	-0,002	0,214	3,578	0,025	0,056	0,111
R2	0,826	0,546	0,319	0,546	0,376	0,308	0,829	0,951	0,562	0,735	0,735
RMSE	1,972	1,571	0,575	2,680	0,016	0,002	0,152	0,727	0,195	0,467	0,458

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 37.** Resultados estimados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el aceite de aguacate Hass

[ ] de ácido cítrico (%)	Temperatura de secado (°C)	[ ] Normalizada	Temperatura normalizada	Rendimiento (g aceite/100 g pulpa seca)	L*	a*	b*	Índice de refracción	Densidad (g/ml)
0,102	90	-0,456	1	46,51	11,49	3,39	19,52	1,524	0,934
Valor Peróxido (mEq-g O <sub>2</sub> /kg aceite)	Índice anisidina	Humedad (% h.)	Índice de acidez (mg KOH/g aceite)	Acidez (%ácido oleico)					
1,148	7,704	0,22	0,718	0,362					

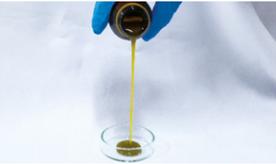
Fuente: elaboración propia.



### 3.1.4 Conclusiones

- No se evidenciaron diferencias en los métodos de secado por ventana de refractancia y liofilización en la pulpa de aguacate Hass sobre el rendimiento y la calidad de aceite extraído por prensado en frío. En ambos casos, presentaron el mismo orden de magnitud en valores de peróxido, índice de anisidina y de acidez. Sin embargo, el método por ventana de refractancia sería el método más apropiado como tratamiento de secado de pulpa de aguacate, previo al proceso de extracción de aceite, por alcanzar tiempos cortos de proceso y fácil manejo de operación.
- Los valores de rendimiento, peróxido e índice de anisidina fueron las variables que presentaron mejor ajuste al modelo de optimización, con ellos se obtuvieron el mayor rendimiento, el menor valor de peróxidos y el menor valor de anicidina. Por consiguiente, se permitió obtener una condición óptima de procesamiento en cuanto a temperatura del agua de calentamiento de 90° C en ventana de refractancia y una concentración de ácido cítrico (agente antioxidante) adicionada a la pulpa de aguacate de 0,102 % para obtener aceite de aguacate Hass con parámetros fisicoquímicos comparables con el de aceite de oliva.

### 3.1.5 Ficha técnica del producto

	<p>Ficha técnica</p>
<p><b>Figura 80.</b> Fuente: elaboración propia.</p>	
<p><b>Nombre</b></p>	<p><b>Aceite de aguacate Hass</b></p>
<p><b>Descripción del producto</b></p>	<p>Aceite vegetal obtenido por prensado en frío de pulpa deshidratada de aguacate, variedad Hass.</p>
<p><b>Características principales</b></p>	<p><b>Parámetros fisicoquímicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidez libre (% ácido oleico): <math>0,38 \pm 0,01 - 0,70 \pm 0,11</math> %</li> <li>• Índice de acidez (mg koh/g aceite): <math>0,77 \pm 0,04 - 1,47 \pm 0,20</math></li> <li>• Índice de refracción: <math>1,469 \pm 0,001</math></li> <li>• Densidad: <math>0,931 \pm 0,001 - 0,937 \pm 0,007</math></li> <li>• Valor peróxido: <math>0,19 \pm 0,02 / 1,46 \pm 0,92</math></li> <li>• Contenido de humedad (%b.h.): <math>0,13 - 0,38</math></li> <li>• Índice de anisidina: <math>5,65 \pm 0,30, 19,63 \pm 2,76</math></li> </ul>
<p><b>Características secundarias</b></p>	<p><b>Apariencia:</b> el aceite de aguacate es un líquido traslúcido, de color amarillo-dorado con tonos verdes, olor y sabor característico del fruto.</p>
<p><b>Ingredientes</b></p>	<p>Aceite de aguacate Hass</p>



<p><b>Descripción del proceso de elaboración</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Selección:</b> los aguacates se seleccionan visualmente por el color negro de la cáscara que corresponde a la madurez de consumo. La dureza debe verificarse por penetrometría entre 4 y 5 N.</li> <li>• <b>Lavado y desinfección:</b> el lavado se hace con agua potable para remover materiales extraños e insectos. Se usa una solución desinfectante de ácido peracético o hipoclorito de sodio a la concentración sugerida por el fabricante y se deja actuar por 5 min.</li> <li>• <b>Despulpado:</b> se separan la cáscara y la semilla del fruto.</li> <li>• <b>Secado:</b> la pulpa se deshidrata por ventana de refractancia entre 70 y 90 °C y por entre 5 y 7 horas.</li> <li>• <b>Prensado:</b> se realiza un proceso de extracción por prensado en frío, mediante el uso de una prensa hidráulica que comprime la pulpa seca de aguacate a una presión de 4000-7000 psi.</li> <li>• <b>Almacenamiento:</b> el aceite se envasa en un material opaco para protegerlo de la exposición a la luz. La temperatura en el almacenamiento no debe exceder 28 °C.</li> </ul>
<p><b>Condiciones de conservación recomendadas</b></p>	<p>Conservar el aceite en su envase original y cerrado en un lugar fresco, seco y alejado de la luz directa y de fuentes de calor.</p>
<p><b>Tiempo de vida útil estimado</b></p>	<p>6 meses en su envase original.</p>

### 3.2 Empaque innovador desarrollado

#### 3.2.1 Generalidades del producto por empacar

El aceite de aguacate Hass es un aceite vegetal 100 % natural, con excelentes propiedades nutricionales por su alto contenido en ácidos grasos insaturados esenciales como el omega 9 (ácido oleico) o el omega 6 (ácido linoleico), que no pueden ser producidos por el organismo y son indispensables para la vida diaria. Además, contiene vitaminas A y E, y otras como las del complejo B, con efectos antioxidantes importantes para el cuidado de la piel (Flores *et al.*, 2019; Santos y Fernandes, 2020). El contenido típico de ácidos grasos insaturados para este aceite oscila entre 54 y 62 % de ácido oleico, 18 y 20 % de palmítico y 11 y 13,3 % de linoleico). En contraste, el contenido de alfatocoferol es de alrededor de 87 mg/kg.

Algunos estudios sugieren que un consumo regular de aceite de aguacate mejora el sistema inmunológico y disminuye el colesterol LDL lo que reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y cáncer, ya que disminuye los efectos de los radicales libres en las células (Flores *et al.*, 2019, Pérez *et al.*, 2005).

El aceite de aguacate Hass es extraído de la pulpa del aguacate por secado con ventana de refractancia y prensado en frío, utilizando una temperatura inferior a 50 °C y sin el uso de solventes químicos. Esta técnica permite la conservación de compuestos bioactivos del aguacate como los tocoferoles, polifenoles, escualeno, carotenoides, fitoesteroles



(beta-sitosterol, campesterol, citrostadienol, etc.), alcoholes terpénicos, avocatina y ácidos volátiles (Berasategi *et al.*, 2012).

### Características del producto por empacar

El aceite es extraído de la pulpa de aguacate Hass y tiene alto contenido de ácidos grasos insaturados, componentes bioactivos y baja humedad. Color amarillo traslucido natural, sin sedimentos ni componentes extraños (ver figura 81), y olor característico al fruto.



**Figura 81.** Aceite de aguacate “Hass”

Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

### Factores causantes de deterioro y pérdida de calidad

El aceite de aguacate comienza a descomponerse desde que es aislado. Esta descomposición es causada por un aumento en la presencia de ácidos grasos libres que alteran sus características sensoriales como olor y sabor (rancidez). Dentro de los factores que favorecen esta degradación se encuentran la exposición a la luz; la humedad; la temperatura de almacenamiento, la cantidad de trazas de metales como cobre, níquel y hierro; y la presencia de colorantes y pigmentos naturales residuales (Jiménez *et al.*, 2001).

La rancidez está asociada principalmente a la oxidación de lípidos como resultado del calor y de cambios en las condiciones ambientales (aumento de oxígeno y luz) (Aktar y Adal, 2019). La oxidación de estos ácidos origina la formación de peróxidos e hidroperóxidos, los cuales, debido a su baja estabilidad se convierten en aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos carboxílicos causantes de olor y sabor desagradables. Por otro lado, los tocoferoles y fitoesteres, encargados de la estabilidad oxidativa y de la actividad antioxidante del aceite de aguacate (Krumreich *et al.*, 2018), se ven influenciados por los mismos factores que contribuyen al deterioro oxidativo de los lípidos insaturados. Dichos factores promueven

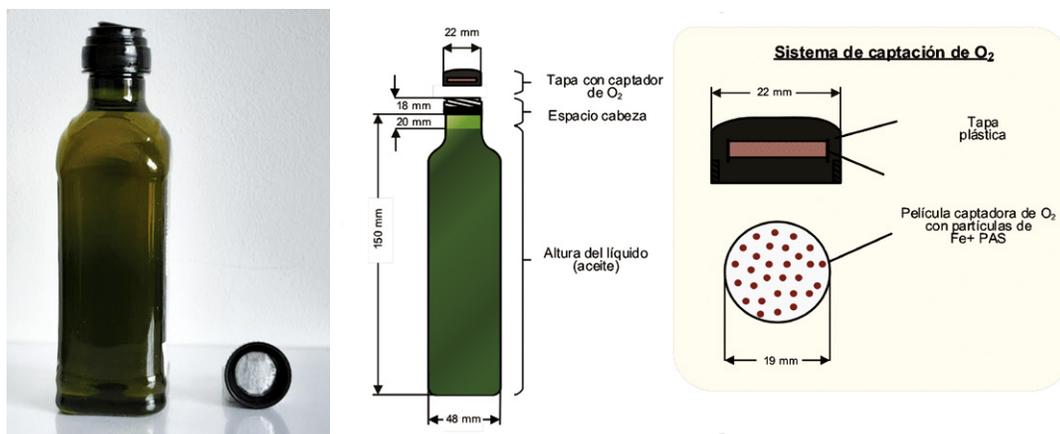


una serie de reacciones en cadena que destruyen las vitaminas liposolubles (particularmente, tocoferoles y pigmentos en los aceites vegetales) (Castañeda-Antonio, 2015; Yepes Betancur, 2017) y que aceleran la oxidación del aceite.

### 3.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto

Considerando las características y factores causantes de deterioro del aceite de aguacate Hass se propuso el siguiente sistema de empaque para este producto:

Envase de tereftalato de polietileno (PET) verde oscuro, semitraslucido, con un elemento activo en forma de *sachet* de papel poroso, con una mezcla de 0,05 g de limadura de hierro y 0,05 g poliacrilato de sodio (50/50 en peso), y una pequeña cantidad de agua para acelerar la reactividad del *sachet* al contacto con  $O_2$ . El *sachet* está fijado a la parte interna de una tapa rosca con una lámina plástica de acrílico perforada y sellada en la tapa. Las perforaciones permiten el libre intercambio de gas con el espacio de cabeza del envase para posibilitar la captura de  $O_2$ . La capacidad del envase es de 250 ml de aceite (ver figura 82).



**Figura 82.** Empaque propuesto para aceite de aguacate

Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

#### Desarrollo de los elementos y materiales de empaque

Para el desarrollo del elemento activo de captura de oxígeno se realizaron los siguientes experimentos:

#### Determinación de capacidad de captura de $O_2$ para partículas de hierro

Con el fin de determinar la capacidad de captura de hierro en un ambiente de oxígeno, se usaron 2 recipientes de vidrio herméticos de aproximadamente 420 ml, en los cuales se incorporaron 2 cantidades diferentes de partículas de hierro (0,50 y 0,12g). Dichas partículas fueron obtenidas a partir de la trituración de lana de acero al carbono (esponjillas de brillo).



Previo al cierre de los recipientes, las partículas fueron humedecidas con unos mililitros de agua de modo que se favoreciera la reacción de oxidación y, por tanto, el consumo de oxígeno. Adicionalmente, se realizó un ensayo en el que no se adicionó agua, para poder evaluar su comportamiento con respecto a las demás muestras. Los recipientes fueron almacenados a 20 °C por 7 días. El oxígeno disponible en el recipiente fue medido diariamente con un equipo medidor de O<sub>2</sub> (OpTech- O<sub>2</sub> ModelP), usando un sensor de platino.

Luego de 7 días de reacción, los mililitros de consumo de O<sub>2</sub> por gramo de hierro para la muestra de 0,12 g Fe y 0,5 g Fe fueron de 62,5 mlO<sub>2</sub>/g Fe, y 23,1 mlO<sub>2</sub>/g Fe, respectivamente. La muestra sin adición de agua no presentó cambios significativos en el consumo de oxígeno.

En esta etapa se concluyó que la presencia de agua facilita la reacción de oxidación del hierro, mientras que la ausencia de humedad no permite apreciar cambios perceptibles en la oxidación de hierro (al menos durante el tiempo de reacción evaluado). Por otro lado, la cantidad de hierro a adicionar para este propósito depende del área con el cual pueda tener contacto con el aire. Si bien las pruebas que se realizaron con mayor cantidad de hierro absorbieron un mayor volumen de aire, mucho de este material quedó sin reaccionar y, por tanto, quedó inutilizable. En contraste, cuando se adicionó una menor cantidad de hierro, se logró una mayor relación de mlO<sub>2</sub> absorbidos por gramo de Fe utilizados.

#### **Capacidad de captura de O<sub>2</sub> para la mezcla Fe + PAS**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa anterior, se evidencia la importancia de la presencia de agua en el medio de reacción y, por tanto, de la captura de oxígeno. Por esta razón se plantea el uso de un material adicional que pueda atrapar vapor de agua del medio y catalice la reacción de oxidación de las partículas de hierro. Para este propósito se selecciona el poliacrilato de sodio (PAS), un polímero con un alto poder de absorción de agua.

Para determinar la capacidad de captura de O<sub>2</sub> de la mezcla de hierro y PAS, se emplearon 3 recipientes herméticos de aproximadamente 420 ml, en los cuales se adicionó una mezcla de partículas de hierro y PAS en 3 relaciones en peso (100:0, 80:20 y 50:50), en presencia de 1 ml de H<sub>2</sub>O. A diferencia de la etapa anterior, el agua no fue colocada en contacto directo con el hierro, sino que se dejó en el fondo del recipiente de modo que el PAS la absorbiera en forma de vapor, y fuera este vapor el que favoreciera la oxidación del hierro. Esta configuración se realizó con el ánimo de simular un ambiente similar al que estará expuesta la matriz de captura de oxígeno en el recipiente de aceite. Posteriormente, cada uno de los recipientes fue sellado y almacenado a 20 °C por 10 días, durante los cuales el oxígeno disponible en el espacio vacío fue medido diariamente con un equipo OpTech- O<sub>2</sub> ModelP.

Luego de los 10 días de reacción, se encontró que la cantidad de O<sub>2</sub> absorbida mejora con el aumento de PAS presente en la mezcla. Así, la cantidad de oxígeno absorbido por cada gramo de muestra (Fe+ PAS) para las relaciones 100:0, 80:20 y 50:50 fue de 4,5 mlO<sub>2</sub>/g Fe-PAS, 15,6 mlO<sub>2</sub>/g Fe-PAS, y 20,05 mlO<sub>2</sub>/g Fe-PAS, respectivamente.



### **Capacidad de captura de O<sub>2</sub> para la mezcla Fe + PAS + AA**

Finalmente, como una alternativa de mejora del sistema de captura de oxígeno, se evaluó la adición de ácido ascórbico (AA) a la mezcla de hierro y PAS, debido a su reconocido uso como captador de oxígeno.

En esta etapa, se tomó la mejor combinación obtenida en la etapa anterior (Fe: PAS 50:50) y la cantidad de hierro en la mezcla compuesta por hierro y AA se repartió en relaciones 100:0, 90:10 y 70:30 en peso. El montaje y el procedimiento realizado fue similar al de la etapa 2, usando envases herméticos de 420 ml. Los recipientes fueron sellados y almacenados a 20 °C por 15 días. El oxígeno disponible en el espacio vacío fue medido diariamente con un equipo OpTech- O<sub>2</sub> ModelP.

Para estos ensayos se presenta un resultado atípico en la tendencia de consumo de oxígeno en el medio, ya que en un principio la concentración de oxígeno disminuye rápidamente, pero luego de un tiempo la tendencia de la curva no es ni decreciente ni constante, sino que la concentración de oxígeno empieza a aumentar. Este fenómeno es consecuencia de la reacción de equilibrio que se presenta cuando el ácido ascórbico entra en contacto con el oxígeno. Al inicio, el ácido ascórbico empieza a consumir rápidamente el oxígeno para formar ácido dehidroascórbico y agua. En condiciones normales (en ausencia de Fe: PAS), el ácido dehidroascórbico continuaría oxidándose hasta formar ácido 2,3 diceto L-Gulónico en una reacción irreversible. Sin embargo, la presencia de PAS aumenta la cantidad de agua en el medio, de modo que la reacción inicial se desplaza en sentido opuesto favoreciendo la generación de reactivos. Por esta razón, la concentración de oxígeno disminuye rápidamente, pero luego vuelve a aumentar hasta estabilizarse en valores cercanos al 19 % de O<sub>2</sub>. Así, aunque el ácido ascórbico es un buen agente para la captación de O<sub>2</sub>, y en presencia de Fe mejora su velocidad de oxidación, la presencia de PAS en el medio genera que la reacción de oxidación del ácido dehidroascórbico no se lleve a cabo y, en cambio, se desplace en sentido opuesto a la reacción de equilibrio, favoreciendo la formación de reactivos y, por tanto, la liberación de O<sub>2</sub>.

Finalmente, luego de los resultados obtenidos en las 3 etapas evaluadas, se concluye que la mejor combinación de Fe: PAS: AA para la preparación del elemento captador de oxígeno es de 50:50:0 en peso.

#### **3.2.2.1 Reporte de pruebas de almacenamiento**

Para la evaluación del elemento captador de oxígeno (Fe: PAS) en el aceite de aguacate, se realizaron 2 ensayos de almacenamiento con diferentes configuraciones de empaque, tal como se describen a continuación:

#### **Elemento activo Fe: PAS**

El elemento activo empleado para las pruebas de almacenamiento fue empacado en papel para bolsas de té, en una proporción 50:50 de hierro y poliacrilato de sodio, empleando en



promedio 0,05 g Fe y 0,05 de PAS. Dichos empaques fueron incorporados en la tapa de los recipientes destinados para el almacenamiento del aceite y cubiertos con una película de acetato con perforaciones que permitieran el flujo de oxígeno desde el espacio de cabeza hasta el empaque activo (ver figura 83).



**Figura 83.** Montaje del elemento activo en la tapa de los recipientes de almacenamiento de aceite

Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

Las botellas empleadas para esta prueba fueron botellas de vidrio de 230 ml (ver figura 84), con las cuales se buscó simular las condiciones a las cuales estaría expuesto el aceite evaluando 2 condiciones de espacio de cabeza (30 y 50 ml)<sup>1</sup>. En cada botella se dispuso 220 ml y 170 ml de aceite, respectivamente, realizando la prueba por triplicado. Las botellas fueron almacenadas por 8 días en un espacio oscuro, seco y fresco.



**Figura 84.** Botellas con aceite para ensayos de almacenamiento con elemento activo

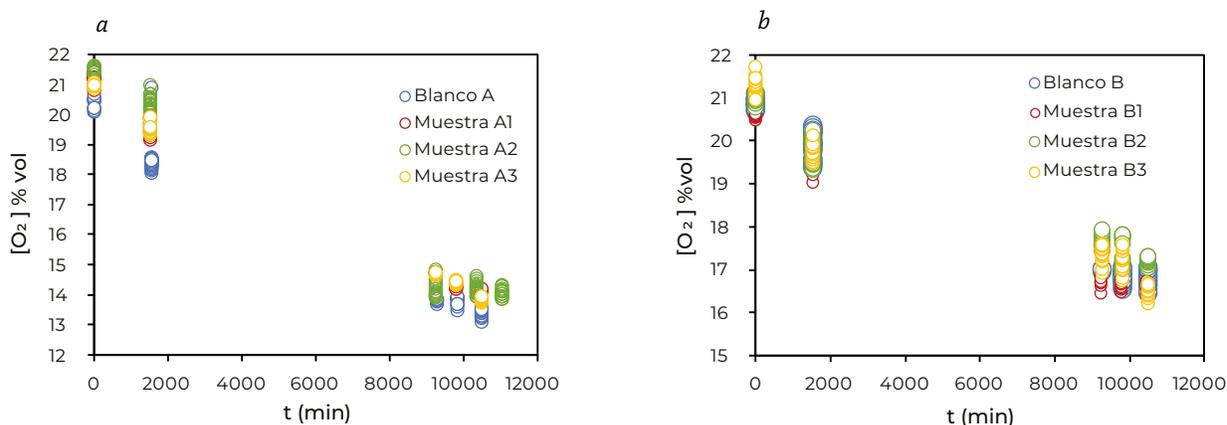
Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

Para determinar el cambio en la concentración de oxígeno en el espacio de cabeza de estos recipientes se usó el equipo OpTech- O<sub>2</sub> ModelP, y se empleó un recipiente sin

1 Para las pruebas no se usaron botellas de pet ámbar, ya que el aparato de medición de concentración de O<sub>2</sub> no permitía realizar medidas sobre dichos empaques de PET.



elemento activo como blanco, en cada una de las 2 condiciones de espacio de cabeza evaluadas. Los resultados obtenidos en esta etapa mostraron una disminución en la cantidad de oxígeno en el espacio de cabeza de los recipientes, tal como se presenta en las figuras 85a y 85b.



**Figura 85.** Resultados de los cambios de concentración en recipientes de almacenamiento de aceite. Fe+PAS. (a) Ensayo espacio de cabeza de 30 ml. (b) Ensayo espacio de cabeza de 50 ml

Fuente: elaborado por Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

Sin embargo, la atribución de este consumo de oxígeno no se debe al empaque activo, ya que al observar los blancos (recipientes sin empaque activo) se puede apreciar que presentan un consumo de oxígeno similar al de los demás recipientes evaluados. Es decir, la disminución de oxígeno es en gran parte debido a que el  $O_2$  presente en el espacio vacío del recipiente tiende a diluirse en el aceite antes de reaccionar con el hierro depositado en la tapa y, dada probablemente la resistencia a la transferencia de masa que presenta la envoltura del empaque activo, el proceso oxidativo es más lento que la misma dilución en el aceite.

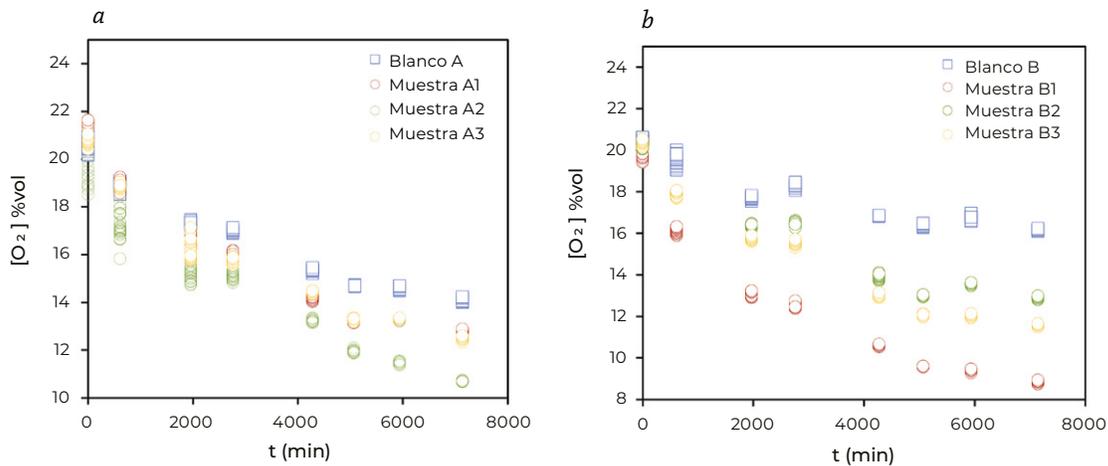
### Elemento activo Fe+PAS+Agua

A partir de los resultados obtenidos en los experimentos de almacenamiento descritos previamente, se plantea una forma de acelerar la oxidación a partir de la adición de gotas de agua al empaque activo preparado en relaciones 50:50 en peso de partículas de hierro y PAS. De este modo se emplean botellas de vidrio de 230 ml en las cuales se evaluaron 2 condiciones de espacio de cabeza (30 y 50 ml)<sup>2</sup>. En cada botella se dispusieron 220 ml y 170 ml de aceite, respectivamente, realizando la prueba por triplicado. Las botellas fueron almacenadas por 4 días en un espacio oscuro, seco y fresco.

2 Para las pruebas no se usaron botellas de PET ámbar, ya que el aparato de medición de concentración de  $O_2$  no permitía realizar medidas sobre dichos empaques de PET.



El cambio en la concentración de oxígeno en el espacio de cabeza de estos recipientes se determinó con el medidor OpTech- O<sub>2</sub> ModelP, y se empleó 1 recipiente sin elemento activo como blanco en cada una de las 2 condiciones de espacio de cabeza evaluadas y 1 recipiente con el empaque activo, pero en una botella vacía, con el fin de determinar qué tanto O<sub>2</sub> puede absorber el *sachet*. Los resultados obtenidos en esta etapa se presentan en las figuras 86a y 86b. La figura 86a corresponde a los ensayos realizados para una muestra con un espacio de cabeza de 30ml, y la 86b a un espacio cabeza de 50 ml.



**Figura 86.** Resultados de los cambios de concentración en recipientes de almacenamiento de aceite Fe+PAS+Agua. a) Ensayo espacio de cabeza de 30 ml. b) Ensayo espacio de cabeza de 50 ml

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo presentado en la figura 86a, se observa un comportamiento decreciente en la concentración de O<sub>2</sub>, tanto para las muestras con el elemento captador de oxígeno como para las que no lo usan. Sin embargo, a diferencia del ensayo anterior, la reducción de oxígeno para los recipientes que contienen la mezcla Fe: PAS es mayor que la reportada para el blanco. Esto muestra cómo la adición de agua es fundamental para favorecer la efectividad en la captura de O<sub>2</sub> del empaque. De hecho, mientras el blanco decrece hasta un 14 % en vol de O<sub>2</sub> (6,6 ml O<sub>2</sub> capturado), las demás muestras alcanzan un valor cercano a 11 % (8,84 ml O<sub>2</sub>).

En el ensayo con un espacio de cabeza de 50 ml (ver figura 86b) se observa un comportamiento decreciente muy similar al del ensayo de 30 ml. No obstante, para el blanco, la reducción de oxígeno es ligeramente menor, como consecuencia de un mayor volumen de oxígeno disponible (16 % vol). Por otro lado, para las muestras B2 y B3, la concentración de oxígeno es menor a la alcanzada en el blanco debido a la oxidación del elemento activo, lo que produce valores cercanos al 12 % vol O<sub>2</sub>. En estas 2 muestras, 4 % del volumen removido es promovido por el elemento activo empleado.



**Tabla 38.** Porcentaje de O<sub>2</sub> absorbido por el captador de O<sub>2</sub> (Fe+PAS+H<sub>2</sub>O)

Muestra	Fe (g)	PAS (g)	%O <sub>2</sub> vol. consumido por el elemento activo
A	0	0	-
A1	0,0526	0,0497	2,31
A2	0,0534	0,0536	2,62
A3	0,0511	0,0526	1,79
B	0	0	-
B1	0,0536	0,0545	6,545
B2	0,059	0,0562	3,18
B3	0,061	0,0573	4,450

Fuente: elaboración propia.

En la muestra B1, el porcentaje de oxígeno consumido es mayor que en las demás muestras del espacio de cabeza de 50 ml e inclusive menor al de 30 ml. Esto se debe a que, en el momento del montaje, la cantidad de agua adicionada fue un poco mayor que la añadida en las demás repeticiones, lo que evidencia la importancia de la presencia de agua en el ambiente de reacción para facilitar la oxidación. La cantidad de O<sub>2</sub> absorbido por el agente activo en cada uno de los recipientes evaluados se presenta en la tabla 38.

Finalmente, se concluye que, de los experimentos realizados, la mejor combinación es Fe: PAS: AA de 50:50:0 en peso, ya que presentó los mejores resultados de captura de O<sub>2</sub>. Como se evidenció en el ensayo de máxima remoción de oxígeno, el agua inicial adicionada en el dispositivo captador de O<sub>2</sub> es fundamental para la efectiva remoción del O<sub>2</sub> en el espacio cabeza, ya que por sí sola la mezcla de Fe: PAS no presenta una velocidad de reacción lo suficientemente rápida para capturar el O<sub>2</sub> presente en la muestra. Por este motivo, se recomienda en futuros ensayos evaluar el dispositivo con mayor contenido de agua inicial, de modo que se pueda acelerar la velocidad de oxidación del Fe en el agente activo. Por otro lado, la presencia de poliacrilato en la muestra es de gran importancia, ya que retiene el agua en el *sachet*, favoreciendo la oxidación, evitando probablemente que el agua inicial adicionada migre hacia la muestra de aceite.

#### Vida útil estimada

Para este producto se estima una vida útil de 3-6 meses conservado a una temperatura ambiente moderada (5-20 °C) y en condiciones de baja luz día.



### 3.2.3 Ficha técnica del producto

#### Ficha técnica

#### Propuesta de empaque para aceite de aguacate tipo Hass

Adriana L. Rodríguez, Diana C. Moncayo, Adriana I. Rada, Diego A. Castellanos  
Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (Icta)

#### Características del producto (fruta procesada)

El aceite de aguacate Hass es un aceite vegetal natural rico en nutrientes como omegas 3, 6 y 9, vitamina E y antioxidantes (Flores *et al.*, 2019; Santos y Fernandes, 2020). Este aceite es extraído de la pulpa de aguacate Hass por secado con ventana de refractancia y prensado en frío. El prensado en frío asegura la estabilidad de los ácidos grasos insaturados (ácido oleico, palmítico y linoleico), así como la conservación de los compuestos bioactivos del aguacate, tocoferoles, vitamina E, polifenoles y carotenoides (Berasategi *et al.*, 2012), pues en este proceso las temperaturas empleadas evitan la degradación de sus nutrientes y no se emplean tratamientos químicos que puedan afectar su composición natural.

El aceite posee un color transparente verdoso, un olor característico (al fruto) y un sabor con notas verdes, afrutado y dulce. Estas características lo hacen ideal en la cocina, principalmente para aderezar, saltear y sofreír, y en la preparación de salsas y vinagretas.



**Figura 87.** Aceite de aguacate Hass

Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).

#### Descripción del producto empacado

El aceite vegetal de aguacate es obtenido por secado con ventana de refractancia y prensado en frío a partir de la pulpa deshidratada de aguacate de variedad Hass.



### Características principales del producto

#### Parámetros fisicoquímicos

- Acidez libre (% ácido oleico):  $0,38 \pm 0,01$ - $0,70 \pm 0,11$  %.
- Índice de acidez (mg KOH/g aceite):  $0,77 \pm 0,04$ - $1,47 \pm 0,20$ .
- Índice de refracción:  $1,469 \pm 0,001$ .
- Densidad:  $0,931 \pm 0,001$ - $0,937 \pm 0,007$ .
- Valor peróxido:  $0,19 \pm 0,02$ / $1,46 \pm 0,92$ .
- Contenido de humedad (% b. h.):  $0,13$ - $0,38$ .
- Índice de anisidina:  $5,65 \pm 0,30$ ,  $19,63 \pm 2,76$ .
- Apariencia: el aceite de aguacate es un líquido translúcido, de color amarillo-dorado con tonos verdes y olor y sabor característicos del fruto.

Fuente: Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle (2021).

### Valor nutricional del producto

El aceite de aguacate es un producto considerado buena fuente de energía, bajo en calorías y sodio (Restrepo Duque *et al.*, 2012). Además, presenta un alto contenido de ácidos grasos polinsaturados (omega 3, 6 y 9) y vitaminas (principalmente tocoferoles, precursores de la vitamina E, y carotenoides, precursores de la vitamina A). Algunos estudios reportan hasta más de 20 nutrientes esenciales asociados a la inhibición de enfermedades como tumores cancerígenos (Ding, 2007), excelentes propiedades antioxidantes y buenos efectos en la reducción del colesterol, la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares (Pérez *et al.*, 2005).

Debido al alto valor nutricional, se ha señalado que el aceite de aguacate podría incluirse en la formulación de alimentos funcionales por su alto valor nutricional.

En la tabla 39 se detalla la composición química de este aceite.

**Tabla 39.** Composición química aproximada del aceite de aguacate.

Compuesto	Valor
$\alpha$ -tocoferol*	0,30
<b>Ácidos grasos**</b>	
C16:0	15,71 %
C16:1	7,26 %
C18:0	0,72 %
C18:1t	0,30 %
C18:1	60,28 %
C18:2t	0,04 %
C18:2	13,66 %
C18:3	1,44 %
C20:0	-
C20:1	0,21 %
C20:2	0,11 %

\*Concentración de  $\alpha$ -tocoferol (mg/100 g de aceite de aguacate) (Florez-Arroyave, 2017).

\*\*Valores porcentuales (%) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos del aceite de aguacate variedad Hass extraído con hexano y calor 70 °C durante 4 h (Ariza-Ortega *et al.*, 2011; Ortiz-Moreno *et al.*, 2003).



### Descripción del proceso de elaboración del producto

El proceso de elaboración del aceite vegetal de aguacate incluye las siguientes etapas:

**Selección:** los aguacates se seleccionan visualmente por el color negro de la cáscara que corresponde a la madurez de consumo. La dureza debe verificarse por una prueba de resistencia a la penetración, con valores óptimos entre 4 y 5 N.

**Lavado y desinfección:** el lavado se hace con agua potable para remover materiales extraños e insectos. Se usa una solución desinfectante de ácido peracético o hipoclorito de sodio a la concentración sugerida por el fabricante y se deja actuar por 5 min.

**Despulpado:** se separan la cáscara y la semilla del fruto.

**Secado:** la pulpa se deshidrata por ventana de refractancia entre 70-90 °C y por 5-7 h.

**Prensado:** se realiza un proceso de extracción por prensado en frío, mediante el uso de una prensa hidráulica que comprime la pulpa seca de aguacate a una presión de 4000-7000 psi.

Fuente: Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle (2021).

### Características del empaque

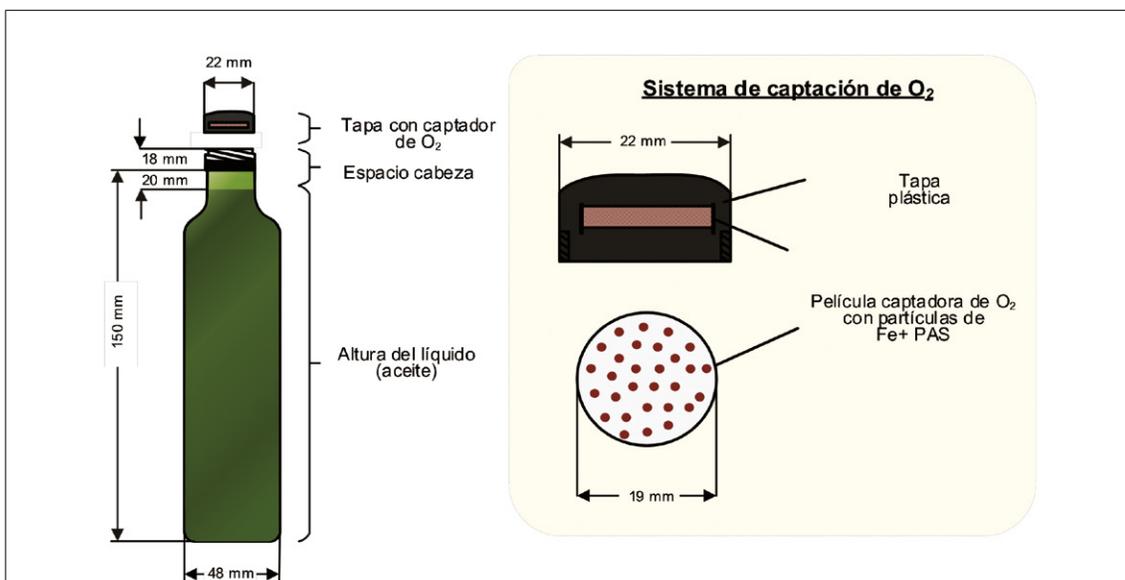
Envase tipo botella de PET de color ámbar opaco con una almohadilla activa absorbente de O<sub>2</sub> en el interior de la tapa rosca del envase. La almohadilla activa incluye una mezcla de limadura de hierro y poliacrilato de sodio (PAS), 50:50 en peso.

La almohadilla activa reduce las reacciones de oxidación que sufre el aceite durante el almacenamiento y consumo, que causan rancidez. Esto evita el deterioro de aspectos sensoriales como sabor, textura, color y valor nutricional. Por otro lado, el color ámbar del recipiente evita la oxidación de componentes como tocoferoles y fitoesteroles, causada por la exposición a la luz, y la forma geométrica retarda la precipitación de agentes insolubles presentes en el aceite. La capacidad del envase es de 250 cm<sup>3</sup>.



**Figura 88.** Empaque propuesto para aceite de aguacate tipo Hass

Fuente: elaboración propia. Fotografía: Rada, A.; Castellano, D.; Moncayo, D. y Rodríguez, A. (2020).



**Figura 89.** Diagrama del sistema de empaque propuesto para aceite de aguacate tipo Hass

Fuente: elaboración propia.

#### Condiciones de almacenamiento recomendadas

Se recomienda almacenar el producto en un lugar fresco y seco, aislado de humedad, entre 10 y 20 °C, y en condiciones de baja luz día. La temperatura en el almacenamiento no debe exceder 28 °C.

#### Vida útil estimada

Se estima que la vida útil del aceite de aguacate oscila entre 3 y 6 meses.

#### Referencias

- Ariza-Ortega, J., López Valdez, F., Coyotl Huerta, J., Ramos Cassellis, M., Díaz Reyes, J. y Martines Zavala, A. (2011). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(2), 263-276.
- Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D. y Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132(1), 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.018>
- Ding, H. (2007). Chemopreventive characteristic of avocado fruit. *Seminars in Cancer Biology*, 17(5), 386-394.
- Escuela de Ingeniería de Alimentos (EIA). (2021). *Ficha técnica: Aceite de aguacate Hass*. Universidad del Valle.
- Flores, M., Saravia, C., Vergara, C. E., Ávila, F., Valdés, H. y Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado oil: Characteristics, properties, and applications. *Molecules*, 24(11), 1-21. <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>
- Ortiz-Moreno, A., Dorantes, L., Galíndez, J. y Guzmán, R. (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2216-2221.
- Pérez, R., Villanueva, S. y Cosío, R. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *E-Gnosis*, 3, 0-11.
- Restrepo Duque, A., Londoño-Londoño, J., González Álvarez, D., Benavides Paz, Y. y Cardona Salazar, B. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: Una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 9, 151-161.
- Santos, V. da S. y Fernandes, G. D. (2020). Cold pressed avocado (*Persea americana* Mill.) oil. En M. F. Ramadan. *Cold Pressed Oils* (pp. 405-428). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818188-1.00037-2>

## 4. ANEXOS

### 4.1. Anexos a la sección 2.1

**Tabla 40.** Propiedades fisicoquímicas del aguacate Hass durante el almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (días)	Humedad relativa (%)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Pérdida de peso (%)	Firmeza (N)	L* de la cáscara	a* de la cáscara	b* de la cáscara	C de la cáscara
0	80	5	0,0 ± 0,0	26,4 ± 2,2	14,7 ± 2,3	-4,1 ± 0,3	10,8 ± 2,9	11,5 ± 2,7
		7	0,0 ± 0,0	26,4 ± 2,2	14,7 ± 2,3	-4,1 ± 0,3	10,8 ± 2,9	11,5 ± 2,7
		9	0,0 ± 0,0	28,1 ± 1,0	13,4 ± 1,8	-5,1 ± 0,3	11,0 ± 1,5	12,2 ± 1,4
	90	5	0,0 ± 0,0	27,6 ± 1,3	13,4 ± 1,8	-5,1 ± 0,3	11,0 ± 1,5	12,2 ± 1,4
		7	0,0 ± 0,0	28,1 ± 1,0	13,4 ± 1,8	-5,1 ± 0,3	11,0 ± 1,5	12,2 ± 1,4
		9	0,0 ± 0,0	28,1 ± 1,0	13,4 ± 1,8	-5,1 ± 0,3	11,0 ± 1,5	12,2 ± 1,4
5	80	5	0,9 ± 0,5b	27,5 ± 1,6ab	13,6 ± 1,9ab	-4,0 ± 0,6	11,9 ± 1,8	12,6 ± 1,7
		7	1,0 ± 0,3b	25,7 ± 1,2b	15,2 ± 1,8b	-4,5 ± 0,9	13,0 ± 2,7	13,7 ± 2,7
		9	1,3 ± 0,2a	28,6 ± 1,6a	14,3 ± 2,0a	-5,2 ± 1,2	11,7 ± 3,1	12,8 ± 3,3
	90	5	0,8 ± 0,5b	29,1 ± 1,3a	13,9 ± 2,2ab	-4,4 ± 0,9	10,2 ± 2,9	11,2 ± 2,9
		7	0,8 ± 0,4b	28,9 ± 1,2a	14,7 ± 2,4b	-5,1 ± 0,6	13,0 ± 3,0	13,9 ± 3,0
		9	1,3 ± 0,2a	28,6 ± 1,6a	14,3 ± 2,0a	-5,2 ± 1,2	11,7 ± 3,1	12,8 ± 3,3
10	80	5	2,1 ± 0,9b	26,8 ± 2,0	14,5 ± 1,8	-4,9 ± 0,8	13,6 ± 1,3a	14,5 ± 1,2a
		7	2,1 ± 0,4b	25,7 ± 1,7	15,1 ± 1,1	-4,8 ± 0,5	14,1 ± 1,1a	14,9 ± 1,0a
		9	3,3 ± 0,7a	27,6 ± 2,5	14,5 ± 1,4	-4,8 ± 0,4	10,0 ± 1,8b	11,1 ± 1,7b
	90	5	1,6 ± 0,7b	27,4 ± 1,4	14,0 ± 2,9	-4,5 ± 0,7	9,6 ± 2,4b	10,6 ± 2,5b
		7	1,7 ± 0,5b	26,9 ± 1,1	14,8 ± 1,4	-4,1 ± 0,4	7,9 ± 1,2b	8,9 ± 1,2b
		9	3,3 ± 0,7a	27,6 ± 2,5	14,5 ± 1,4	-4,8 ± 0,4	10,0 ± 1,8b	11,1 ± 1,7b
15	80	5	3,3 ± 1,4b	25,3 ± 0,6c	13,8 ± 2,3	-4,5 ± 0,9	12,1 ± 1,4a	12,9 ± 1,5a
		7	3,2 ± 0,5b	26,1 ± 0,7bc	12,8 ± 2,2	-5,5 ± 0,3	12,7 ± 0,2a	13,8 ± 0,2a
		9	5,1 ± 1,2a	27,2 ± 0,8ab	14,4 ± 2,0	-4,5 ± 1,0	10,5 ± 0,9a	11,4 ± 1,0a
	90	5	2,5 ± 1,0b	27,2 ± 0,9ab	14,9 ± 1,1	-4,8 ± 0,4	10,5 ± 2,1b	11,6 ± 2,0b
		7	2,7 ± 0,6b	27,5 ± 0,8a	15,2 ± 1,9	-4,3 ± 1,4	10,7 ± 2,3b	11,6 ± 2,4b
		9	5,1 ± 1,2a	27,2 ± 0,8ab	14,4 ± 2,0	-4,5 ± 1,0	10,5 ± 0,9b	11,4 ± 1,0b
20	80	5	4,1 ± 1,5b	21,7 ± 4,8b	11,5 ± 1,5	-3,6 ± 0,7	10,0 ± 1,4	10,7 ± 1,5
		7	4,7 ± 0,9b	21,0 ± 4,0b	13,0 ± 2,6	-3,4 ± 2,5	11,1 ± 2,7	11,8 ± 3,0
		9	6,4 ± 1,1a	28,2 ± 1,6a	13,4 ± 2,1	-4,8 ± 0,8	12,0 ± 3,3	12,9 ± 3,3
	90	5	3,2 ± 1,2b	27,1 ± 0,7a	14,1 ± 2,7	-5,1 ± 0,5	11,3 ± 2,2	12,4 ± 2,2
		7	3,6 ± 0,7b	28,3 ± 1,2a	12,2 ± 3,2	-4,2 ± 1,2	9,4 ± 1,8	10,3 ± 2,0
		9	6,4 ± 1,1a	28,2 ± 1,6a	13,4 ± 2,1	-4,8 ± 0,8	12,0 ± 3,3	12,9 ± 3,3

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 41.** Propiedades fisicoquímicas del aguacate Hass durante el almacenamiento (cont.)

Tiempo de almacenamiento (días)	Humedad relativa (%)	Temperatura de almacenamiento (°C)	h de la cáscara	L* de la pulpa	a* de la pulpa	b* de la pulpa	C de la pulpa	h de la pulpa
0	80	5	-87,6 ± 1,0	31,7 ± 6,1	-1,2 ± 1,1	26,4 ± 4,0	26,4 ± 4,0	-59,9 ± 73,4
		7	-87,6 ± 1,0	31,7 ± 6,1	-1,2 ± 1,1	26,4 ± 4,0	26,4 ± 4,0	-59,9 ± 73,4
		9	-87,5 ± 0,5	32,4 ± 1,2	-1,4 ± 0,6	26,3 ± 1,4	26,4 ± 1,4	-89,9 ± 0,0
	90	5	-87,5 ± 0,5	32,4 ± 1,2	-1,4 ± 0,6	26,3 ± 1,4	26,4 ± 1,4	-89,9 ± 0,0
		7	-87,5 ± 0,5	32,4 ± 1,2	-1,4 ± 0,6	26,3 ± 1,4	26,4 ± 1,4	-89,9 ± 0,0
		9	-87,5 ± 0,5	32,4 ± 1,2	-1,4 ± 0,6	26,3 ± 1,4	26,4 ± 1,4	-89,9 ± 0,0
		5	-88,3 ± 0,5	32,6 ± 7,0	-2,7 ± 1,1b	23,8 ± 2,2b	24,0 ± 2,2b	-89,7 ± 0,1
		7	-88,4 ± 0,5	30,3 ± 3,3	-2,8 ± 0,5b	22,7 ± 1,8b	22,9 ± 1,8b	-89,7 ± 0,1
		9	-87,7 ± 0,8	35,6 ± 2,4	-2,2 ± 0,8b	25,7 ± 2,0b	25,8 ± 2,0b	-89,8 ± 0,1
5	90	5	-87,2 ± 1,2	33,9 ± 3,1	-0,9 ± 2,0a	25,5 ± 1,6a	25,6 ± 1,5a	-59,9 ± 73,3
		7	-88,1 ± 0,7	31,8 ± 1,9	-2,1 ± 1,3a	25,4 ± 1,0a	25,5 ± 1,1a	-89,8 ± 0,1
		9	-87,7 ± 0,8	35,6 ± 2,4	-2,2 ± 0,8a	25,7 ± 2,0a	25,8 ± 2,0a	-89,8 ± 0,1
	80	5	-88,4 ± 0,4	29,6 ± 2,1b	-1,9 ± 0,9	24,5 ± 1,9	24,6 ± 1,8	-89,8 ± 0,1
		7	-88,6 ± 0,3	30,4 ± 1,5ab	-1,3 ± 0,5	23,7 ± 2,0	23,8 ± 2,0	-89,9 ± 0,0
		9	-87,1 ± 1,0	33,3 ± 3,4a	-0,8 ± 0,3	26,0 ± 2,5	26,1 ± 2,5	-89,9 ± 0,0
		5	-86,9 ± 0,9	31,4 ± 1,9b	-1,1 ± 1,3	25,2 ± 1,0	25,2 ± 1,1	-29,9 ± 92,9
		7	-86,1 ± 1,0	31,9 ± 2,1ab	-0,5 ± 0,9	25,9 ± 2,5	25,9 ± 2,5	0,1 ± 98,5
		9	-87,1 ± 1,0	33,3 ± 3,4a	-0,8 ± 0,3	26,0 ± 2,5	26,1 ± 2,5	-89,9 ± 0,0
10	80	5	-88,2 ± 0,4	32,7 ± 4,3a	-1,5 ± 0,8a	25,5 ± 3,5	25,6 ± 3,5a	-89,9 ± 0,1
		7	-88,0 ± 0,2	31,2 ± 2,8a	-2,8 ± 1,1a	26,2 ± 1,5	26,4 ± 1,5a	-89,8 ± 0,1
		9	-87,7 ± 0,6	37,6 ± 2,9ab	-2,0 ± 1,6a	26,1 ± 3,1	26,2 ± 3,0a	-59,8 ± 73,4
	90	5	-87,3 ± 1,	38,1 ± 3,0ab	-1,1 ± 0,4b	29,0 ± 1,3	29,1 ± 1,3b	-89,9 ± 0,0
		7	-87,7 ± 1,2	38,3 ± 0,8bc	-1,3 ± 1,1b	28,4 ± 2,4	28,4 ± 2,3b	-89,9 ± 0,1
		9	-87,7 ± 0,6	37,6 ± 2,9c	-2,0 ± 1,6b	26,1 ± 3,1	26,2 ± 3,0b	-59,8 ± 73,4
		5	-87,9 ± 0,4	26,8 ± 2,1b	-1,0 ± 0,9ab	23,0 ± 2,9	23,1 ± 2,9	-89,9 ± 0,1
		7	-58,6 ± 72,4	26,7 ± 3,2b	-1,7 ± 1,3b	22,5 ± 2,0	22,6 ± 2,0	-59,8 ± 73,4
		9	-87,8 ± 0,9	29,5 ± 1,9b	-0,4 ± 0,7a	26,9 ± 3,6	26,9 ± 3,6	-60,0 ± 73,4
20	90	5	-87,5 ± 0,8	30,4 ± 6,6a	-0,9 ± 0,6ab	24,7 ± 3,3	24,7 ± 3,3	-59,9 ± 73,4
		7	-87,3 ± 0,8	33,9 ± 4,2a	-1,5 ± 0,9b	28,6 ± 3,6	28,6 ± 3,5	-89,9 ± 0,1
		9	-87,8 ± 0,9	29,5 ± 1,9a	-0,4 ± 0,7a	26,9 ± 3,6	26,9 ± 3,6	-60,0 ± 73,4

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 42.** Propiedades del aguacate con madurez de consumo

HR (%)	T. de alm. (°C)	T. de mad. (°C)	Pérdida de peso (%)	Firmeza (N)	L' cáscara	a' cáscara	b' cáscara
80	5	17	7,0 ± 2,4	4,7 ± 0,7	9,6 ± 3,1	3,0 ± 0,8	4,3 ± 1,9
		20	6,3 ± 1,9	4,2 ± 0,7	6,9 ± 3,7	1,9 ± 0,6	2,5 ± 0,8
		23	6,8 ± 1,1	4,4 ± 0,3	10,0 ± 2,4	2,8 ± 1,4	4,8 ± 2,2
	7	17	6,5 ± 1,8	4,3 ± 0,8	9,5 ± 3,0	2,3 ± 1,0	4,3 ± 0,9
		20	6,0 ± 1,7	4,6 ± 0,5	10,7 ± 1,9	1,9 ± 0,7	3,3 ± 0,6
		23	5,9 ± 1,3	4,3 ± 0,3	11,4 ± 1,2	2,9 ± 1,4	2,6 ± 0,4
	9	17	6,8 ± 1,3	4,3 ± 0,5	8,6 ± 3,1	2,1 ± 0,8	3,8 ± 0,4
		20	6,5 ± 1,7	4,3 ± 0,4	8,5 ± 1,6	1,9 ± 0,6	2,0 ± 1,0
		23	6,0 ± 1,4	4,0 ± 0,6	9,2 ± 2,7	1,6 ± 1,3	3,1 ± 1,7
90	5	17	5,4 ± 1,0	4,4 ± 0,4	8,8 ± 1,5	1,1 ± 0,7	2,2 ± 1,3
		20	6,0 ± 1,2	4,6 ± 0,8	6,3 ± 2,1	1,4 ± 0,5	2,4 ± 1,1
		23	6,6 ± 0,6	4,4 ± 0,4	8,3 ± 2,0	1,8 ± 1,0	1,5 ± 1,2
	7	17	6,6 ± 0,5	4,2 ± 0,3	7,7 ± 1,4	0,2 ± 1,1	2,9 ± 1,1
		20	6,2 ± 0,8	4,6 ± 0,9	7,5 ± 2,1	1,6 ± 0,9	3,4 ± 1,6
		23	7,2 ± 1,1	4,6 ± 0,5	5,0 ± 1,1	1,5 ± 0,5	1,8 ± 0,5
	9	17	8,2 ± 0,7	4,5 ± 0,3	9,1 ± 1,8	1,7 ± 0,9	3,3 ± 1,9
		20	8,9 ± 1,4	4,4 ± 0,5	6,4 ± 1,0	2,0 ± 0,7	3,0 ± 1,3
		23	9,3 ± 0,7	4,5 ± 0,5	8,2 ± 2,2	2,3 ± 2,3	4,0 ± 2,5

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 43.** Propiedades del aguacate con madurez de consumo (cont.)

HR (%)	T. de alm. (°C)	T. de mad. (°C)	L* pulpa	a* pulpa	b* pulpa	a <sub>w</sub>	pH	Acidez titulable	Contenido de grasa (%)
80	5	17	28,9 ± 8,0	-3,3 ± 0,8	24,9 ± 3,2	0,971 ± 0,013	6,7 ± 0,2	0,016 ± 0,005	13,7 ± 1,0
		20	29,1 ± 4,8	-1,6 ± 1,3	23,9 ± 2,6	0,974 ± 0,017	5,7 ± 2,8	0,012 ± 0,014	13,2 ± 0,8
		23	32,6 ± 1,1	-2,5 ± 2,1	25,5 ± 1,9	0,975 ± 0,005	6,6 ± 0,4	0,021 ± 0,017	13,3 ± 2,3
	7	17	30,7 ± 5,5	-2,6 ± 2,0	25,6 ± 4,0	0,959 ± 0,019	6,9 ± 0,3	0,013 ± 0,009	14,7 ± 1,9
		20	31,5 ± 2,5	-2,1 ± 0,8	23,8 ± 1,2	0,986 ± 0,013	4,6 ± 3,6	0,010 ± 0,010	12,1 ± 2,1
		23	34,8 ± 3,5	-2,6 ± 1,7	24,6 ± 3,5	0,986 ± 0,011	6,8 ± 0,3	0,017 ± 0,014	13,7 ± 1,7
	9	17	30,2 ± 3,2	-3,7 ± 0,8	20,8 ± 2,0	0,990 ± 0,011	4,5 ± 3,5	0,015 ± 0,012	12,8 ± 1,5
		20	29,7 ± 1,9	-3,6 ± 0,5	22,7 ± 2,5	0,988 ± 0,007	4,4 ± 3,4	0,014 ± 0,011	14,1 ± 1,6
		23	32,5 ± 3,3	-3,5 ± 0,9	25,1 ± 2,3	0,975 ± 0,011	5,3 ± 2,6	0,019 ± 0,015	12,5 ± 3,1
90	5	17	30,9 ± 3,6	-1,4 ± 0,7	24,9 ± 2,3	0,985 ± 0,007	7,0 ± 0,2	0,007 ± 0,004	16,3 ± 1,5
		20	29,6 ± 4,5	-2,6 ± 0,6	26,1 ± 1,3	0,976 ± 0,017	7,0 ± 0,3	0,011 ± 0,002	16,9 ± 1,8
		23	33,8 ± 5,4	-1,3 ± 0,7	27,2 ± 2,8	0,989 ± 0,005	7,0 ± 0,2	0,008 ± 0,003	17,0 ± 1,3
	7	17	32,5 ± 1,2	-1,4 ± 1,4	27,5 ± 2,0	0,997 ± 0,005	7,1 ± 0,3	0,008 ± 0,004	16,7 ± 1,7
		20	30,5 ± 2,7	-3,5 ± 1,8	26,0 ± 1,6	0,989 ± 0,008	6,9 ± 0,4	0,007 ± 0,003	16,6 ± 2,2
		23	31,2 ± 2,2	-0,6 ± 1,3	26,6 ± 3,5	0,986 ± 0,011	7,2 ± 0,4	0,005 ± 0,002	18,5 ± 2,8
	9	17	28,0 ± 4,6	-2,1 ± 0,9	24,7 ± 1,9	0,989 ± 0,009	7,0 ± 0,2	0,010 ± 0,003	16,4 ± 2,2
		20	31,0 ± 2,4	-1,1 ± 1,7	26,1 ± 1,4	0,983 ± 0,014	6,9 ± 0,3	0,008 ± 0,002	18,3 ± 3,0
		23	28,6 ± 4,2	-1,9 ± 0,9	25,7 ± 3,4	0,996 ± 0,005	6,8 ± 0,4	0,014 ± 0,009	17,5 ± 2,6

Fuente: elaboración propia.



## 4.2 Anexos a la sección 3.1: resultados estadísticos

### 4.2.1 Regresión de superficie de respuesta: rendimiento (g aceite/100 g ms) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

#### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	33,85	1,19	28,38	0,000	
[ ] de AC (%)	-3,58	1,38	-2,60	0,049	1,00
Temperatura de secado (°C)	-1,88	1,38	-1,37	0,230	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-20,01	5,93	-3,37	0,020	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	16,19	5,93	2,73	0,041	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-1,93	1,46	-1,32	0,244	1,00

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
2,92518	82,58 %	65,17 %	0,00 %

#### Análisis de varianza

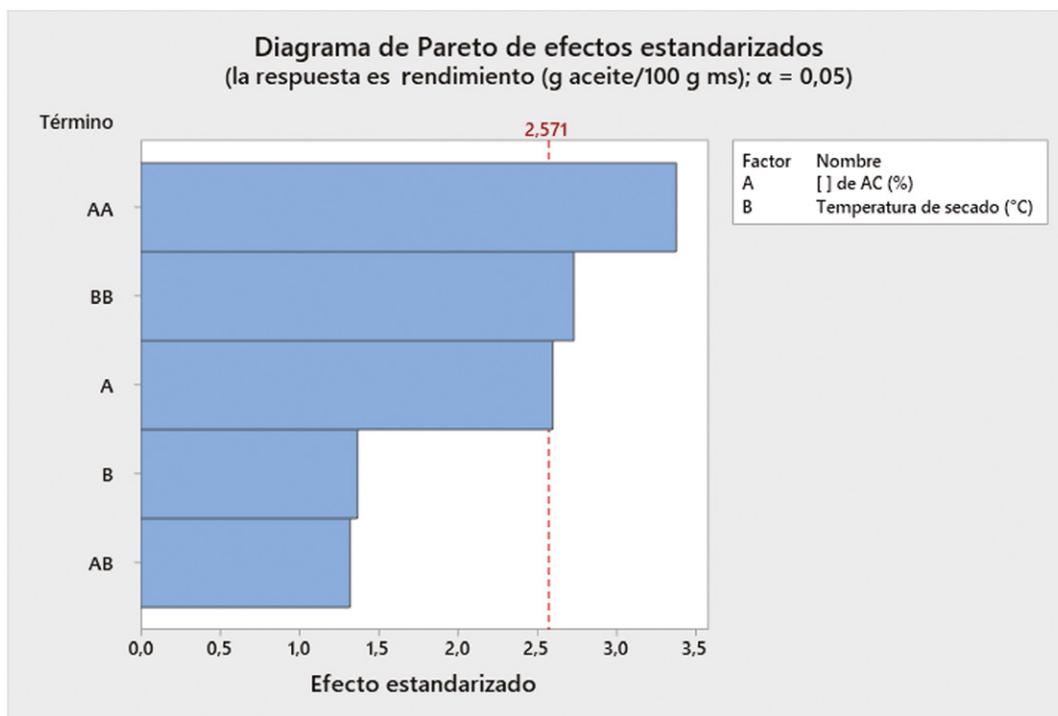
Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	202,87	40,574	4,74
Lineal	2	73,61	36,803	4,30
[ ] de AC (%)	1	57,63	57,630	6,74
Temperatura de secado (°C)	1	15,98	15,977	1,87
Cuadrado	2	114,35	57,174	6,68
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	97,38	97,381	11,38
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	63,75	63,746	7,45
Interacción de 2 factores	1	14,91	14,912	1,74
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	14,91	14,912	1,74
Error	5	42,78	8,557	
Falta de ajuste	3	19,86	6,621	0,58
Error puro	2	22,92	11,460	
Total	10	245,65		



Fuente	Valor p
Modelo	0,056
Lineal	0,082
[ ] de AC (%)	0,049
Temperatura de secado (°C)	0,230
Cuadrado	0,039
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,020
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,041
Interacción de 2 factores	0,244
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,244
Error	
Falta de ajuste	0,684
Error puro	
Total	

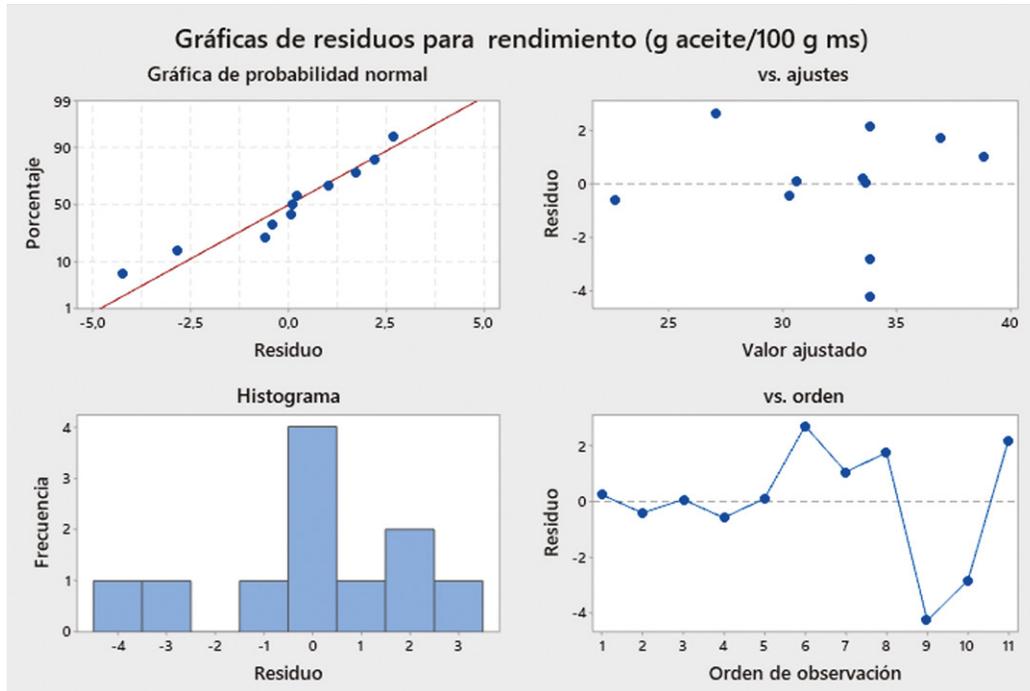
### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Rendimiento (g aceite/100 g ms)	=	$1053 + 276,8 [ ] \text{ de AC } (\%)$ $- 25,90 \text{ Temperatura de secado } (^\circ\text{C})$ $- 569 [ ] \text{ de AC } (\%) \times [ ] \text{ de AC } (\%)$ $+ 0,1619 \text{ Temperatura de secado } (^\circ\text{C}) \times \text{Temperatura de secado } (^\circ\text{C}) - 1,030 [ ]$ $\text{de AC } (\%) \times \text{Temperatura de secado } (^\circ\text{C})$
---------------------------------	---	---



**Figura 90.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 91.**

Fuente: elaboración propia.

**4.2.2 Regresión de superficie de respuesta: L\* vs. [ ] de AC (%).  
Temperatura de secado (°C)**

**Coefficientes codificados**

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	6,592	0,950	6,94	0,001	
[ ] de AC (%)	-0,46	1,10	-0,42	0,693	1,00
Temperatura de secado (°C)	-1,81	1,10	-1,65	0,161	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-7,59	4,73	-1,61	0,169	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	8,22	4,73	1,74	0,142	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,34	1,17	0,29	0,785	1,00

**Resumen del modelo**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
2,33015	54,57 %	9,14 %	0,00 %



### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	32,6111	6,5222	1,20
Lineal	2	15,6494	7,8247	1,44
[ ] de AC (%)	1	0,9522	0,9522	0,18
Temperatura de secado (°C)	1	14,6972	14,6972	2,71
Cuadrado	2	16,5128	8,2564	1,52
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	14,0022	14,0022	2,58
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	16,4361	16,4361	3,03
Interacción de 2 factores	1	0,4489	0,4489	0,08
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,4489	0,4489	0,08
Error	5	27,1480	5,4296	
Falta de ajuste	3	12,4918	4,1639	0,57
Error puro	2	14,6562	7,3281	
Total	10	59,7591		

Fuente	Valor p
Modelo	0,423
Lineal	0,320
[ ] de AC (%)	0,693
Temperatura de secado (°C)	0,161
Cuadrado	0,305
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,169
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,142
Interacción de 2 factores	0,785
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,785
Error	
Falta de ajuste	0,688
Error puro	
Total	

### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 L^* &= 543 + 64,2 [ ] \text{ de AC (\%)} - 13,37 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 &\quad - 216 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 &\quad + 0,0822 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 &\quad + 0,179 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}
 \end{aligned}$$

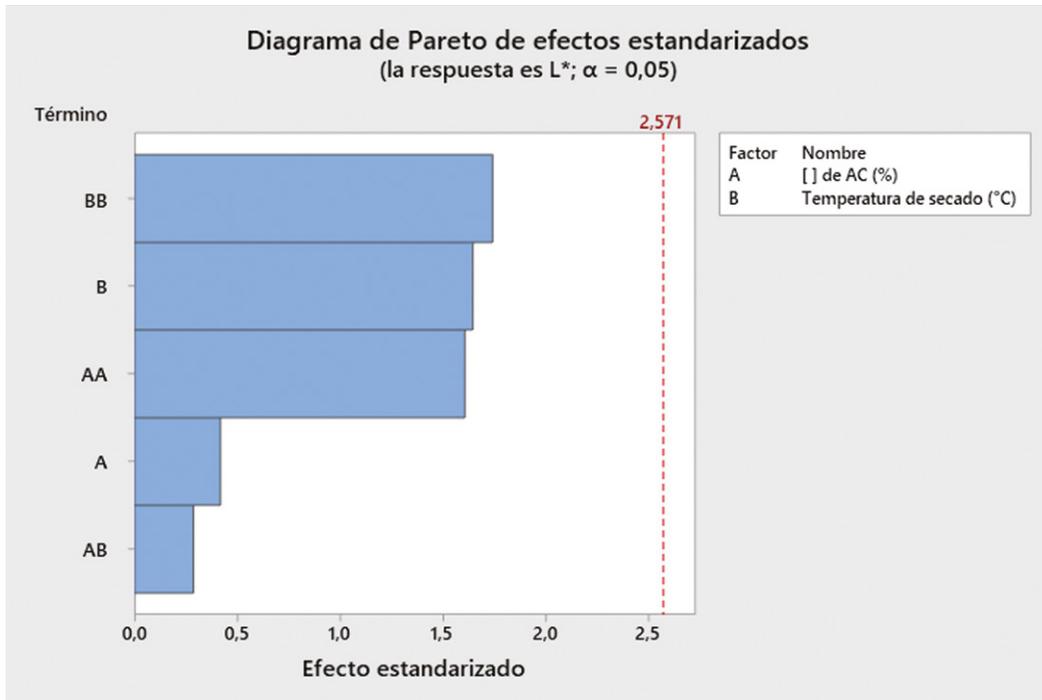


Figura 92.

Fuente: elaboración propia.

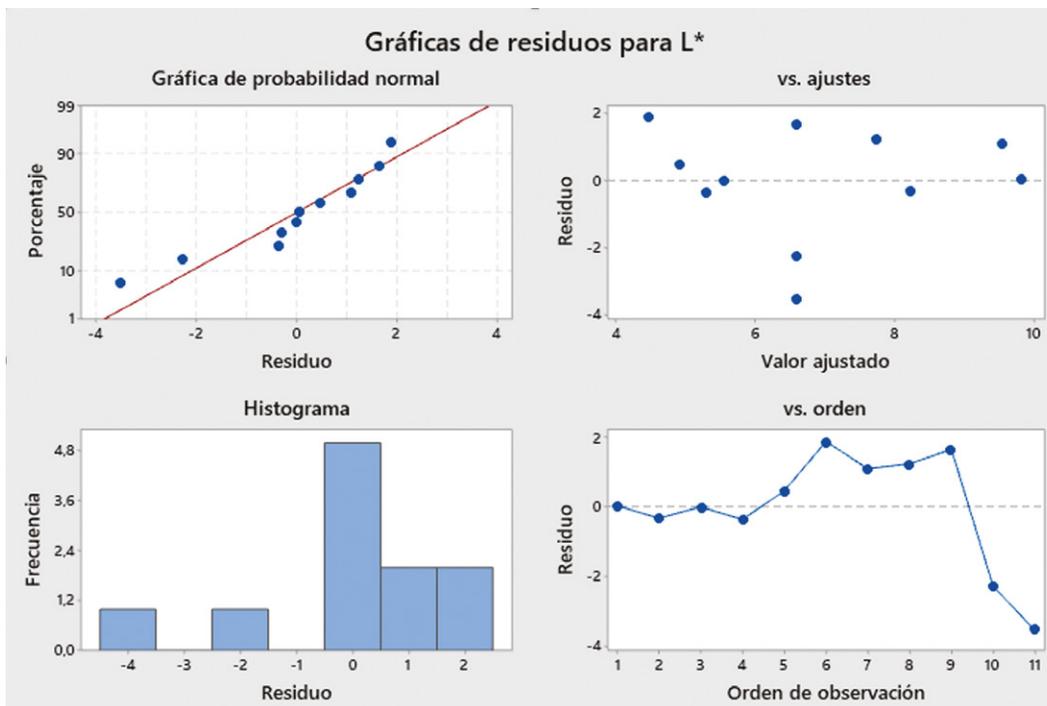


Figura 93.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.3 Regresión de superficie de respuesta: $a^*$ vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2,554	0,347	7,35	0,001	
[ ] de AC (%)	0,299	0,402	0,75	0,490	1,00
Temperatura de secado (°C)	-0,342	0,402	-0,85	0,433	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-1,37	1,73	-0,79	0,465	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1,64	1,73	0,95	0,385	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,091	0,426	0,21	0,839	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,852234	31,93 %	0,00 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

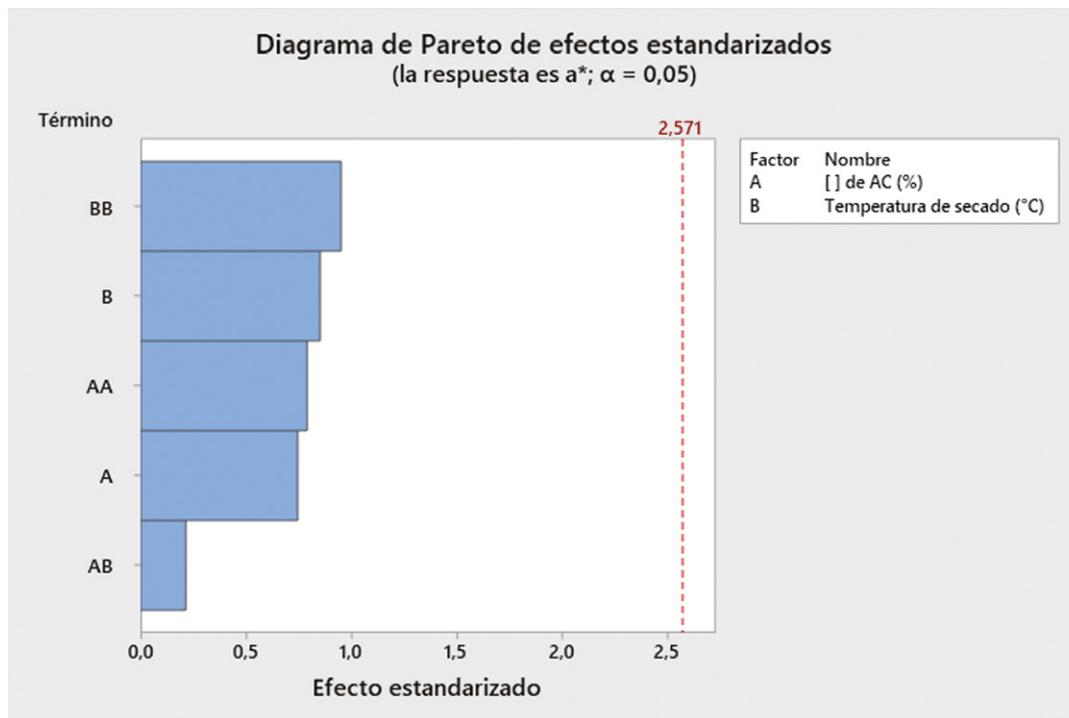
Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	1,70315	0,34063	0,47
Lineal	2	0,93052	0,46526	0,64
[ ] de AC (%)	1	0,40350	0,40350	0,56
Temperatura de secado (°C)	1	0,52702	0,52702	0,73
Cuadrado	2	0,73932	0,36966	0,51
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,45336	0,45336	0,62
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,65764	0,65764	0,91
Interacción de 2 factores	1	0,03331	0,03331	0,05
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,03331	0,03331	0,05
Error	5	3,63152	0,72630	
Falta de ajuste	3	3,57027	1,19009	38,86
Error puro	2	0,06125	0,03062	
Total	10	5,33466		



Fuente	Valor p
Modelo	0,787
Lineal	0,565
[ ] de AC (%)	0,490
Temperatura de secado (°C)	0,433
Cuadrado	0,629
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,465
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,385
Interacción de 2 factores	0,839
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,839
Error	
Falta de ajuste	0,025
Error puro	
Total	

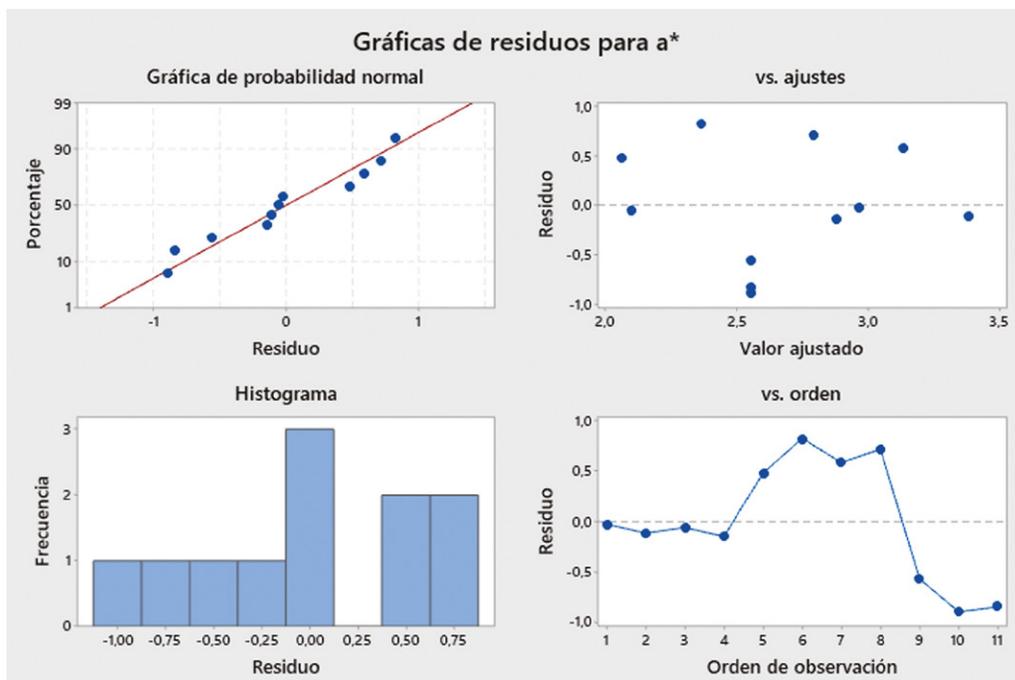
### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} a^* = & 110 + 12,3 [ ] \text{ de AC (\%)} - 2,67 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 38,8 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\ & + 0,0164 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,049 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$



**Figura 94.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 95.**

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.4 Regresión de superficie de respuesta: $b^*$ vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado ( $^{\circ}\text{C}$ )

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	11,16	1,62	6,89	0,001	
[ ] de AC (%)	-0,79	1,87	-0,42	0,689	1,00
Temperatura de secado ( $^{\circ}\text{C}$ )	-3,08	1,87	-1,64	0,161	1,00
[ ] de AC (%) $\times$ [ ] de AC (%)	-12,99	8,06	-1,61	0,168	9,39
Temperatura de secado ( $^{\circ}\text{C}$ ) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}\text{C}$ )	14,04	8,06	1,74	0,142	9,39
[ ] de AC (%) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,58	1,99	0,29	0,781	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
3,97570	54,59%	9,17%	0,00%



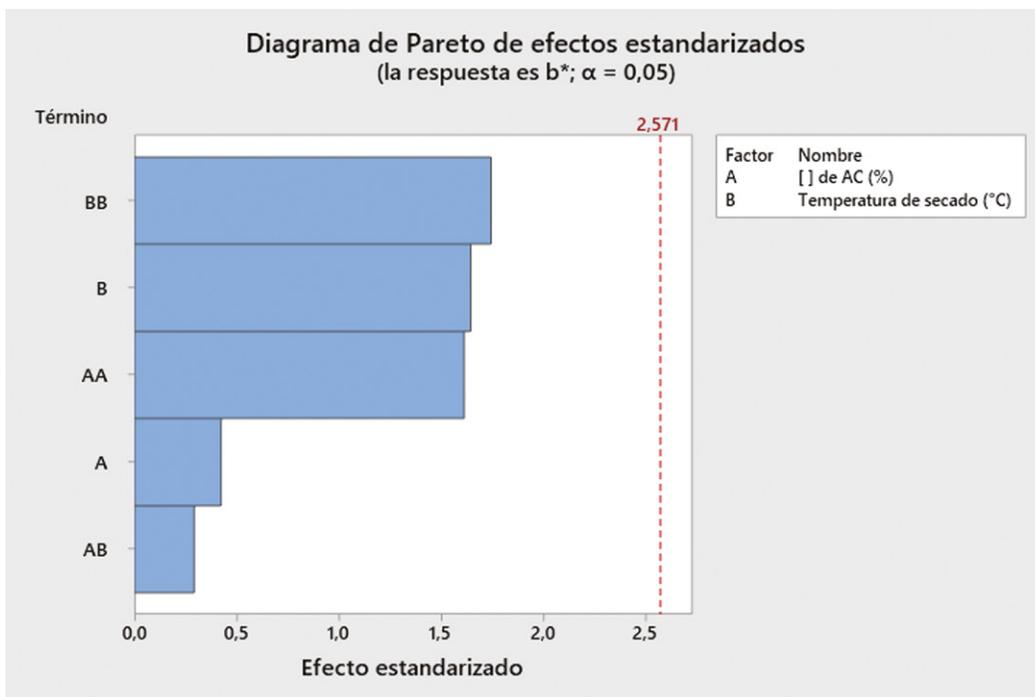
**Análisis de varianza**

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	94,989	18,998	1,20
Lineal	2	45,502	22,751	1,44
[ ] de AC (%)	1	2,844	2,844	0,18
Temperatura de secado (°C)	1	42,658	42,658	2,70
Cuadrado	2	48,129	24,065	1,52
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	41,020	41,020	2,60
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	47,944	47,944	3,03
Interacción de 2 factores	1	1,357	1,357	0,09
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	1,357	1,357	0,09
Error	5	79,031	15,806	
Falta de ajuste	3	36,554	12,185	0,57
Error puro	2	42,477	21,238	
Total	10	174,020		

Fuente	Valor p
Modelo	0,422
Lineal	0,321
[ ] de AC (%)	0,689
Temperatura de secado (°C)	0,161
Cuadrado	0,305
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,168
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,142
Interacción de 2 factores	0,781
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,781
Error	
Falta de ajuste	0,685
Error puro	
Total	

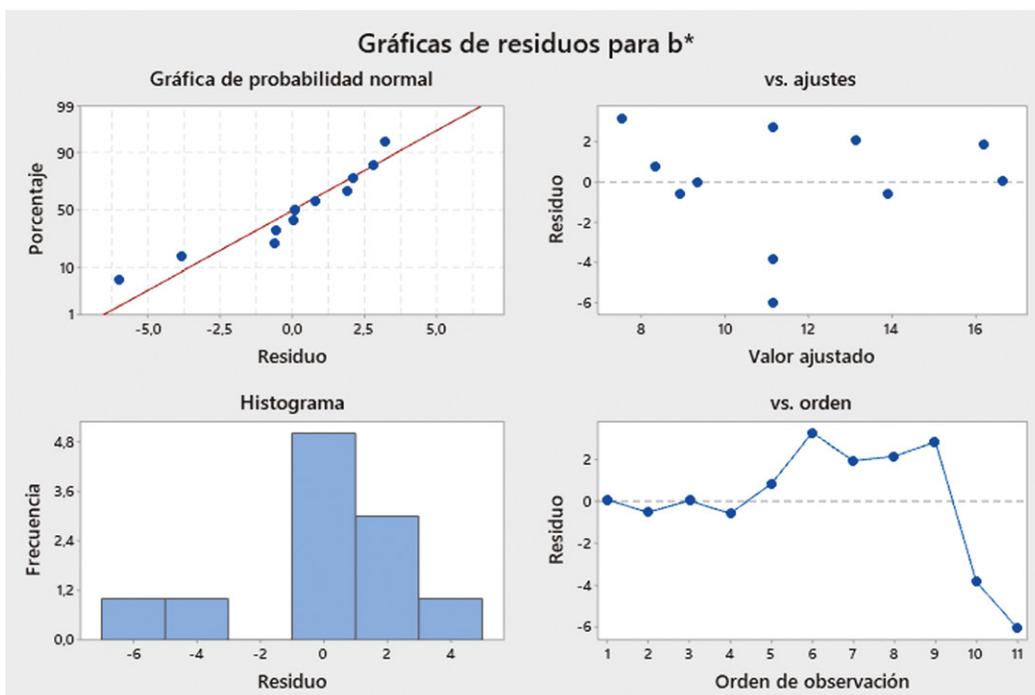
**Ecuación de regresión en unidades no codificadas**

$$\begin{aligned}
 b^* = & 927 + 109 [ ] \text{ de AC (\%)} - 22,8 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & - 369 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & + 0,1404 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & + 0,31 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}
 \end{aligned}$$



**Figura 96.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 97.**

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.5 Regresión de superficie de respuesta: índice de refracción vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	1,45877	0,00970	150,39	0,000
[ ] de AC (%)	-0,0079	0,0112	-0,71	0,511
Temperatura de secado (°C)	-0,0000	0,0112	-0,00	1,000
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-0,0658	0,0482	-1,36	0,231
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,0749	0,0482	1,55	0,181
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-0,0000	0,0119	-0,00	0,998

Término	FIV
Constante	
[ ] de AC (%)	1,00
Temperatura de secado (°C)	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0237905	37,60 %	0,00 %	0,00 %

##### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.
Modelo	5	0,001705	0,000341
Lineal	2	0,000282	0,000141
[ ] de AC (%)	1	0,000282	0,000282
Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000
Cuadrado	2	0,001423	0,000711
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,001052	0,001052
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,001365	0,001365
Interacción de 2 factores	1	0,000000	0,000000
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000
Error	5	0,002830	0,000566
Falta de ajuste	3	0,002830	0,000943
Error puro	2	0,000000	0,000000
Total	10	0,004535	



Fuente	Valor F	Valor p
Modelo	0,60	0,704
Lineal	0,25	0,788
[ ] de AC (%)	0,50	0,511
Temperatura de secado (°C)	0,00	1,000
Cuadrado	1,26	0,361
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1,86	0,231
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	2,41	0,181
Interacción de 2 factores	0,00	0,998
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,00	0,998
Error		
Falta de ajuste	161710,78	0,000
Error puro		
Total		

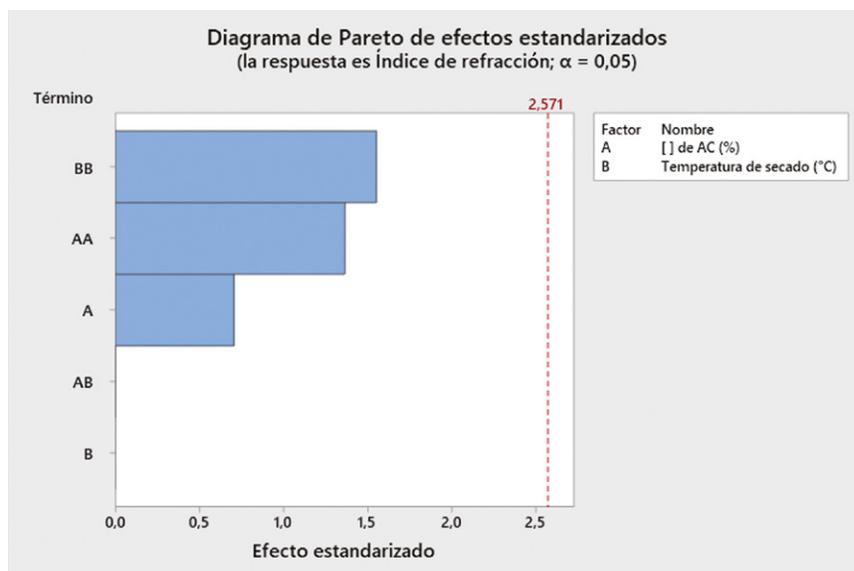
### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de refracción} = & 6,20 + 0,661 [\text{ ] de AC (\%)} - 0,1199 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 1,87 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,000749 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 0,00002 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

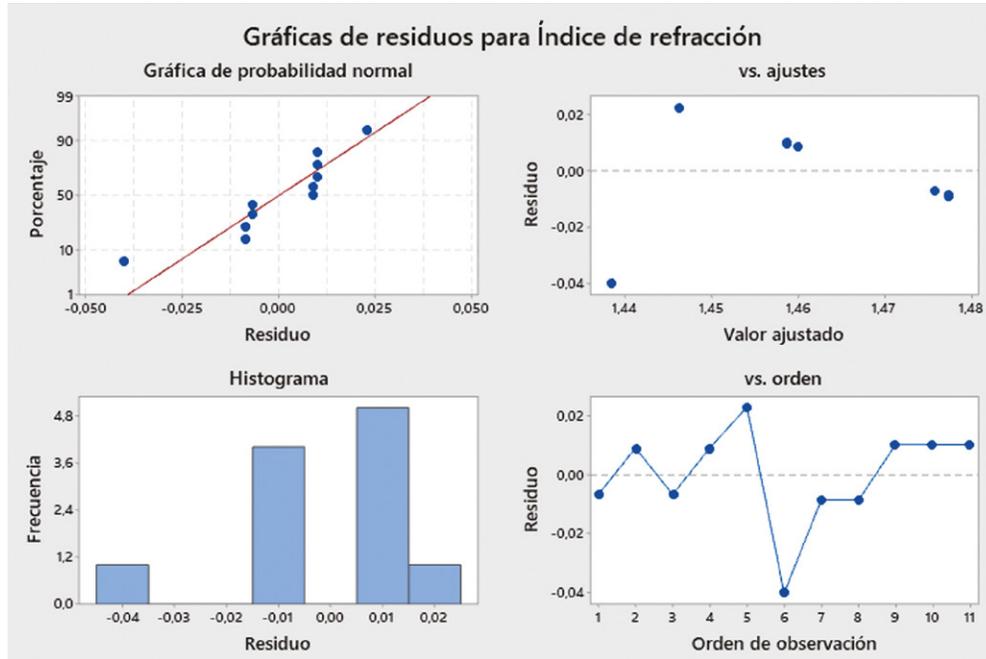
Obs.	Índice de refracción	Ajuste	Resid.	Resid. est.	
6	1,3983	1,4384	-0,0401	-2,24	R

Residuo grande R



**Figura 98.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 99.**

Fuente: elaboración propia.

**4.2.6 Regresión de superficie de respuesta: densidad (g/ml) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)**

**Coefficientes codificados**

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T
Constante	0,934623	0,000987	947,29
[ ] de AC (%)	0,00057	0,00114	0,50
Temperatura de secado (°C)	0,00019	0,00114	0,17
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,00124	0,00491	0,25
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,00133	0,00491	-0,27
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-0,00166	0,00121	-1,37
Término	Valor p	FIV	
Constante	0,000		
[ ] de AC (%)	0,639	1,00	
Temperatura de secado (°C)	0,874	1,00	
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,811	9,39	
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,797	9,39	
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,229	1,00	



### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0024198	30,85%	0,00%	0,00%

### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,000013	0,000003	0,45
Lineal	2	0,000002	0,000001	0,14
[ ] de AC (%)	1	0,000001	0,000001	0,25
Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000	0,03
Cuadrado	2	0,000000	0,000000	0,04
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,000000	0,000000	0,06
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000	0,07
Interacción de 2 factores	1	0,000011	0,000011	1,88
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000011	0,000011	1,88
Error	5	0,000029	0,000006	
Falta de ajuste	3	0,000023	0,000008	2,34
Error puro	2	0,000006	0,000003	
Total	10	0,000042		

Fuente	Valor p
Modelo	0,802
Lineal	0,874
[ ] de AC (%)	0,639
Temperatura de secado (°C)	0,874
Cuadrado	0,964
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,811
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,797
Interacción de 2 factores	0,229
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,229
Error	
Falta de ajuste	0,313
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Densidad (g/ml)} = & 0,835 + 0,0606 [\text{ ] de AC (\%)} + 0,00232 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,035 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & - 0,000013 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 0,000885 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

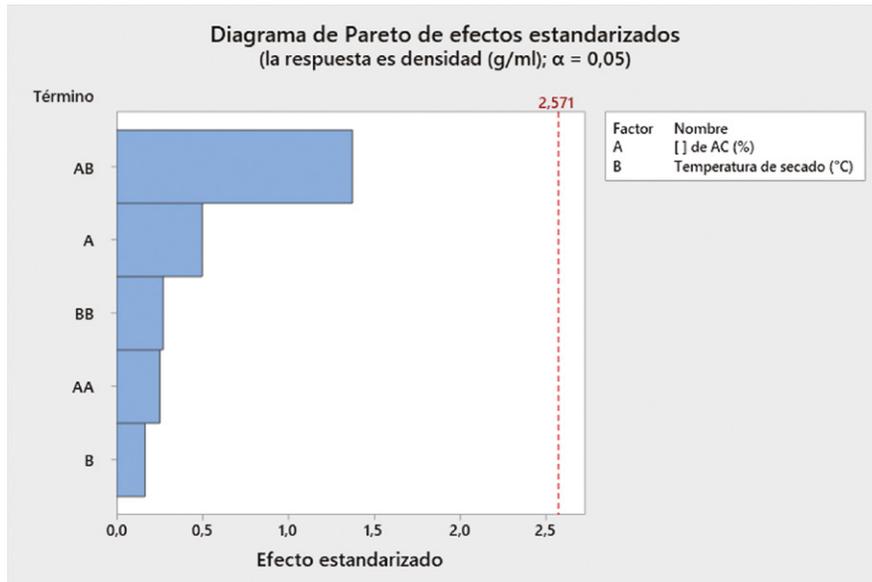


Figura 100.

Fuente: elaboración propia.

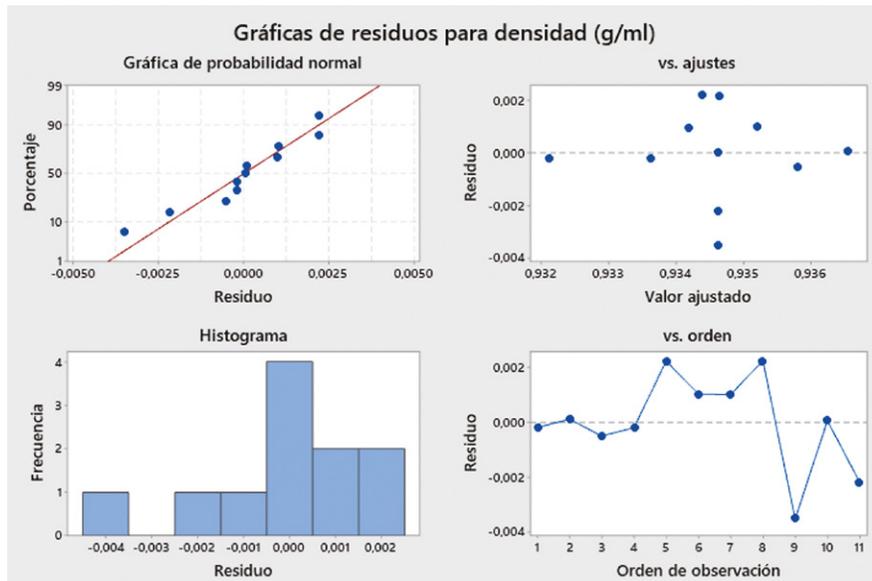


Figura 101.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.7 Regresión de superficie de respuesta: valor peróxido (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,5421	0,0916	5,91	0,002	
[ ] de AC (%)	-0,182	0,106	-1,72	0,147	1,00
Temperatura de secado (°C)	-0,347	0,106	-3,27	0,022	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-1,048	0,456	-2,30	0,070	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1,186	0,456	2,60	0,048	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,214	0,112	1,91	0,115	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,224768	82,93 %	65,86 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	1,22700	0,24540	4,86
Lineal	2	0,68947	0,34474	6,82
[ ] de AC (%)	1	0,14871	0,14871	2,94
Temperatura de secado (°C)	1	0,54076	0,54076	10,70
Cuadrado	2	0,35388	0,17694	3,50
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,26711	0,26711	5,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,34182	0,34182	6,77
Interacción de 2 factores	1	0,18365	0,18365	3,64
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,18365	0,18365	3,64
Error	5	0,25260	0,05052	
Falta de ajuste	3	0,06993	0,02331	0,26
Error puro	2	0,18267	0,09133	
Total	10	1,47961		

Fuente	Valor p
Modelo	0,054
Lineal	0,037
[ ] de AC (%)	0,147
Temperatura de secado (°C)	0,022
Cuadrado	0,112
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,070
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,048
Interacción de 2 factores	0,115
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,115
Error	
Falta de ajuste	0,854
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Valor peróxido (meq/kg aceite)} = & 80,0 + 1,07 [\text{ ] de AC (\%)} - 1,953 \text{ Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \\ & - 29,8 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,01186 \text{ Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \times \text{Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \\ & + 0,1143 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \end{aligned}$$

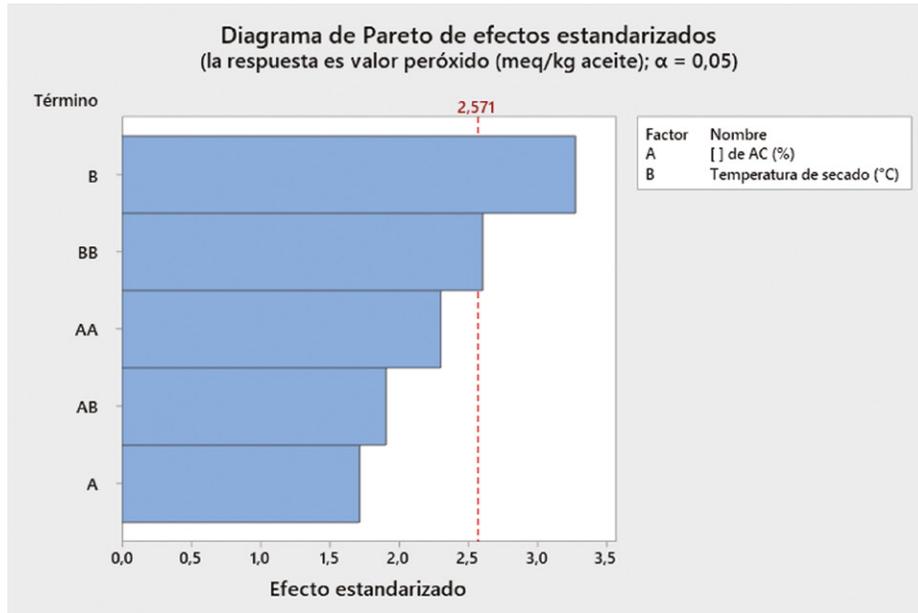


Figura 102.

Fuente: elaboración propia.

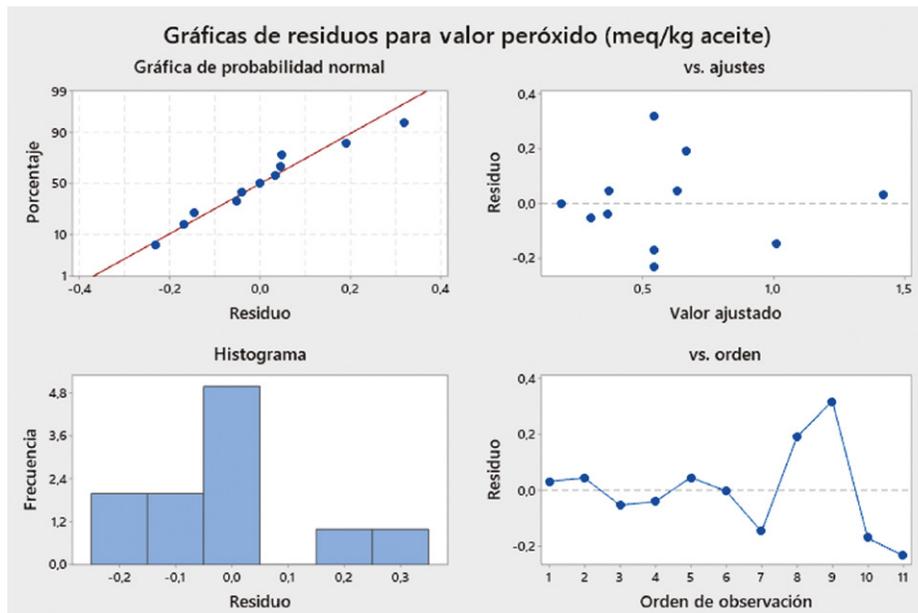


Figura 103.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.8 Regresión de superficie de respuesta: índice de anisidina (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	9,367	0,440	21,31	0,000	
[ ] de AC (%)	-0,402	0,508	-0,79	0,464	1,00
Temperatura de secado (°C)	-3,148	0,508	-6,19	0,002	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-0,25	2,19	-0,11	0,914	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	2,99	2,19	1,37	0,230	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	3,578	0,539	6,64	0,001	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
1,07830	95,14 %	90,28 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	113,838	22,7676	19,58
Lineal	2	45,329	22,6647	19,49
[ ] de AC (%)	1	0,729	0,7286	0,63
Temperatura de secado (°C)	1	44,601	44,6008	38,36
Cuadrado	2	17,304	8,6521	7,44
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,015	0,0149	0,01
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	2,167	2,1671	1,86
Interacción de 2 factores	1	51,204	51,2043	44,04
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	51,204	51,2043	44,04
Error	5	5,814	1,1627	
Falta de ajuste	3	3,728	1,2425	1,19
Error puro	2	2,086	1,0430	
Total	10	119,652		

Fuente	Valor p
Modelo	0,003
Lineal	0,004
[ ] de AC (%)	0,464
Temperatura de secado (°C)	0,002
Cuadrado	0,032
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,914
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,230
Interacción de 2 factores	0,001
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,001
Error	
Falta de ajuste	0,487
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de anisidina (meq/kg aceite)} = & 254 - 152,2 [\text{ ] de AC (\%)} - 5,45 \text{ Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \\ & - 7,0 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,0299 \text{ Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \times \text{Temperatura de} \\ & \text{secado (\text{^\circ C})} + 1,908 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (\text{^\circ C})} \end{aligned}$$

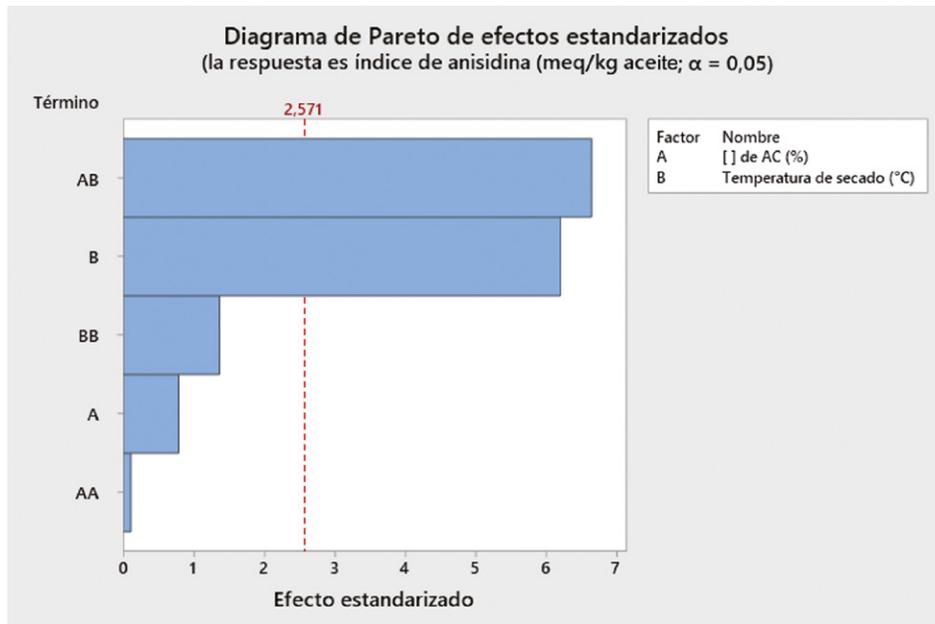


Figura 104.

Fuente: elaboración propia.

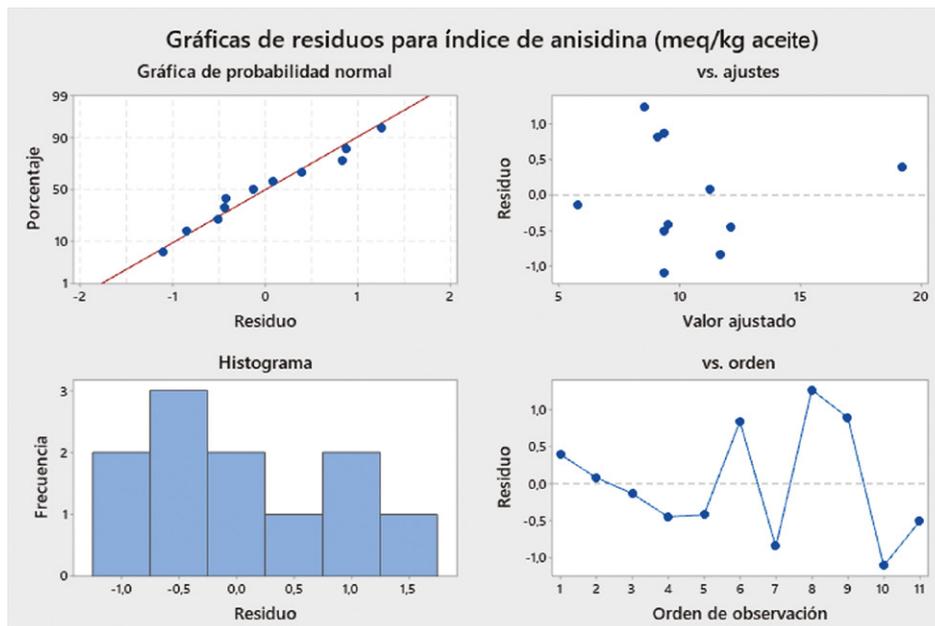


Figura 105.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.9 Regresión de superficie de respuesta: humedad (%) b. h. vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,2796	0,0282	9,92	0,000	
[ ] de AC (%)	0,0866	0,0326	2,66	0,045	1,00
Temperatura de secado (°C)	0,0918	0,0326	2,82	0,037	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,003	0,140	0,02	0,984	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,095	0,140	-0,68	0,528	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,0370	0,0345	1,07	0,333	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0690867	80,17 %	60,35 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,096512	0,019302	4,04
Lineal	2	0,071618	0,035809	7,50
[ ] de AC (%)	1	0,033713	0,033713	7,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,037904	0,037904	7,94
Cuadrado	2	0,019418	0,009709	2,03
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,000002	0,000002	0,00
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,002195	0,002195	0,46
Interacción de 2 factores	1	0,005476	0,005476	1,15
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,005476	0,005476	1,15
Error	5	0,023865	0,004773	
Falta de ajuste	3	0,016767	0,005589	1,57
Error puro	2	0,007098	0,003549	
Total	10	0,120377		

Fuente	Valor p
Modelo	0,076
Lineal	0,031
[ ] de AC (%)	0,045
Temperatura de secado (°C)	0,037
Cuadrado	0,226
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,984
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,528
Interacción de 2 factores	0,333
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,333
Error	
Falta de ajuste	0,411
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Humedad (\% b. h.)} = & -6,32 - 1,15 [ ] \text{ de AC (\%)} + 0,158 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,08 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\ & - 0,00095 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,0197 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

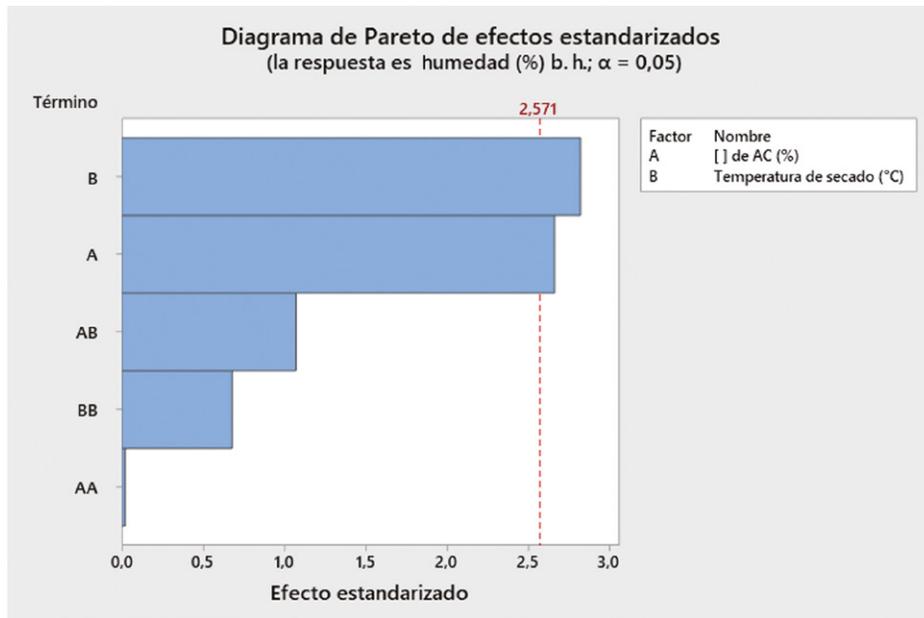


Figura 106.

Fuente: elaboración propia.

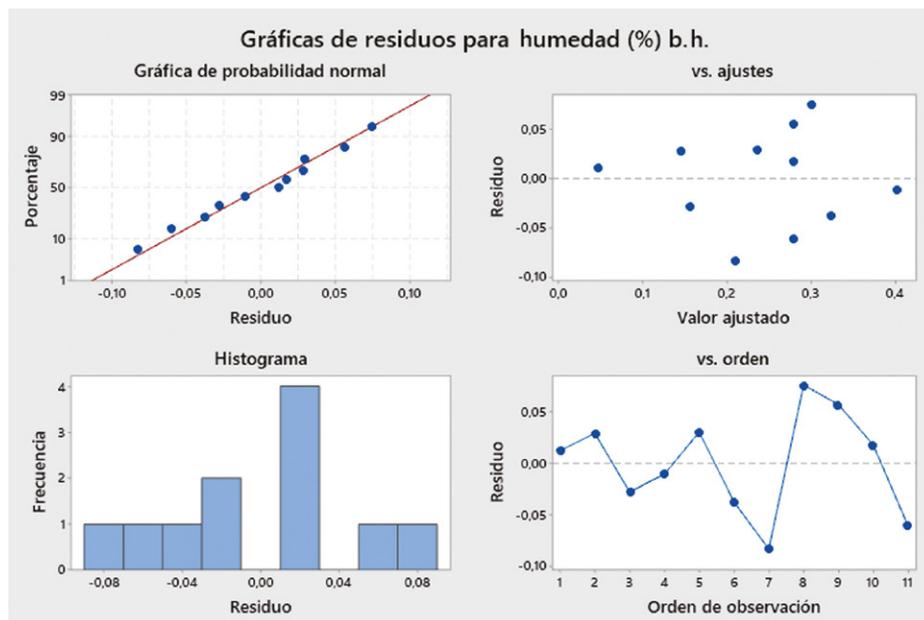


Figura 107.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.10 Regresión de superficie de respuesta: índice de acidez o valor ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0,8599	0,0547	15,73	0,000
[ ] de AC (%)	-0,1422	0,0632	-2,25	0,074
Temperatura de secado (°C)	-0,1495	0,0632	-2,36	0,064
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,145	0,272	0,53	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,023	0,272	-0,09	0,935
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,1400	0,0670	2,09	0,091

Término	FIV
Constante	
[ ] de AC (%)	1,00
Temperatura de secado (°C)	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,134060	77,23 %	54,45 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

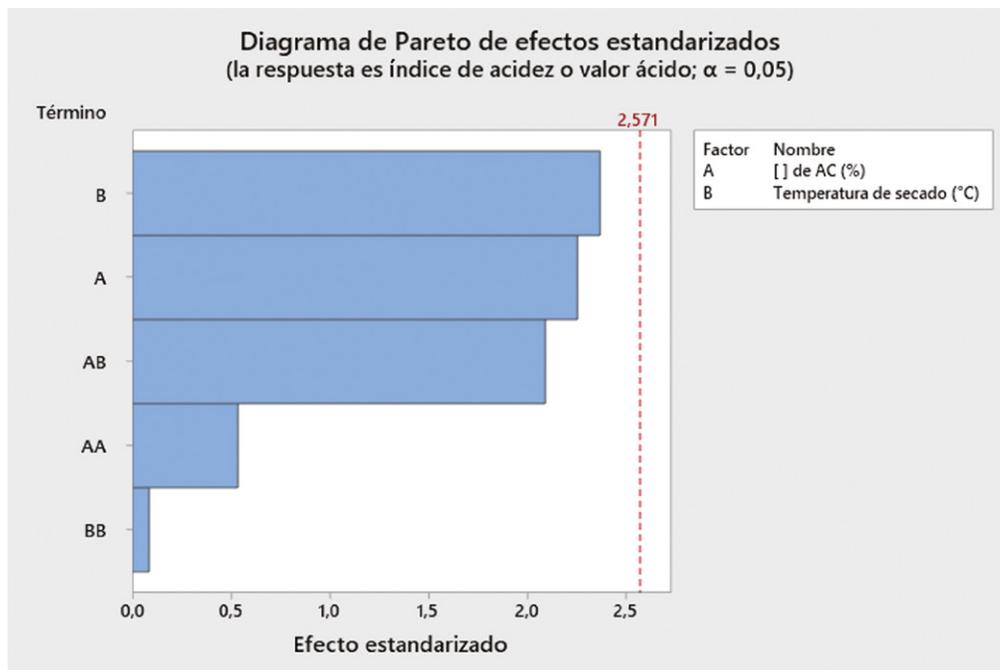
Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,304730	0,060946	3,39
Lineal	2	0,191534	0,095767	5,33
[ ] de AC (%)	1	0,091012	0,091012	5,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,100522	0,100522	5,59
Cuadrado	2	0,034838	0,017419	0,97
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,005132	0,005132	0,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000132	0,000132	0,01
Interacción de 2 factores	1	0,078358	0,078358	4,36
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,078358	0,078358	4,36
Error	5	0,089861	0,017972	
Falta de ajuste	3	0,070107	0,023369	2,37
Error puro	2	0,019754	0,009877	
Total	10	0,394591		



Fuente	Valor p
Modelo	0,103
Lineal	0,058
[ ] de AC (%)	0,074
Temperatura de secado (°C)	0,064
Cuadrado	0,441
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,935
Interacción de 2 factores	0,091
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,091
Error	
Falta de ajuste	0,311
Error puro	
Total	

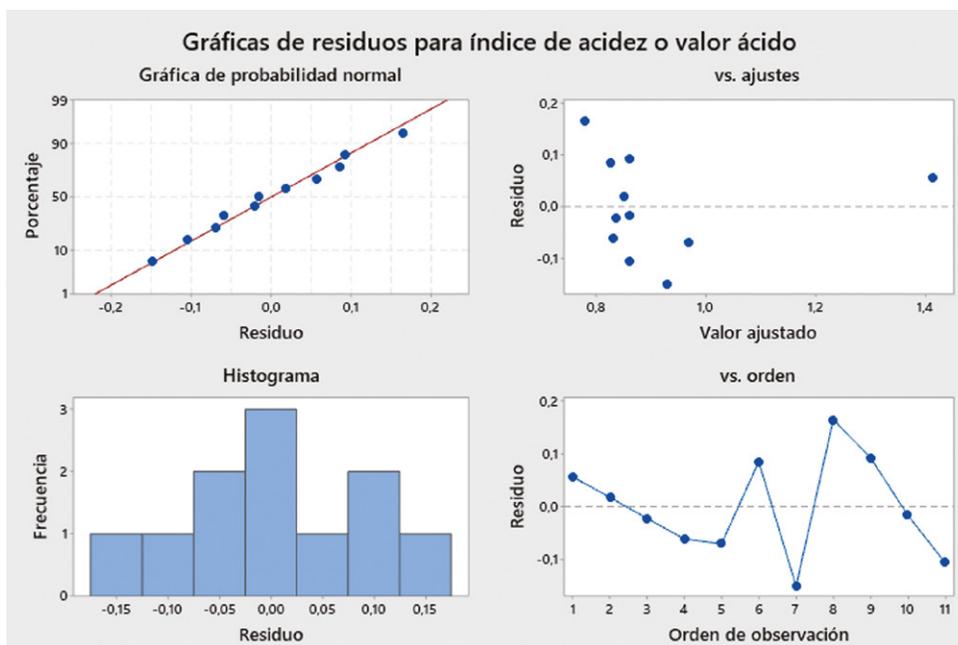
### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de acidez o valor ácido} = & 2,0 - 8,28 [\text{ ] de AC (\%)} + 0,008 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 4,13 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & - 0,00023 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,0746 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$



**Figura 108.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 109.**

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.11 Regresión de superficie de respuesta: acidez o contenido agl (% ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0,4329	0,0275	15,73	0,000
[ ] de AC (%)	-0,0716	0,0318	-2,25	0,074
Temperatura de secado (°C)	-0,0752	0,0318	-2,36	0,064
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,073	0,137	0,53	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,012	0,137	-0,09	0,935
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,0705	0,0337	2,09	0,091
Término	FIV			
Constante				
[ ] de AC (%)	1,00			
Temperatura de secado (°C)	1,00			
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39			
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39			
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00			



**Resumen del modelo**

S	R-cuad.	R-cuad.(ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0674842	77,23 %	54,45 %	0,00 %

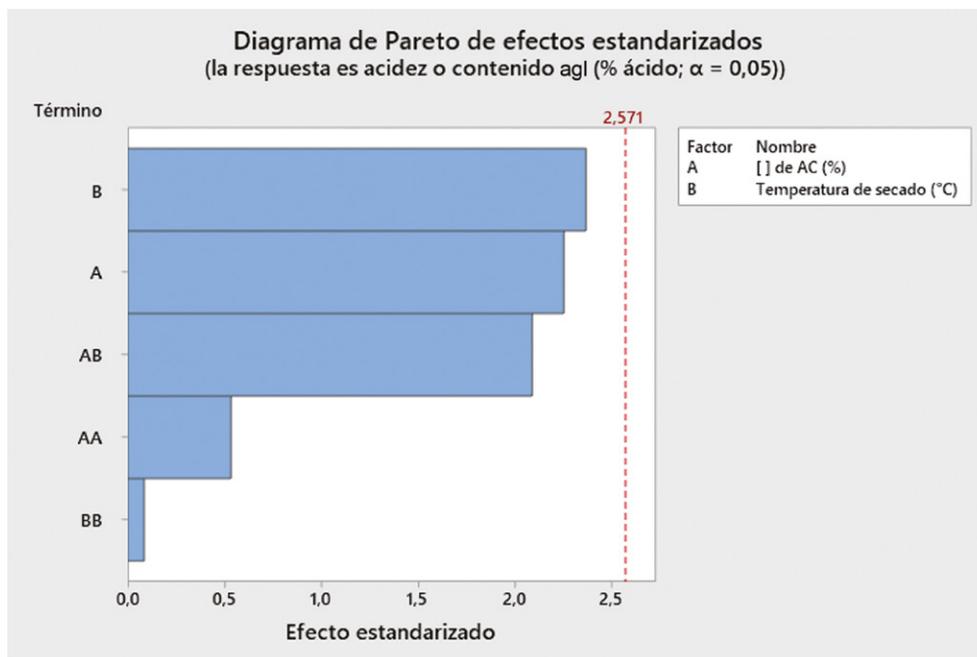
**Análisis de varianza**

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,077218	0,015444	3,39
Lineal	2	0,048534	0,024267	5,33
[ ] de AC (%)	1	0,023062	0,023062	5,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,025472	0,025472	5,59
Cuadrado	2	0,008828	0,004414	0,97
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,001300	0,001300	0,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000033	0,000033	0,01
Interacción de 2 factores	1	0,019856	0,019856	4,36
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,019856	0,019856	4,36
Error	5	0,022771	0,004554	
Falta de ajuste	3	0,017765	0,005922	2,37
Error puro	2	0,005006	0,002503	
Total	10	0,099989		

Fuente	Valor p
Modelo	0,103
Lineal	0,058
[ ] de AC (%)	0,074
Temperatura de secado (°C)	0,064
Cuadrado	0,441
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,935
Interacción de 2 factores	0,091
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,091
Error	
Falta de ajuste	0,311
Error puro	
Total	

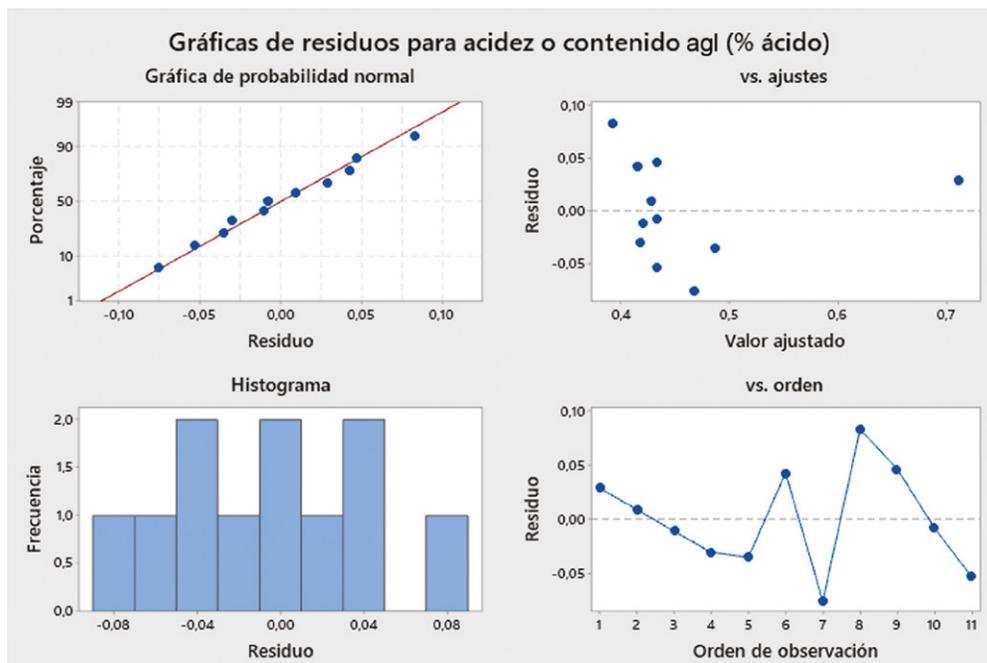
**Ecuación de regresión en unidades no codificadas**

$$\begin{aligned}
 \text{Acidez o contenido AGL (\% ácido)} = & 0,99 - 4,17 [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & + 0,004 \text{ Temperatura de secado (°C)} \\
 & + 2,08 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & - 0,00012 \text{ Temperatura de secado (°C)} \times \text{Temperatura de secado} \\
 & \text{(°C)} + 0,0376 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (°C)}
 \end{aligned}$$



**Figura 110.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 111.**

Fuente: elaboración propia.



**4.2.12 Regresión de superficie de respuesta: rendimiento (g aceite/100 g ms) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)**

**Coefficientes codificados**

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	33,85	1,19	28,38	0,000	
[ ] de AC (%)	-3,58	1,38	-2,60	0,049	1,00
Temperatura de secado (°C)	-1,88	1,38	-1,37	0,230	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-20,01	5,93	-3,37	0,020	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	16,19	5,93	2,73	0,041	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-1,93	1,46	-1,32	0,244	1,00

**Resumen del modelo**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
2,92518	82,58 %	65,17 %	0,00 %

**Análisis de varianza**

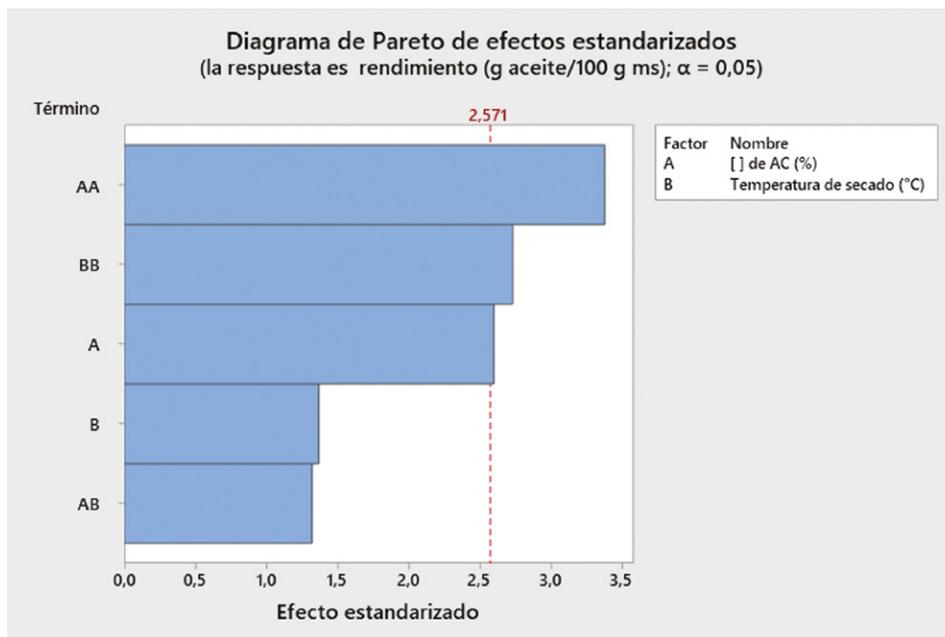
Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	202,87	40,574	4,74
Lineal	2	73,61	36,803	4,30
[ ] de AC (%)	1	57,63	57,630	6,74
Temperatura de secado (°C)	1	15,98	15,977	1,87
Cuadrado	2	114,35	57,174	6,68
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	97,38	97,381	11,38
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	63,75	63,746	7,45
Interacción de 2 factores	1	14,91	14,912	1,74
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	14,91	14,912	1,74
Error	5	42,78	8,557	
Falta de ajuste	3	19,86	6,621	0,58
Error puro	2	22,92	11,460	
Total	10	245,65		

Fuente	Valor p
Modelo	0,056
Lineal	0,082
[ ] de AC (%)	0,049
Temperatura de secado (°C)	0,230
Cuadrado	0,039
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,020
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,041
Interacción de 2 factores	0,244
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,244
Error	
Falta de ajuste	0,684
Error puro	
Total	



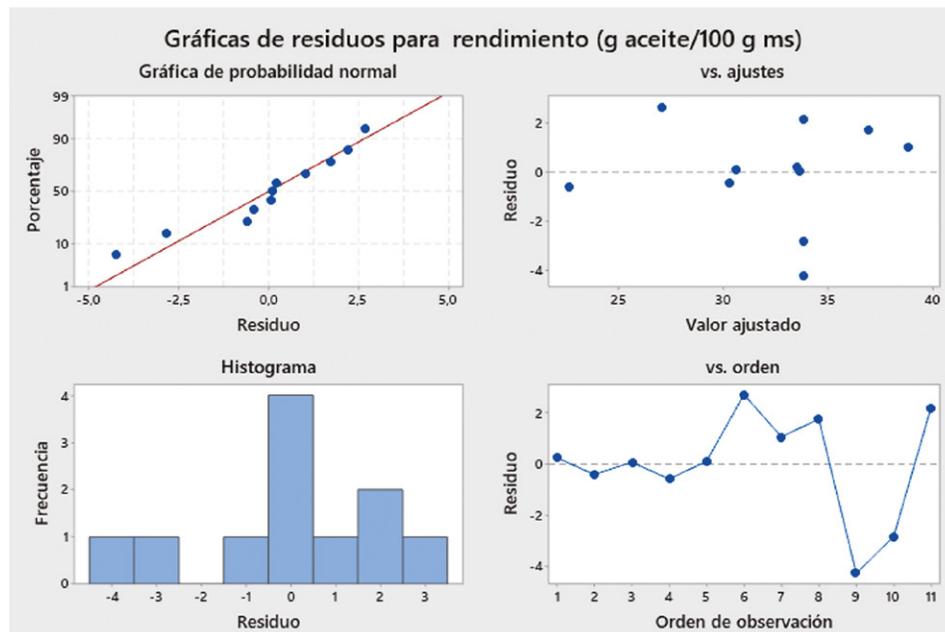
### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento (g aceite/100 g ms)} = & 1053 + 276,8 [\text{ ] de AC (\%)} \\ & - 25,90 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 569 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,1619 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 1,030 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$



**Figura 112.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 113.**

Fuente: elaboración propia.



### 4.2.13 Regresión de superficie de respuesta: L\* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

#### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	6,592	0,950	6,94	0,001	
[ ] de AC (%)	-0,46	1,10	-0,42	0,693	1,00
Temperatura de secado (°C)	-1,81	1,10	-1,65	0,161	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-7,59	4,73	-1,61	0,169	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	8,22	4,73	1,74	0,142	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,34	1,17	0,29	0,785	1,00

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
2,33015	54,57 %	9,14 %	0,00 %

#### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	32,6111	6,5222	1,20
Lineal	2	15,6494	7,8247	1,44
[ ] de AC (%)	1	0,9522	0,9522	0,18
Temperatura de secado (°C)	1	14,6972	14,6972	2,71
Cuadrado	2	16,5128	8,2564	1,52
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	14,0022	14,0022	2,58
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	16,4361	16,4361	3,03
Interacción de 2 factores	1	0,4489	0,4489	0,08
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,4489	0,4489	0,08
Error	5	27,1480	5,4296	
Falta de ajuste	3	12,4918	4,1639	0,57
Error puro	2	14,6562	7,3281	
Total	10	59,7591		

Fuente	Valor p
Modelo	0,423
Lineal	0,320
[ ] de AC (%)	0,693
Temperatura de secado (°C)	0,161
Cuadrado	0,305
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,169
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,142
Interacción de 2 factores	0,785
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,785
Error	
Falta de ajuste	0,688
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$L^* = 543 + 64,2 [ ] \text{ de AC (\%)} - 13,37 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ - 216 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\ + 0,0822 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ + 0,179 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}$$

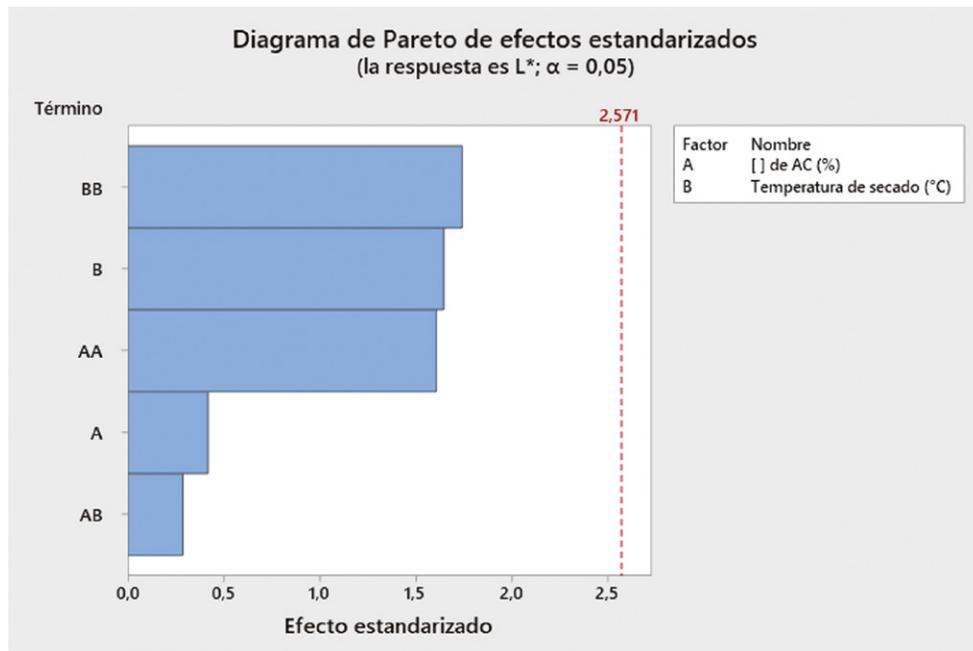


Figura 114.

Fuente: elaboración propia.

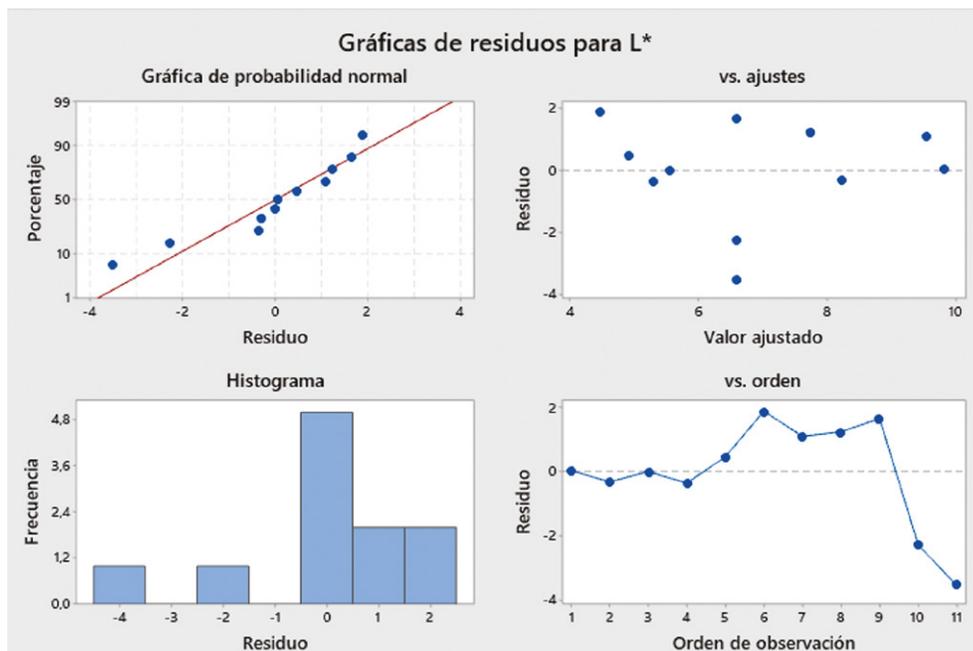


Figura 115.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.14 Regresión de superficie de respuesta: $a^*$ vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2,554	0,347	7,35	0,001	
[ ] de AC (%)	0,299	0,402	0,75	0,490	1,00
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	-0,342	0,402	-0,85	0,433	1,00
[ ] de AC (%) $\times$ [ ] de AC (%)	-1,37	1,73	-0,79	0,465	9,39
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	1,64	1,73	0,95	0,385	9,39
[ ] de AC (%) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	0,091	0,426	0,21	0,839	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,852234	31,93 %	0,00 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	1,70315	0,34063	0,47
Lineal	2	0,93052	0,46526	0,64
[ ] de AC (%)	1	0,40350	0,40350	0,56
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	1	0,52702	0,52702	0,73
Cuadrado	2	0,73932	0,36966	0,51
[ ] de AC (%) $\times$ [ ] de AC (%)	1	0,45336	0,45336	0,62
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	1	0,65764	0,65764	0,91
Interacción de 2 factores	1	0,03331	0,03331	0,05
[ ] de AC (%) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	1	0,03331	0,03331	0,05
Error	5	3,63152	0,72630	
Falta de ajuste	3	3,57027	1,19009	38,86
Error puro	2	0,06125	0,03062	
Total	10	5,33466		

Fuente	Valor p
Modelo	0,787
Lineal	0,565
[ ] de AC (%)	0,490
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	0,433
Cuadrado	0,629
[ ] de AC (%) $\times$ [ ] de AC (%)	0,465
Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	0,385
Interacción de 2 factores	0,839
[ ] de AC (%) $\times$ Temperatura de secado ( $^{\circ}$ C)	0,839
Error	
Falta de ajuste	0,025
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 a^* = & 110 + 12,3 [\text{ ] de AC (\%)} - 2,67 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & - 38,8 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\
 & + 0,0164 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & + 0,049 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}
 \end{aligned}$$

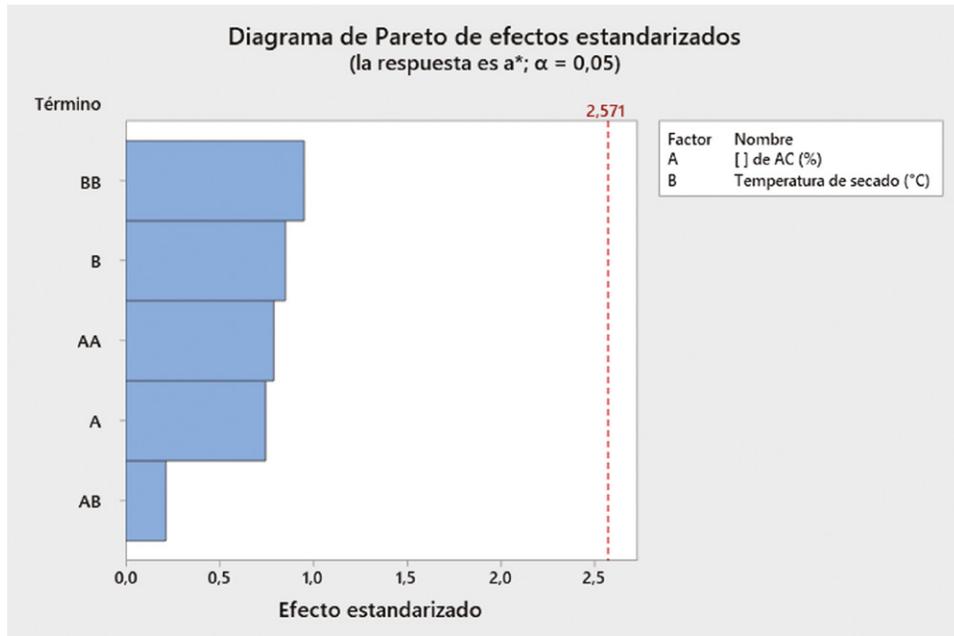


Figura 116.

Fuente: elaboración propia.

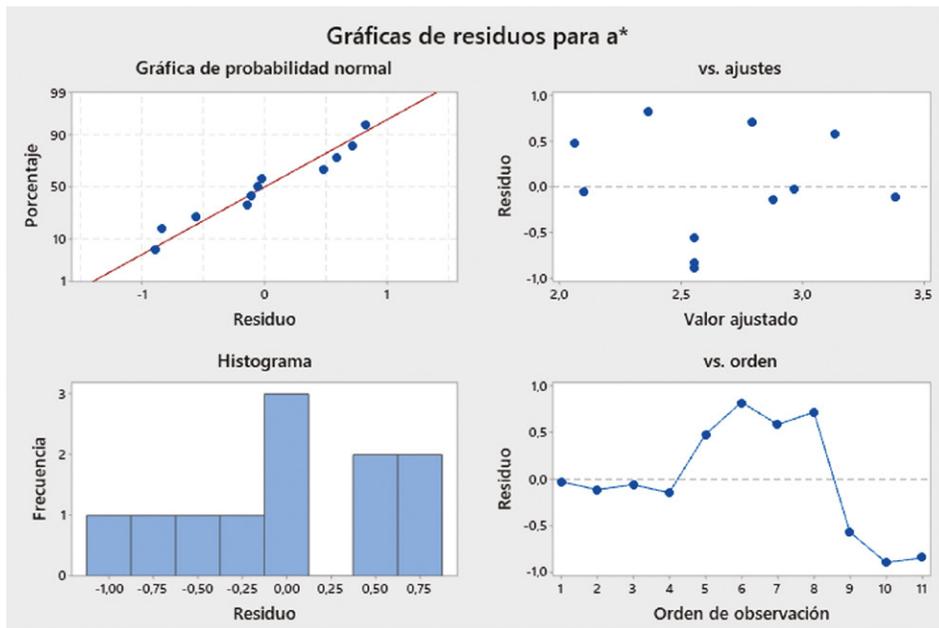


Figura 117.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.15 Regresión de superficie de respuesta: b\* vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	11,16	1,62	6,89	0,001	
[ ] de AC (%)	-0,79	1,87	-0,42	0,689	1,00
Temperatura de secado (°C)	-3,08	1,87	-1,64	0,161	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-12,99	8,06	-1,61	0,168	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	14,04	8,06	1,74	0,142	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,58	1,99	0,29	0,781	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
3,97570	54,59%	9,17%	0,00%

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	94,989	18,998	1,20
Lineal	2	45,502	22,751	1,44
[ ] de AC (%)	1	2,844	2,844	0,18
Temperatura de secado (°C)	1	42,658	42,658	2,70
Cuadrado	2	48,129	24,065	1,52
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	41,020	41,020	2,60
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	47,944	47,944	3,03
Interacción de 2 factores	1	1,357	1,357	0,09
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	1,357	1,357	0,09
Error	5	79,031	15,806	
Falta de ajuste	3	36,554	12,185	0,57
Error puro	2	42,477	21,238	
Total	10	174,020		

Fuente	Valor p
Modelo	0,422
Lineal	0,321
[ ] de AC (%)	0,689
Temperatura de secado (°C)	0,161
Cuadrado	0,305
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,168
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,142
Interacción de 2 factores	0,781
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,781
Error	
Falta de ajuste	0,685
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 b^* = & 927 + 109 [\text{ ] de AC (\%)} - 22,8 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & - 369 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\
 & + 0,1404 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & + 0,31 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}
 \end{aligned}$$

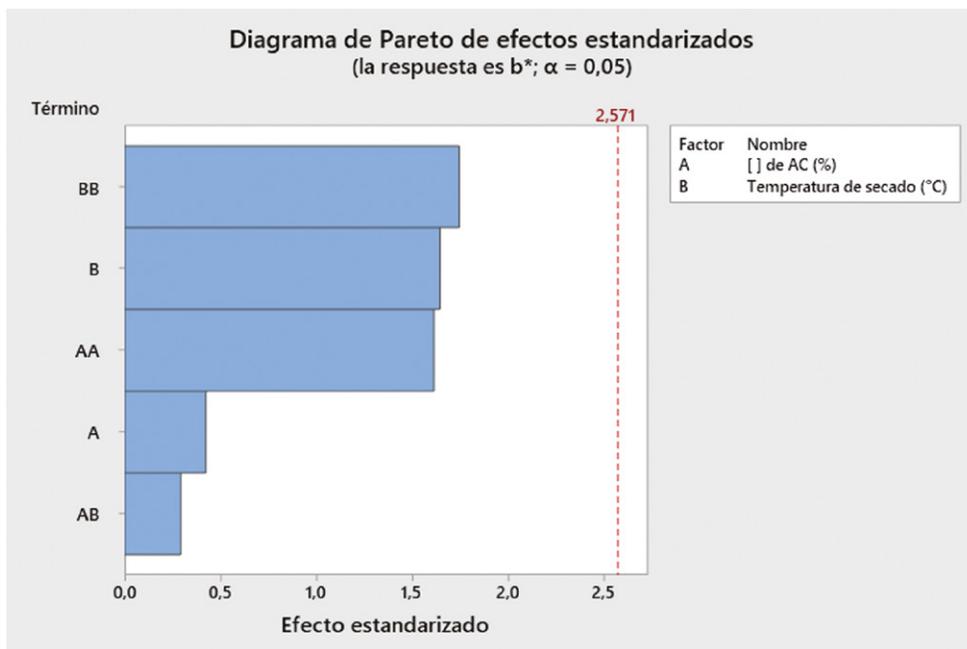


Figura 118.

Fuente: elaboración propia.

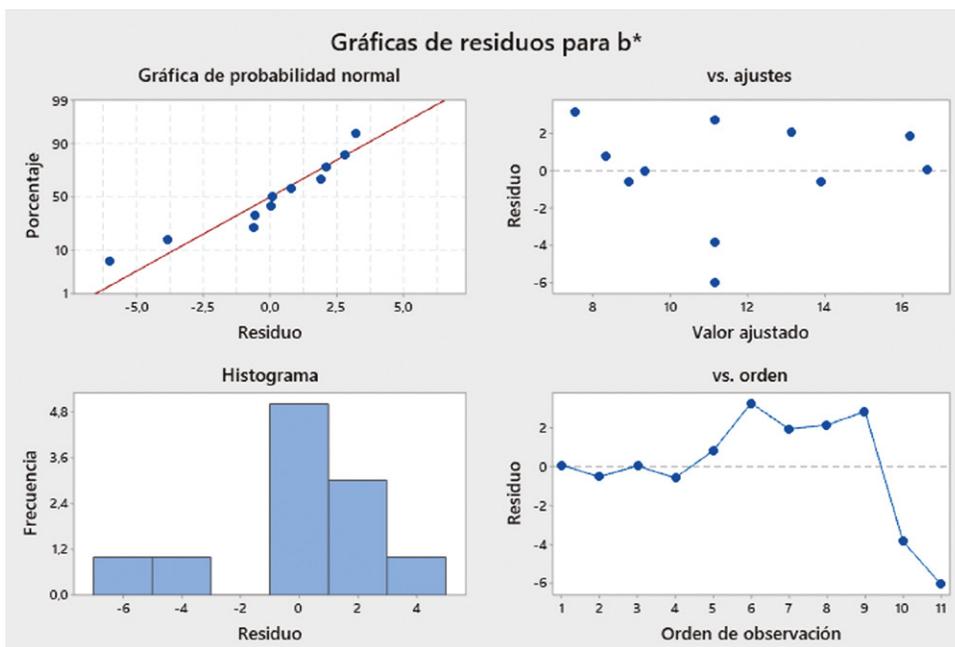


Figura 119.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.16 Regresión de superficie de respuesta: índice de refracción vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	1,45877	0,00970	150,39	0,000
[ ] de AC (%)	-0,0079	0,0112	-0,71	0,511
Temperatura de secado (°C)	-0,0000	0,0112	-0,00	1,000
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-0,0658	0,0482	-1,36	0,231
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,0749	0,0482	1,55	0,181
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-0,0000	0,0119	-0,00	0,998

Término	FIV
Constante	
[ ] de AC (%)	1,00
Temperatura de secado (°C)	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0237905	37,60 %	0,00 %	0,00 %

##### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.
Modelo	5	0,001705	0,000341
Lineal	2	0,000282	0,000141
[ ] de AC (%)	1	0,000282	0,000282
Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000
Cuadrado	2	0,001423	0,000711
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,001052	0,001052
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,001365	0,001365
Interacción de 2 factores	1	0,000000	0,000000
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000
Error	5	0,002830	0,000566
Falta de ajuste	3	0,002830	0,000943
Error puro	2	0,000000	0,000000
Total	10	0,004535	



Fuente	Valor F	Valor p
Modelo	0,60	0,704
Lineal	0,25	0,788
[ ] de AC (%)	0,50	0,511
Temperatura de secado (°C)	0,00	1,000
Cuadrado	1,26	0,361
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1,86	0,231
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	2,41	0,181
Interacción de 2 factores	0,00	0,998
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,00	0,998
Error		
Falta de ajuste	161710,78	0,000
Error puro		
Total		

### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de refracción} = & 6,20 + 0,661 [\text{ ] de AC (\%)} - 0,1199 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 1,87 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,000749 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 0,00002 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs.	Índice de refracción	Ajuste	Resid.	Resid. est.	R
6	1,3983	1,4384	-0,0401	-2,24	R

Residuo grande R

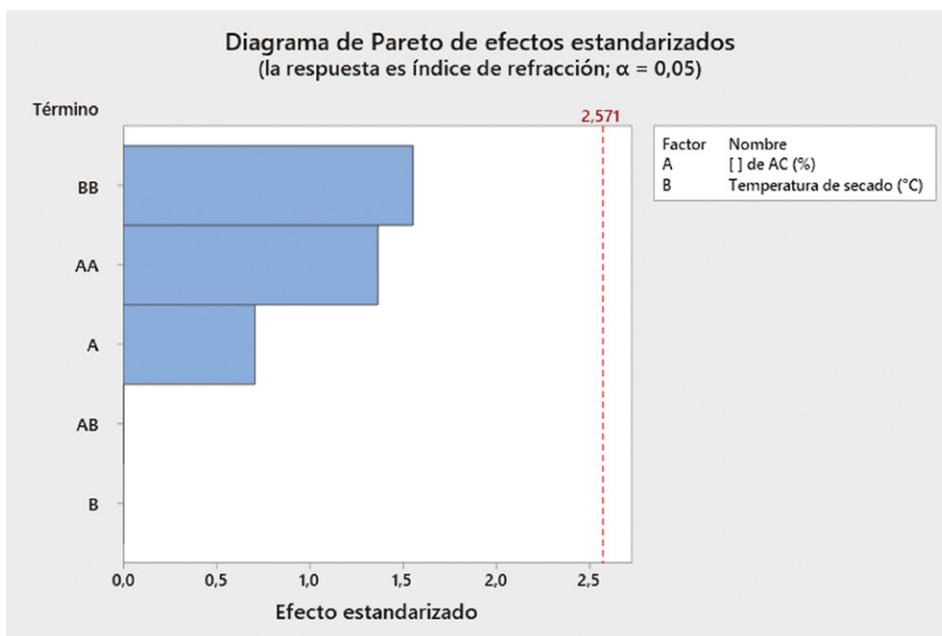
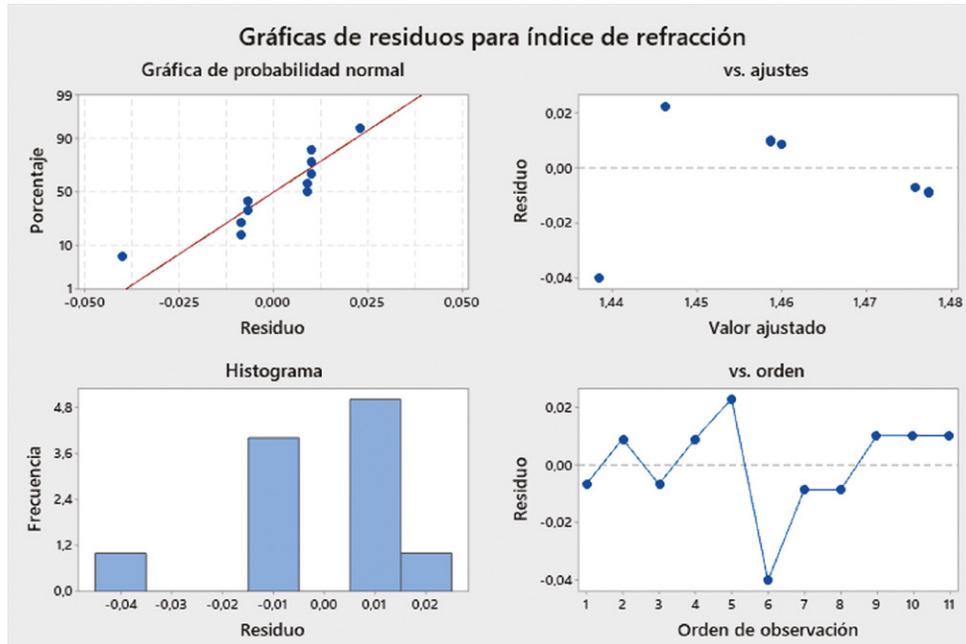


Figura 120.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 121.**

Fuente: elaboración propia.

**4.2.17 Regresión de superficie de respuesta: densidad (g/ml) vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)**

**Coefficientes codificados**

Término	Coef.	BE del coef.	Valor T
Constante	0,934623	0,000987	947,29
[ ] de AC (%)	0,00057	0,00114	0,50
Temperatura de secado (°C)	0,00019	0,00114	0,17
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,00124	0,00491	0,25
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,00133	0,00491	-0,27
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	-0,00166	0,00121	-1,37
Término	Valor p	FIV	
Constante	0,000		
[ ] de AC (%)	0,639	1,00	
Temperatura de secado (°C)	0,874	1,00	
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,811	9,39	
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,797	9,39	
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,229	1,00	



### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0024198	30,85 %	0,00 %	0,00 %

### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,000013	0,000003	0,45
Lineal	2	0,000002	0,000001	0,14
[ ] de AC (%)	1	0,000001	0,000001	0,25
Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000	0,03
Cuadrado	2	0,000000	0,000000	0,04
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,000000	0,000000	0,06
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000000	0,000000	0,07
Interacción de 2 factores	1	0,000011	0,000011	1,88
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000011	0,000011	1,88
Error	5	0,000029	0,000006	
Falta de ajuste	3	0,000023	0,000008	2,34
Error puro	2	0,000006	0,000003	
Total	10	0,000042		

Fuente	Valor p
Modelo	0,802
Lineal	0,874
[ ] de AC (%)	0,639
Temperatura de secado (°C)	0,874
Cuadrado	0,964
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,811
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,797
Interacción de 2 factores	0,229
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,229
Error	
Falta de ajuste	0,313
Error puro	
Total	

### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 \text{Densidad (g/ml)} = & 0,835 + 0,0606 [ ] \text{ de AC (\%)} + 0,00232 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & + 0,035 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & - 0,000013 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\
 & - 0,000885 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)}
 \end{aligned}$$

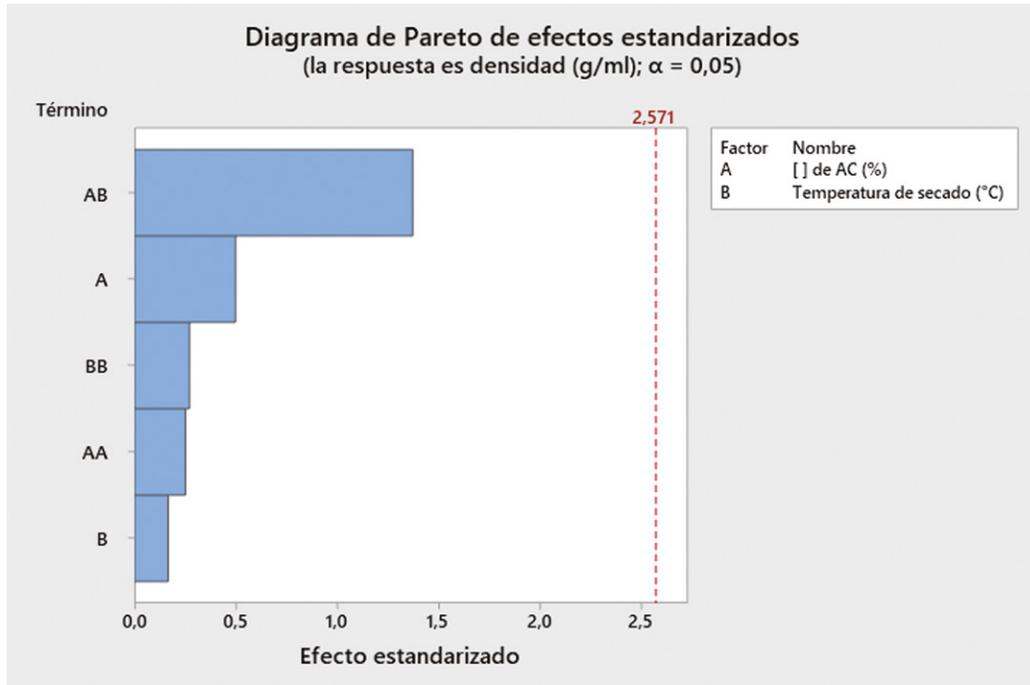


Figura 122.

Fuente: elaboración propia.

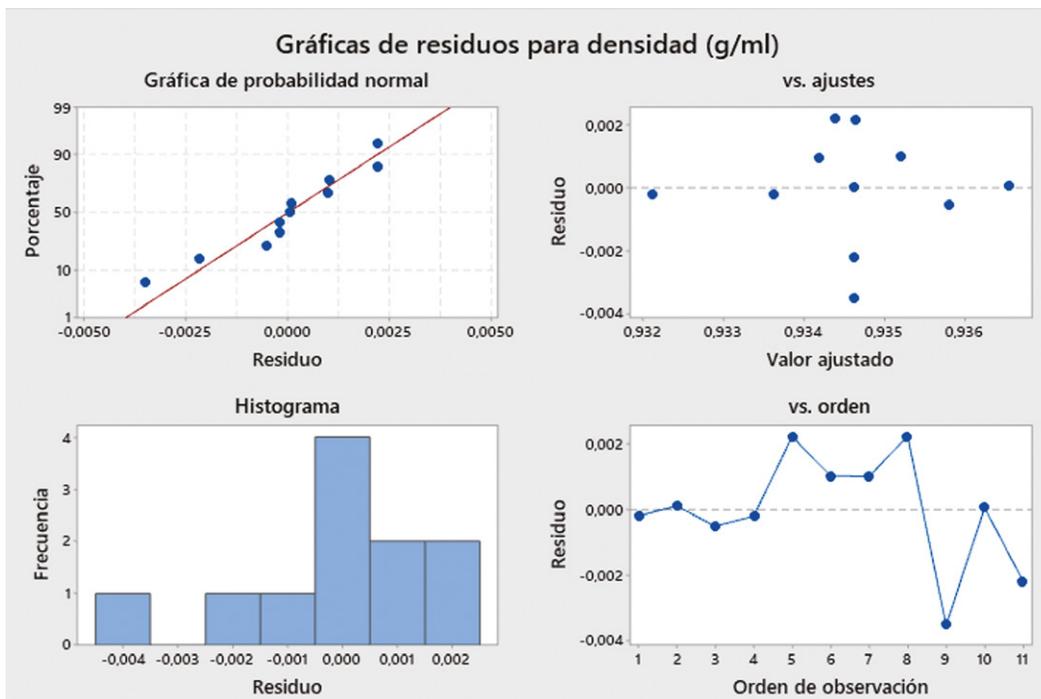


Figura 123.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.18 Regresión de superficie de respuesta: valor peróxido (meq/kg aceite) vs. [ ] de AC (%) Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,5421	0,0916	5,91	0,002	
[ ] de AC (%)	-0,182	0,106	-1,72	0,147	1,00
Temperatura de secado (°C)	-0,347	0,106	-3,27	0,022	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-1,048	0,456	-2,30	0,070	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1,186	0,456	2,60	0,048	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,214	0,112	1,91	0,115	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,224768	82,93 %	65,86 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	1,22700	0,24540	4,86
Lineal	2	0,68947	0,34474	6,82
[ ] de AC (%)	1	0,14871	0,14871	2,94
Temperatura de secado (°C)	1	0,54076	0,54076	10,70
Cuadrado	2	0,35388	0,17694	3,50
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,26711	0,26711	5,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,34182	0,34182	6,77
Interacción de 2 factores	1	0,18365	0,18365	3,64
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,18365	0,18365	3,64
Error	5	0,25260	0,05052	
Falta de ajuste	3	0,06993	0,02331	0,26
Error puro	2	0,18267	0,09133	
Total	10	1,47961		

Fuente	Valor p
Modelo	0,054
Lineal	0,037
[ ] de AC (%)	0,147
Temperatura de secado (°C)	0,022
Cuadrado	0,112
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,070
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,048
Interacción de 2 factores	0,115
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,115
Error	
Falta de ajuste	0,854
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Valor peróxido (meq/kg aceite)} = & 80,0 + 1,07 [\text{ ] de AC (\%)} - 1,953 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & - 29,8 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & + 0,01186 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,1143 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

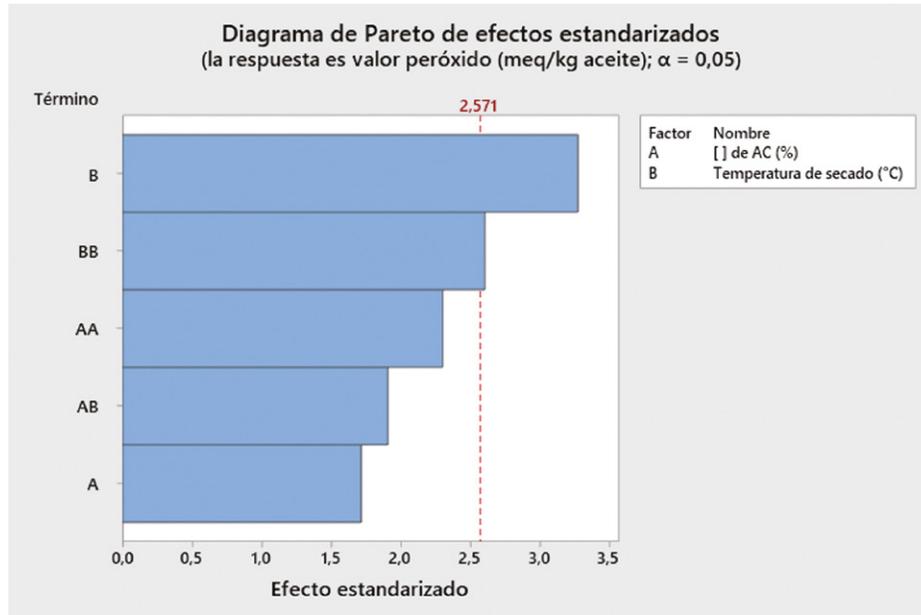


Figura 124.

Fuente: elaboración propia.

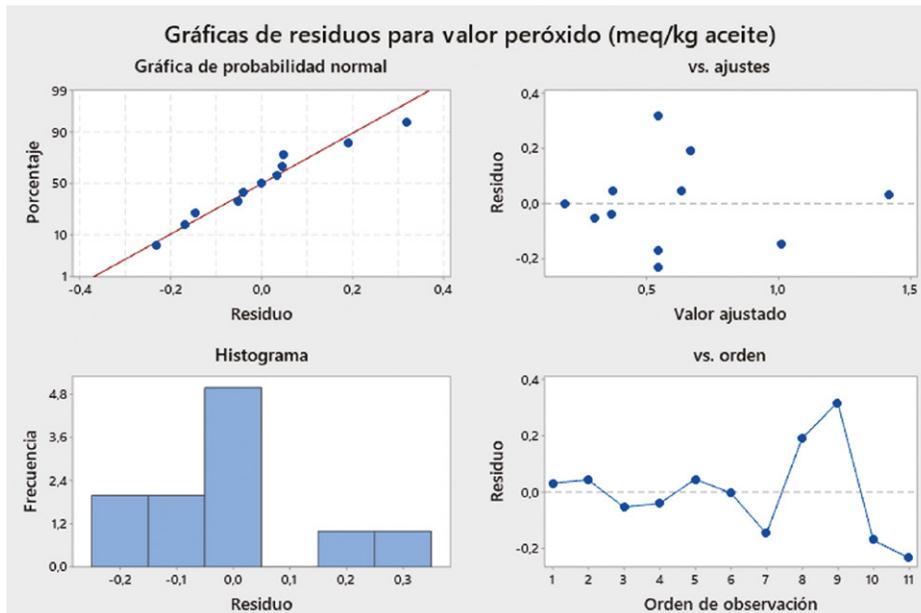


Figura 125.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.19 Regresión de superficie de respuesta: índice de anisidina (meq/kg aceite vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	9,367	0,440	21,31	0,000	
[ ] de AC (%)	-0,402	0,508	-0,79	0,464	1,00
Temperatura de secado (°C)	-3,148	0,508	-6,19	0,002	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	-0,25	2,19	-0,11	0,914	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	2,99	2,19	1,37	0,230	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	3,578	0,539	6,64	0,001	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
1,07830	95,14 %	90,28 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	113,838	22,7676	19,58
Lineal	2	45,329	22,6647	19,49
[ ] de AC (%)	1	0,729	0,7286	0,63
Temperatura de secado (°C)	1	44,601	44,6008	38,36
Cuadrado	2	17,304	8,6521	7,44
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,015	0,0149	0,01
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	2,167	2,1671	1,86
Interacción de 2 factores	1	51,204	51,2043	44,04
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	51,204	51,2043	44,04
Error	5	5,814	1,1627	
Falta de ajuste	3	3,728	1,2425	1,19
Error puro	2	2,086	1,0430	
Total	10	119,652		

Fuente	Valor p
Modelo	0,003
Lineal	0,004
[ ] de AC (%)	0,464
Temperatura de secado (°C)	0,002
Cuadrado	0,032
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,914
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,230
Interacción de 2 factores	0,001
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,001
Error	
Falta de ajuste	0,487
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de anisidina (meq/kg aceite)} &= 254 - 152,2 [\text{ ] de AC (\%)} - 5,45 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ &- 7,0 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ &+ 0,0299 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de} \\ &\text{secado (}^\circ\text{C)} + 1,908 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

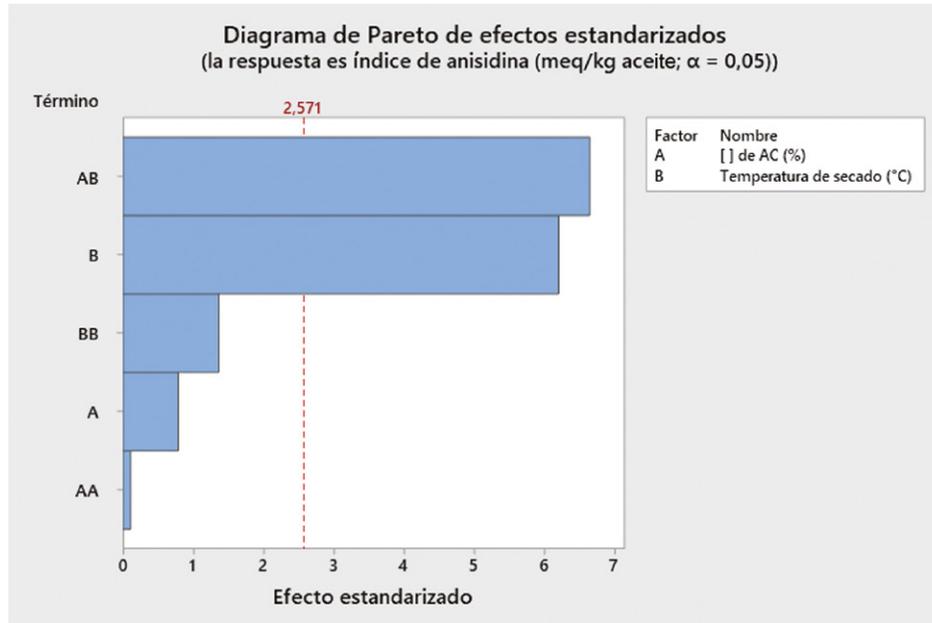


Figura 126.

Fuente: elaboración propia.

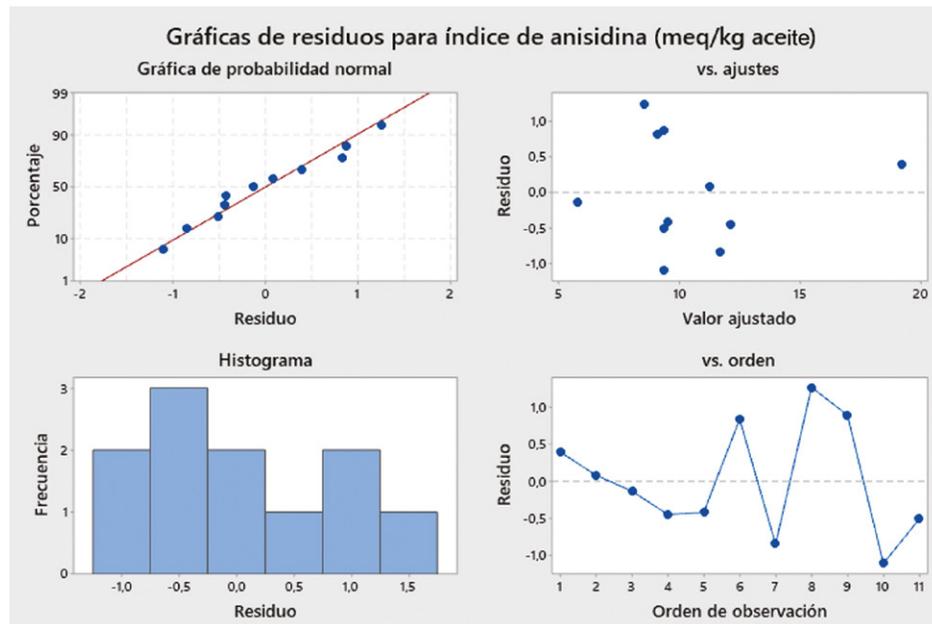


Figura 127.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.20 Regresión de superficie de respuesta: humedad (%) b. h. vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,2796	0,0282	9,92	0,000	
[ ] de AC (%)	0,0866	0,0326	2,66	0,045	1,00
Temperatura de secado (°C)	0,0918	0,0326	2,82	0,037	1,00
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,003	0,140	0,02	0,984	9,39
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,095	0,140	-0,68	0,528	9,39
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,0370	0,0345	1,07	0,333	1,00

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0690867	80,17%	60,35%	0,00%

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,096512	0,019302	4,04
Lineal	2	0,071618	0,035809	7,50
[ ] de AC (%)	1	0,033713	0,033713	7,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,037904	0,037904	7,94
Cuadrado	2	0,019418	0,009709	2,03
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,000002	0,000002	0,00
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,002195	0,002195	0,46
Interacción de 2 factores	1	0,005476	0,005476	1,15
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,005476	0,005476	1,15
Error	5	0,023865	0,004773	
Falta de ajuste	3	0,016767	0,005589	1,57
Error puro	2	0,007098	0,003549	
Total	10	0,120377		

Fuente	Valor p
Modelo	0,076
Lineal	0,031
[ ] de AC (%)	0,045
Temperatura de secado (°C)	0,037
Cuadrado	0,226
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,984
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,528
Interacción de 2 factores	0,333
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,333
Error	
Falta de ajuste	0,411
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Humedad (\% b. h.)} = & -6,32 - 1,15 [\text{ ] de AC (\%)} + 0,158 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,08 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & - 0,00095 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,0197 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

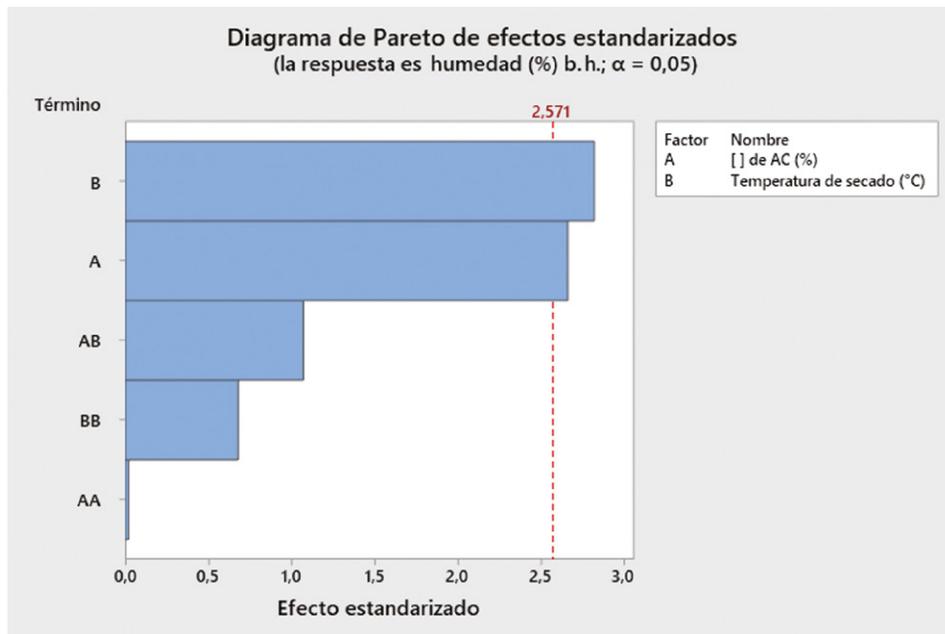


Figura 128.

Fuente: elaboración propia.

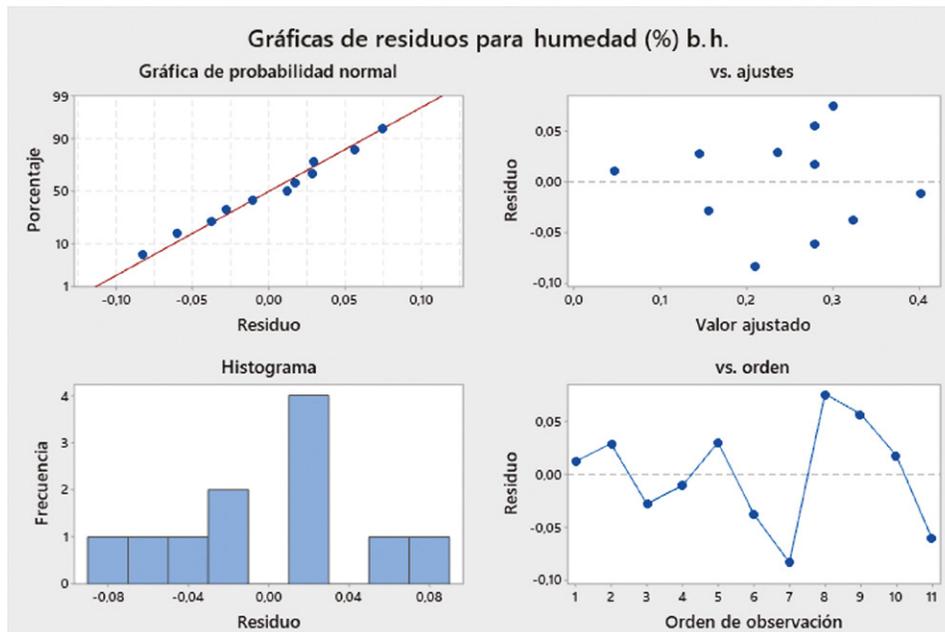


Figura 129.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.21 Regresión de superficie de respuesta: índice de acidez o valor ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0,8599	0,0547	15,73	0,000
[ ] de AC (%)	-0,1422	0,0632	-2,25	0,074
Temperatura de secado (°C)	-0,1495	0,0632	-2,36	0,064
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,145	0,272	0,53	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,023	0,272	-0,09	0,935
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,1400	0,0670	2,09	0,091
Término	FIV			
Constante				
[ ] de AC (%)	1,00			
Temperatura de secado (°C)	1,00			
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39			
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39			
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00			

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,134060	77,23 %	54,45 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,304730	0,060946	3,39
Lineal	2	0,191534	0,095767	5,33
[ ] de AC (%)	1	0,091012	0,091012	5,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,100522	0,100522	5,59
Cuadrado	2	0,034838	0,017419	0,97
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,005132	0,005132	0,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000132	0,000132	0,01
Interacción de 2 factores	1	0,078358	0,078358	4,36
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,078358	0,078358	4,36
Error	5	0,089861	0,017972	
Falta de ajuste	3	0,070107	0,023369	2,37
Error puro	2	0,019754	0,009877	
Total	10	0,394591		

Fuente	Valor p
Modelo	0,103
Lineal	0,058
[ ] de AC (%)	0,074
Temperatura de secado (°C)	0,064
Cuadrado	0,441
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,935
Interacción de 2 factores	0,091
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,091
Error	
Falta de ajuste	0,311
Error puro	
Total	



### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Índice de acidez o valor ácido} = & 2,0 - 8,28 [\text{ ] de AC (\%)} + 0,008 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 4,13 [\text{ ] de AC (\%)} \times [\text{ ] de AC (\%)} \\ & - 0,00023 \text{ Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \\ & + 0,0746 [\text{ ] de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

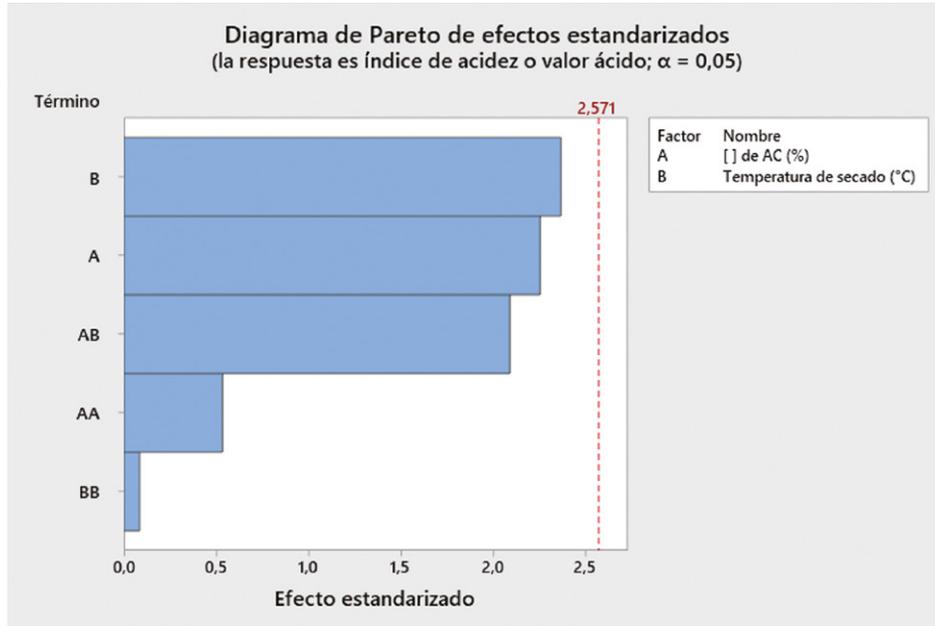


Figura 130.

Fuente: elaboración propia.

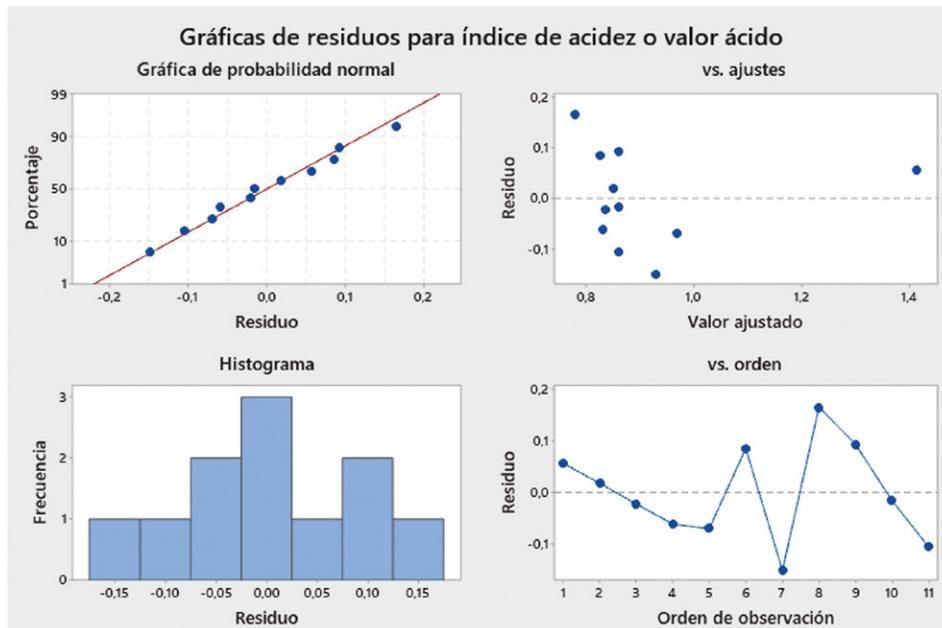


Figura 131.

Fuente: elaboración propia.



#### 4.2.22 Regresión de superficie de respuesta: acidez o contenido AGL (% ácido vs. [ ] de AC (%). Temperatura de secado (°C)

##### Coefficientes codificados

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p
Constante	0,4329	0,0275	15,73	0,000
[ ] de AC (%)	-0,0716	0,0318	-2,25	0,074
Temperatura de secado (°C)	-0,0752	0,0318	-2,36	0,064
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,073	0,137	0,53	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	-0,012	0,137	-0,09	0,935
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,0705	0,0337	2,09	0,091
Término	FIV			
Constante				
[ ] de AC (%)	1,00			
Temperatura de secado (°C)	1,00			
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	9,39			
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	9,39			
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1,00			

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred.)
0,0674842	77,23 %	54,45 %	0,00 %

##### Análisis de varianza

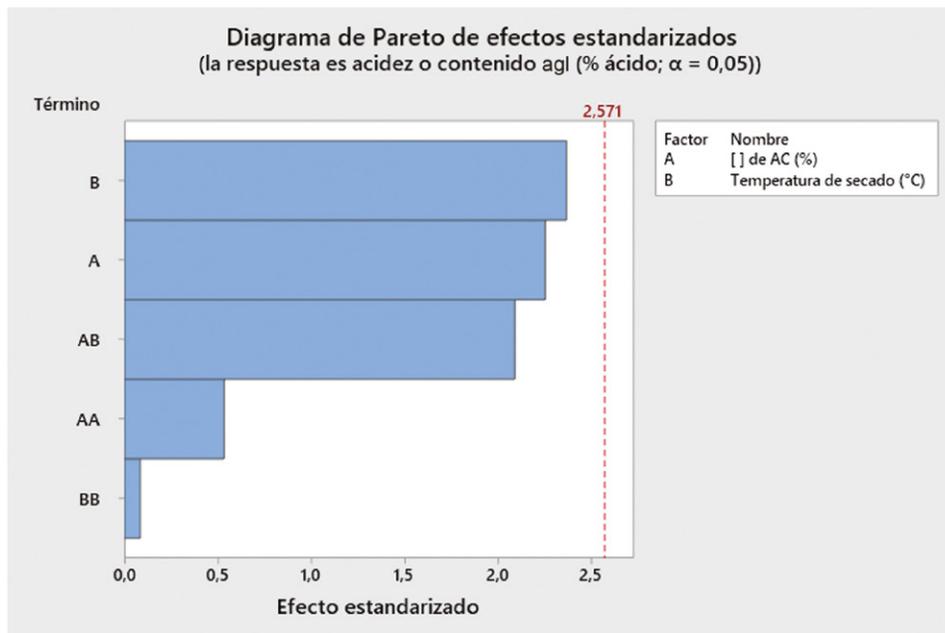
Fuente	GL	SC ajust.	MC ajust.	Valor F
Modelo	5	0,077218	0,015444	3,39
Lineal	2	0,048534	0,024267	5,33
[ ] de AC (%)	1	0,023062	0,023062	5,06
Temperatura de secado (°C)	1	0,025472	0,025472	5,59
Cuadrado	2	0,008828	0,004414	0,97
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	1	0,001300	0,001300	0,29
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	1	0,000033	0,000033	0,01
Interacción de 2 factores	1	0,019856	0,019856	4,36
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	1	0,019856	0,019856	4,36
Error	5	0,022771	0,004554	
Falta de ajuste	3	0,017765	0,005922	2,37
Error puro	2	0,005006	0,002503	
Total	10	0,099989		



Fuente	Valor p
Modelo	0,103
Lineal	0,058
[ ] de AC (%)	0,074
Temperatura de secado (°C)	0,064
Cuadrado	0,441
[ ] de AC (%) × [ ] de AC (%)	0,616
Temperatura de secado (°C) × Temperatura de secado (°C)	0,935
Interacción de 2 factores	0,091
[ ] de AC (%) × Temperatura de secado (°C)	0,091
Error	
Falta de ajuste	0,311
Error puro	
Total	

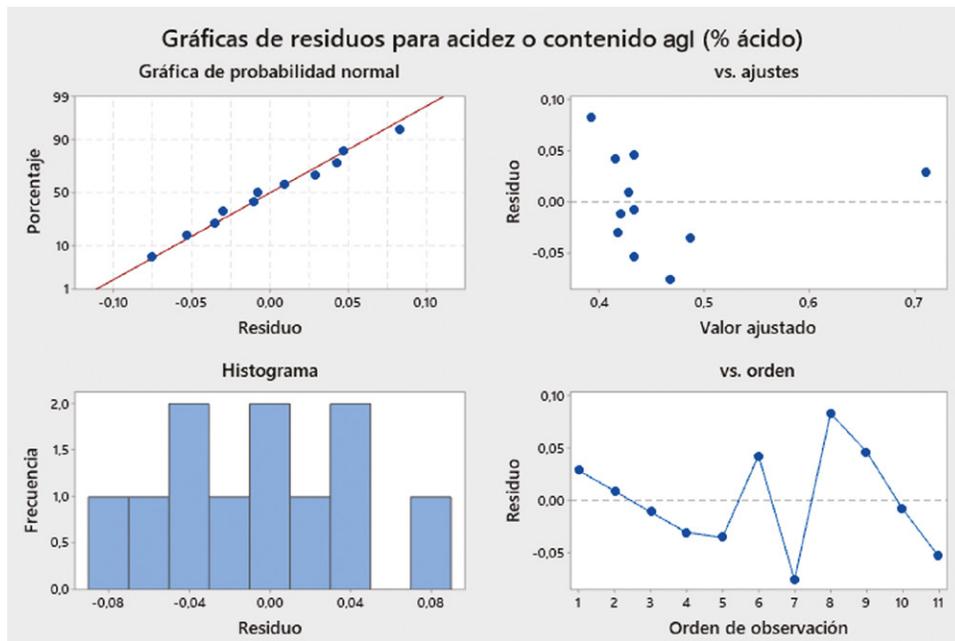
**Ecuación de regresión en unidades no codificadas**

$$\begin{aligned}
 \text{Acidez o contenido AGL (\% ácido)} = & 0,99 - 4,17 [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & + 0,004 \text{ Temperatura de secado (°C)} \\
 & + 2,08 [ ] \text{ de AC (\%)} \times [ ] \text{ de AC (\%)} \\
 & - 0,00012 \text{ Temperatura de secado (°C)} \times \text{Temperatura de} \\
 & \text{secado (°C)} + 0,0376 [ ] \text{ de AC (\%)} \times \text{Temperatura de secado (°C)}
 \end{aligned}$$



**Figura 132.**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 133.**

Fuente: elaboración propia.

## 5 REFERENCIAS

- Aguacate Del Rey. (2022). Acerca de nosotros. *Del Rey Avocado*. <https://www.delreyavocado.com/about/>
- Acosta, M. (2011). *Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Agropackers SAC. (2019). *Agropackers*. <http://www.agropackers.com.pe/>
- Aguilar-Morales, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos* (2.ª ed.). Red Tercer Milenio. [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico\\_administrativo/Metodos\\_de\\_conservacion\\_de\\_alimentos.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf)
- Aguirre-Joya, J. A., Ventura-Sobrevilla, J., Martínez-Vázquez, G., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Rodríguez-Herrera, R. y Aguilar, C. N. (2017). Effects of a natural bioactive coating on the quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Food Packaging and Shelf Life*, 14(September), 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.09.003>
- Aktar, T. y Adal, E. (2019). Determining the Arrhenius kinetics of avocado oil: Oxidative stability under rancimat test conditions. *Foods*, 8(7), 1-13.
- Alcaldía Municipal de Bolívar Valle. (2019). *Geografía: Alcaldía Municipal de Bolívar Valle*. <http://www.bolivar-valle.gov.co/municipio/geografia>
- Alibaba.com. (2020). Secador de tunel. [https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product\\_en&CatId=&SearchText=tunnel+dryer&viewtype=&tab=](https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=tunnel+dryer&viewtype=&tab=)
- Alimentareitaliana. (s. f.). Compagnia alimentare Italiana dal 1905 olii di oliva Made in Italy. *Compagnia Alimentare Italiana*. <https://alimentareitaliana.it/index.php>
- Alnasan, Z. y Yamanishi, O. K. (2018). Changes in Dry Matter, Oil Content and Fatty Acid of Avocado during Storage. *Acta Horticulturae*, 1216, 37-43. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1216.5>
- Álvarez, A. A. (2015). Relación entre propiedades reológicas y de calidad durante la maduración de palta hass (*Persea americana* Mill.) [trabajo de pregrado, Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137812/Relacion-entre-propiedades-reologicas-y-de-calidad-durante-la-maduracion-de-palta-Hass.pdf?sequence=1>.
- Álvarez Herazo, M., Ciro-Velásquez, H. J. y Márquez, C. J. (2019). Rheological and Thermal Study of Structured Oils: Avocado (*Persea americana*) and Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Systems. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 321-329. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3492-4>
- AMD Oils. (s. f.). Ventas de petróleo de AMD. *AMD oil sales LLC*. <https://www.amdoilsales.com/>
- AMD Oils. (s. f.). *AMD oil sales LLC*. <https://www.amdoilsales.com/amd-oil-sales/>
- Amitic, C. I., Mart, M. M., Pechene, Q. y Popay, S. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. *Memorias De Congresos UTP*, 194–201. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1493>



- Analdex (2017). Los retos del aguacate Hass colombiano en los mercados internacionales [ponencia]. Seminario Internacional de Aguacate Hass, Armenia, Colombia.
- Analdex. (2020). La meta con el aguacate Hass colombiano es conquistar el mercado Chino este año. *Analdex: Asociación Nacional de Comercio Exterior*. <https://www.analdex.org/2020/01/29/la-meta-con-el-aguacate-hass-colombiano-es-conquistar-el-mercado-chino-este-ano/>
- Arias, F. (2019a). Apoyo a la expansión del aguacate Hass. *El Colombiano* <https://www.elcolombiano.com/negocios/expansion-del-aguacate-hass-en-colombia-HD11655156>
- Arias, F. (2019b). El aguacate Hass abre apetito de inversionistas. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/aguacate-hass-atrae-inversion-a-colombia-FD11659837>
- Arias, F. (2019c). Las 5 razones que le dan impulso al aguacate Hass. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/impulso-al-aguacate-hass-en-colombia-EN11588268>
- Arias, F. (2020). En el Quindío se inaugura planta de aguacate Hass. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/agro/planta-de-aguacate-hass-en-el-quindio-BF12355352>
- Arias, F., Montoya, C. y Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica de Chile*, 55, 22-35. <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/994/1442>
- Ariza-Ortega, J. A., Ramírez-Moreno, E., Ramos-Cassellis, M. E., y Díaz-Reyes, J. (2014). Conservación del aceite de aguacate con campo eléctrico. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(3), 705-711.
- Arpaia, M. L., Collin, S., Sievert, J. y Obenland, D. (2015). Influence of cold storage prior to and after ripening on quality factors and sensory attributes of Hass avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.016>
- Arpaia, M. L., Collin, S., Sievert, J., y Obenland, D. (2018). 'Hass' avocado quality as influenced by temperature and ethylene prior to and during final ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 140, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.02.015>
- Asmar, S. (2020). Exportaciones de aguacate Hass llegan a Japón, a pesar del contagio del covid-19. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/exportaciones-de-aguacate-hass-llegan-a-japon-a-pesar-del-covid-19-2998266>
- Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex). (2019). *Informe de Exportaciones de Aguacate Primer Semestre de 2019*. <https://www.analdex.org/2019/09/27/informe-de-exportaciones-de-aguacate-primer-semester-de-2019/>
- Astudillo-Ordóñez, C. y Rodríguez, P. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Corpoica Cienc. Tecnol. 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)
- Baeghballi, V., Niakousari, M. y Farahnaky, A. (2016). Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. *LWT—Food Science and Technology*, 66, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.017>



- Barrientos-Priego, A. F., Martínez-Damián, M. T., Vargas-Madriz, H. y Lázaro-Dzul, M. O. (2016) El calcio asperjado en precosecha en la maduración y daño por frío en aguacate 'Hass' (*Persea americana* Mill.), *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 22(3), 145-159. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.04.010>.
- Bassaganya-Riera, J., King, J. y Hontecillas, R. (2004). Health benefits of CLA—Lessons from pig models in biomedical research. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(12), 856-861. doi: 10.1002/ejlt.200401067.
- BBC mundo (2019, 26 de febrero) Cuáles son los países más saludables del mundo y cómo se posiciona América Latina en esa lista. *BBC mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47372455>
- Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., y Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132(1), 439-446.
- Bernal, J. y Díaz, C. (2008). Usos y Formas de Preparación. En J. Bernal y C. Díaz (Compiladores), *Tecnología para el Cultivo del Aguacate* (pp. 221-232). Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Bernal Estrada, J.; Díaz Diez, C.; Osorio Toro, C.; Tamayo Vélez, Á.; Osorio Vega, W.; Córdoba Gaona, Ó.; Londoño Zuluaga, M. E., Kondo Rodríguez, D. T.; Carabalí Muñoz, A.; Varón Devia, E.; Caicedo Vallejo, A. M.; Tamayo Molano, P. J.; Sandoval Aldana, A.; Forero Longas, F., García Lozano, J. y Londoño Bonilla, M. *Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) En El Cultivo De Aguacate*. Corpoica.
- Beltrán, A. y Ramos, M. (2010). Estudio de la Vida Útil de Fresas (*Fragaria vesca*) Mediante Tratamiento con Radiación Ultravioleta de Onda Corta (UV-C), *Revista Tecnológica Espol-RTE*, 23(2), 17-24.
- Bhisey, R. (2018). Demand for Avocado Oil in North America to Increase in the Coming Years. *GlobeNewswire, Inc.* <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/04/18/1480623/0/en/Demand-for-Avocado-Oil-in-North-America-to-Increase-in-the-Coming-Years.html>
- Blakey, R., Blakey, K. M. y Bower, J. P. (2009). The importance of maintaining the cold chain to avocado ripening and quality. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 32, 48-52.
- Blakey, R. J. Samson, T., Bertling, I., Bower, J. P. (2012). Changes in sugars, total protein, and oil in 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit during ripening. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(4), 381-387. doi: 10.1080/14620316.2012.11512880.
- Blakey, R. J., Tesfay, S. Z., Bertling, I. y J. P. Bower. (2014). Ripening physiology and quality of 'hass' avocado (*Persea Americana* Mill.) after cold storage at 1 °C. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(6), 655-662. doi: 10.1080/14620316.2014.11513134.
- BlueWeave Consulting. (2019). *Avocado Oil Market Size, Share, Forecast to 2025*. *BlueWeave Consulting*. <https://www.blueweaveconsulting.com/global-avocado-oil-market-1981>
- Careli-Gondim, Í., Carvalho Mesquita, T., Barros Vilas Boas, E. V. de, Caliarí, M. y Soares Soares, M. (2020) "The effect of active coating and refrigerated storage on the quality



- of avocado cultivar, Quintal”, *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 143-151. doi: 10.1007/s13197-019-04039-3.
- Cartama. (2020). Acerca de Nosotros. *Cartama*. <http://cartama.com.co/acerca-de-nosotros/1/cod1/>
- Casal, S., Malheiro, R., Sendas, A., Oliveira, B. P. P. y Pereira, J. A. (2010). Olive Oil Stability under Deep-Frying Conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2972–2979. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.07.036>.
- Castañeda-Antonio, D., López-Varela, P., Guel-Silva, G., Ramos-Cassellis, E., Ariza-Ortega, A., Carrera-Martínez, C. D., Portillo-Reyes, R. (2015). Caracterización oxidativa de aceite de aguacate Hass y aceites de aguacate criollo (*P. Americana* Mill. Var. *Drymifolia*). En *Actas del VIII congreso mundial de la palta* (pp. 423-430). Prohass.
- CBI- ICI Business. (2020). ¿Qué tendencias ofrecen oportunidades o plantean amenazas en el mercado europeo de frutas y hortalizas frescas? *CBI (Centro para la Promoción de Importaciones de países en desarrollo)*. <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/trends/>
- CBI Market information data base. (s. f.). *Practical market insights for your product, Avocado*. CBI
- Çengel, Y. A. (2004). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill.
- Cepal. (2016). Consumo de energía y eficiencia en las terminales de contenedores. *Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe*, 6, 1-11.
- Chimsook, T., and Rittichai, A. (2017). Effect of Drying Methods on Yield and Quality of the Avocado Oil. *Key Engineering Materials* 735, 127-131. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.735.127>.
- Chosen Foods (2022). Aceite de aguacate. <https://chosenfoods.com/pages/about-chosen-foods>
- Clarke, P. T. (2004). Refractance window TM: down under. *Proceedings on the 14th International Drying Symposium*, B(agosto), 813-820.
- Colfrost. (2019). Colfrost – Procesadora de Frutas Congeladas. <https://www.colfrost.co/>
- Codex. (1995). Codex STAN197. *Código de alimentación: Norma de Codex para el aguacate* (*Persea americana*). Organización de la naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).
- Codex. (1981). Codex Stan 33-1981: Para los aceites de oliva virgenes y refinados y los aceites refinados de orujo de aceituna. *Codex Alimentarius Commission*. 1981.
- Colombia.com. (2019, 26 de julio). El aguacate Hass que más se produce en Colombia es antioqueño. <https://www.colombia.com/gastronomia/noticias/el-aguacate-hass-que-mas-se-produce-en-colombia-es-antioqueno-236294>
- Compagnia Alimentare Italiana (2021). *Home*. <https://alimentareitaliana.it/>
- Coorey, R., Ng, D. S. H., Jayamanne, V. S., Buys, E. M., Munyard, S., Mousley, C. J., Njage, P. M. K., y Dykes, G. A. (2018). The Impact of Cooling Rate on the Safety of Food Products as Affected by Food Containers. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 827–840. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12357>
- Corpohass, C. (2019). *Edición especial: XI Congreso Mundial de Aguacate*. Corpohass.



- Cosimo, T., Costa, C., Menesatti, P., Caparrotta, S., Bazihizina, N., Azzarello, E., Petrucci, W. A., Masi, E. y Giordani, E. (2015). Use of volatile organic compounds and physico-chemical parameters for monitoring the post-harvest ripening of imported tropical fruits. *European Food Research and Technology*, 241(1), 91-102. doi: 10.1007/s00217-015-2438-6.
- Costagli, G. y Betti, M. (2015). Avocado oil extraction processes: Method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3), 115-122. <https://doi.org/10.4081/jae.2015.467>
- Costco Business Center (2021). *Vinegar, Cooking Oil & Spray*. <https://www.costcobusinessdelivery.com/ottavio-100%25-pure-avocado-oil%2C-34-fl-oz.product.100354975.html>
- Damián, M. (2014). Comportamiento postcosecha de frutos de aguacate “Hass” afectado por temperatura y atmósfera modificada con microperforado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 235-242.
- Dane (2015) El cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales. *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*, (40), 80.
- Defilippi, B., Ejsmentewicz, T., Covarrubias, M., Gudenschwager, O. y Campos, R. (2018). Changes in cell wall pectins and their relation to postharvest mesocarp softening of “Hass” avocados (*Persea americana* Mill.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 128, 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.018>
- Delgado, A. E. y Sun, D. W. (2012). Food Refrigeration. En *Handbook of Food Safety Engineering* (pp. 444-467). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444355321.ch18>
- Die deutschen Versicherer (GdV) (2020) *Avocados – Transport Informations Service*. [https://www.tis-gdv.de/tis\\_e/ware/obst/avocado/avocado.htm/#transport](https://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/obst/avocado/avocado.htm/#transport)
- dos Santos Hurtado de Mendoza, Z. M. y Hurtado de Mendoza Borges, P. (2015). Análisis colorimétrico del extracto acuoso de hojas de teca. *Revista Arvore*, 39(5), 953-961. doi: 10.1590/0100-67622015000500018.
- E-Containers. (2019). Venta y alquiler de contenedores. <https://econtainers.co/blog/?s=Venta+y+alquiler+de+contenedores>
- EFE. (2020). Grupo israelí adquiere negocio de aguacate hass en Colombia. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/negocios/grupo-israeli-adquiere-negocio-de-aguacate-hass-en-colombia-537526>
- El Colombiano. (2019, 17 de abril). *80 % de los cultivos de aguacate hass son de campesinos*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/economia/80-de-los-cultivos-de-aguacate-hass-son-de-campesinos-IB10557359>
- El verde. (s. f.). Historia. *The greenery* <https://www.thegreenery.com/organisatie/historie>
- El País. (2019, 14 de enero). *El Valle del Cauca puede convertirse en el primer productor de aguacate*. <https://www.elpais.com.co/contenido-premium/el-valle-del-cauca-puede-convertirse-en-el-primer-productor-de-aguacate.html>
- EmCali (Empresas Municipales de Cali). (2020). Tarifas. <https://www.emcali.com.co/web/energia/tarifas>



- END 094. (2018). Frutas frescas, aguacate variedad Hass, especificaciones. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación*, (571), 1-15.
- Epsa. (2019). Información sobre tarifas. [https://old-celsia.smk.agency/wp-content/uploads/2020/09/Tarifas-EPsa-enero\\_2019.pdf](https://old-celsia.smk.agency/wp-content/uploads/2020/09/Tarifas-EPsa-enero_2019.pdf)
- Escobar, J. V., Rodríguez, P., Cortés, M. y Correa, G. (2019). Influence of dry matter as a harvest index and cold storage time on cv. Hass avocado quality produced in high tropic region. *Informacion Tecnológica*, 30(3), 199-210. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300199>
- Espinosa-Cruz, C., Valle-Guadarrama, S., Carmen Ybarra-Moncada, M., y Teresa Martínez-Damián. (2014). *Comportamiento postcosecha de frutos de aguacate 'Hass' afectado por temperatura y atmósfera modificada con microperforado*. *Rev. fitotec. Mex.*, 37(3), 235-242.
- Fact.MR. (2019). Pronóstico del mercado del aceite de aguacate, análisis de tendencias y seguimiento de la competencia: Global Market Insights 2019 a 2029. *Fact.MR*. <https://www.factmr.com/report/635/avocado-oil-market>
- Fact.MR. (2020). *Extra-Virgin Oil Expected to Hold More than 44 % of the Avocado Oil Market Share in the Forecast Period*. <https://www.factmr.com/report/635/avocado-oil-market>
- FAO. (2006). Norma ambiental de calidad de aire (NA-AI-00-1-03). *Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 3, 20.
- FAO (2013) *Norma del codex para el aguacate, Codex Stan 197 2013: Norma para el aguacate*. [http://www.fao.org/input/download/standards/321/CXS\\_197s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/321/CXS_197s.pdf).
- FAO (2021). Faostat [Internet]. FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- Fennema, O. R. (2007). *Food Chemistry* (4.ª ed.). Editado por CRC Press. doi: 10.1016/0260-8774(88)90055-6.
- Ferdman, R. (2015). El auge del aguacate, la nueva fruta favorita de Estados Unidos. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/01/22/the-sudden-rise-of-the-avocado-americas-new-favorite-fruit/>
- Flores, M., Saravia, C., Vergara, C., Valdés, H., Ávila, F. y Ortíz-Viedma, J. (2019). Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. *Molecules*, 24(11), 2172. <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>.
- Fona. (2019). Avocado-flavor insight report. *Fona*. [http://www.fona.com/wp-content/uploads/2019/06/FONA-Avocado-Flavor-Insight-0519\\_FINAL.pdf](http://www.fona.com/wp-content/uploads/2019/06/FONA-Avocado-Flavor-Insight-0519_FINAL.pdf)
- Fresh Plaza. (2014, 14 de junio). *La nueva base de productores colombianos de Jupiter amplía la oferta de aguacates*. <https://www.freshplaza.es/article/9163293/la-nueva-base-de-productores-colombianos-de-jupiter-amplia-la-oferta-de-aguacate/>
- Fresh Plaza. (2021, 10 de agosto). *Liquidseal extiende la vida útil de los aguacates de Total Exotics*. <https://www.freshplaza.es/article/9342982/liquidseal-extiende-la-vida-util-de-los-aguacates-de-total-exotics/>
- Frutería Vitamina (2020). <https://www.facebook.com/53462421585/photos/pcb.10157287808426586/10157287808316586/>



- Frutales Las Lajas S. A. (s. f.). *Aguacate Hass*. <https://www.frutaleslaslajas.com/index.php/who-we-are>
- Galanakis, C. M., Philippos T., Zenovia C. y Galanakis I. M. (2018). Polyphenols Recovered from Olive Mill Wastewater as Natural Preservatives in Extra Virgin Olive Oils and Refined Olive Kernel Oils. *Environmental Technology and Innovation*, 10, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.01.012>.
- Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit and maturation and ripening. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 52, 725-749. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.725>
- González, X. (2019, 09 de octubre). El Valle del Cauca se consolida como un destino clave para invertir en aguacate Hass. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-valle-del-cauca-se-consolida-como-un-destino-clave-para-invertir-en-aguacate-hass-2918478>
- González Cuello, R., Pérez Mendoza, J. y Gelvez Ordóñez, V. (2017). Incremento en la vida útil post cosecha del aguacate (*Persea americana*) utilizando recubrimientos a base de goma gelana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 101-110. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.67>
- Granada, D., López-Lujan, L., Ramírez-Restrepo, S., Morales, J., Peláez-Jaramillo, C., Andrade, G., y Bedoya-Pérez, J. C. (2020). Bacterial extracts and bioformulates as a promising control of fruit body rot and root rot in avocado cv. Hass. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(3), 748-758. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62720-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62720-6)
- Groove (2022). Aceite de aguacate extravirgen. <https://groveavocadooil.co.nz/>
- Gutiérrez, C. (2019). Desde el Valle del Cauca se exporta aguacate Hass al mercado norteamericano. *Gobernación del Valle del Cauca*. <https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/63388/desde-el-valle-del-cauca-se-exporta—aguacate-hass-al-mercado-norteamericano/#:~:text=El Valle del Cauca se ha convertido en epicentro para,Unidos%2C Europa y América Latina.&text=El ICA recibió de su,s>
- H. E. B. (2021). *Ottavio Avocado Oil Spray*. <https://www.heb.com/product-detail/ottavio-avocado-oil-spray/2872024>
- Henríquez Arias, L. E., Patiño Gómez, J. H. y Salazar, J. A. (2013). Application of the matrix engineering on the development of minimally processed Hass avocado (*persea americana* mill) with additions of vitamin c and calcium. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 44-54.
- Hernández, I., Fuentealba, C., Olaeta, J. A., Lurie, S., Defilippi, B. G., Campos-Vargas, R., Pedreschi, R. (2016) Factors associated with postharvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados (*Persea americana* Mill). *Fruits*, 71(5), 259-268. doi: 10.1051/fruits/2016016.
- Hernández, A. y Fernández, M. (2018). *Potencialidades en la producción de aguacate Hass en el Departamento de Antioquia* [Tesis, Universidad Eafit].
- Hershkovitz, V., Friedman, H., Goldschmidt, E. E., Feygenberg, O. y Pesis, E. (2009). Induction of ethylene in avocado fruit in response to chilling stress on tree. *J. Plant Physiol.* 166, 1855-1862. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.05.012>



- Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E. y Whitmore, K. (2003). The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in 'Hass' avocado. *Postharvest Biology and Technology*, 29(1), 41-53. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00211-9.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2020). *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*. <https://www.ica.gov.co/>
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2020). Protocolo fitosanitario para la exportación a Panamá de frutas y vegetales frescos o refrigerados, originarios de Colombia, entre la autoridad panameña de seguridad de alimentos y el instituto colombiano agropecuario (ICA), adscrito al ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/11ee60b3-ebfb-41dd-b86f-6cafbaf1565a/Frutas-y-Vegetales.aspx>
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). (2015). Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC). [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac\\_2015\\_final\\_para\\_imprimir.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac_2015_final_para_imprimir.pdf)
- Icemakerchina. (2019). CBF: Products. <https://es.icemakerchina.com/products>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (1996). NTC 1248-3 *Frutas Frescas. Aguacate. Almacenamiento y Transporte*. Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) (2019). NTC 6345:2019. *Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones*. Icontec
- iMarc. (2020). Tamaño del mercado del aceite de aguacate, participación, análisis y pronóstico 2020-2025. *iMarc Group*. <https://www.imarcgroup.com/avocado-oil-market>
- ImportGenius. (2020). International Trade Databases for Import-Export Businesses. *ImportGenius*. <https://www.importgenius.com/>
- Jiménez, M. E., Aguilar, R., De, M., y Zambrano, L. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *J. Mex. Chem. Soc.*, 45(2), 89-92.
- Kassim, A. y Workneh, T. S. (2020). Influence of postharvest treatments and storage conditions on the quality of Hass avocados. *Heliyon*, 6(6), e04234. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04234>
- Kim, Y. M., Paik, H. D. y Lee, D. S. (2002). Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocin-coated plastic packaging film. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(9), 998-1002. doi: 10.1002/jsfa.1125.
- Krumreich, F. D., Borges, C. D., Mendonça, C. R. B., Jansen-Alves, C. y Zambiasi, R. C. (2018). Bioactive Compounds and Quality Parameters of Avocado Oil Obtained by Different Processes. *Food Chemistry*, 257 (June 2017), 376-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048>.
- Krumreich, F. D., Borges, C. D., Mendonça, C. R. B., Jansen-Alves, C. y Zambiasi, R. C. (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chem.*, 257, 376-381.
- Landahl, S., Meyer, M. D. y Terry, L. A. (2009). Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15), 7039-7047. doi: 10.1021/jf803669x.



- Legiscomex. (2017). El aguacate Hass colombiano tiene un mundo de anaqueles esperando. *Legiscomex*. <https://www.legiscomex.com/Documentos/aguacate-hass-colombia-mundo-anaqueles-actualizacion>
- Legiscomex. (2020). Requisitos de inocuidad para exportar alimentos a EE UU. *Legiscomex*. <https://www.legiscomex.com/Documentos/requisitos-inocuidad-alimentaria-eeuu-nota-actualizacion>
- López, A. (2003). *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. N.º 151. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s.pdf>
- López-López, L., y Cajuste-Bontemps, J. F. (1999). Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 365-371.
- Macdougall, D. (2010). Colour measurement of food: principles and practice. En *Colour Measurement* (pp. 312-342). Elsevier. doi: 10.1533/9780857090195.2.312.
- Maldonado, N. (2015). *Posibilidades de reducción en la generación o de incremento del aprovechamiento de los residuos sólidos residenciales en la cabecera del municipio de Versalles, Valle del Cauca* [Trabajo de grado, pregrado, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8972?show=full>
- Market research future. (2020). Avocado Oil Market Size, Share, Trends and Global Analysis, 2024. MRFR. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/avocado-oil-market-4758>
- Márquez, C. J. et al. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. 'Hass') en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), pp. 32-47.
- Martínez, M. M. y Quintero, J. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. En *4.º Congreso Internacional AmITIC 2017* (pp. 194-201, vol. 1).
- Memmert. (2019). Cámaras climáticas. <https://www.memmert.com/es/el-producto/camaras-climaticas/>
- Maplascalí. (2020). *Banda Transportadora De 5 Metros*. Mercado Libre. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-512331473-banda-transportadora-de-5-metros-\\_JM#position=1&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=95cac8b9-d325-4491-8395-c476f052c8d5](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-512331473-banda-transportadora-de-5-metros-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=95cac8b9-d325-4491-8395-c476f052c8d5)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2019a). Cadena de aguacate: Indicadores e Instrumentos. *Lecturas de Economía*, 52 (52), 165-194.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2019b). “Ya Somos El Cuarto Productor de Aguacate Del Mundo y Tenemos Todo Para Convertirnos En Grandes Exportadores”: Ministro Valencia. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Ya-somos-el-cuarto-productor-de-aguacate-del-mundo-y-tenemos-todo-para-convertirnos-en-grandes-exportadores-ministro-Valenc.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2020). El aguacate Hass colombiano anota en el Super Bowl 2020. *Minagricultura*. <https://www.minagri->



- cultura.gov.co/noticias/Paginas/El-aguacate-hass-colombiano-a-ota-en-el-Super-Bowl-2020.aspx
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). (2019). Cadena de aguacate. Indicadores e Instrumentos. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- McGarlet (2020). *Avocado ready to eat*. <https://www.mcgaret.it/it/product/avocado-ready-to-eat-2/>
- Meyer, M.D., Terry, L.A. (2010). Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-ethylcyclopropene to extend storage life. *Food chem*, 121, 1203-1210.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2006). *Emisión de ruido y ruido ambiental (2006)*. Minambiente.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Usos del agua y residuos líquidos, Decreto 3930 § (2010)*. Minambiente.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones (2017)*. Minambiente.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. (2018). *Parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas*. Minambiente.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (Mincit). (2019). En el primer semestre de este año, exportaciones de aguacate crecen 37,6 %. *Mincit*. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/en-el-2019-exportaciones-de-aguacate-crecen-37-6>
- Ministerio de Minas y Energía. (2001). Uso racional y eficiente de la energía, Ley 697 § (2001).
- Ministerio de Minas y Energía. (2008). Uso racional y eficiente de la energía eléctrica (2008).
- Montes, L. (2019). Las principales cadenas de supermercados en los países europeos. *Business Insider España*. <https://www.businessinsider.es/principales-cadenas-supermercados-paises-europeos-451705>
- Morono, Y., Terada, T., Yamamoto, Y., Xiao, N., Hirose, T., Sugeno, M., Ohwada, N. y Inagaki, F. (2015). Intact preservation of environmental samples by freezing under an alternating magnetic field. *Environmental Microbiology Reports*, 7(2), 243-251. doi: 10.1111/1758-2229.12238.
- Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K. y Tiwari, B. K. (2014). Novel Drying Techniques for the Food Industry. *Food Engineering Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9078-7>.
- Munhuweyi, K., Mpai, S. y Sivakumar, D. (2020). Extension of avocado fruit postharvest quality using non-chemical treatments. *Agronomy*, 10(2). doi: 10.3390/agronomy10020212.
- Nature's Pride. (s. f.). Nuestra empresa. *Naturespride.eu*. <https://www.naturespride.eu/our-company>
- Nielsen (2018). *Total consumer report*. [http://files.r-trends.ru/reports/total\\_consumer\\_report\\_march\\_2018.pdf](http://files.r-trends.ru/reports/total_consumer_report_march_2018.pdf)



- Nieto, A. (2018). El Frío en la Conservación de Alimentos. <https://www.mundohvacr.com.mx/2008/05/el-frio-en-la-conservacion-de-alimentos/>
- Nindo, C. I., y Tang, J. (2007). Refractance Window Dehydration Technology: A Novel Contact Drying Method. *Drying Technology*, 25(1), 37-48. <https://doi.org/10.1080/07373930601152673>
- Ocaña, J. y Mastrocola, N. (2019). *Evaluación del efecto de tres tiempos de exposición al 1-metilciclopropeno en dos variedades de aguacate (Persea americana Mill.)* [Trabajo de grado, pregrado,. Universidad Central del Ecuador].
- Ochoa, S. (2009). Calidad y manejo pos-cosecha del fruto de aguacate. En *III congreso latinoamericano del Aguacate* [ponencia] (pp. 1-17). Medellín, Colombia.
- Ochoa-Ascencio, S., Hertog, M. L. A. T. M., y Nicolaï, B. M. (2009). Modelling the transient effect of 1-MCP on 'Hass' avocado softening: A Mexican comparative study. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.06.002>
- Ortega, M. A. (2003). Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. En *Actas V Congreso Mundial Del Aguacate* (pp. 741-748). [http://209.143.152.63/WAC5/Papers/WAC5\\_p741.pdf](http://209.143.152.63/WAC5/Papers/WAC5_p741.pdf)
- Ortega, S., Jiménez, S., Miranda, R., Sánchez, T. y Villagómez, A. (2008). Análisis sensorial, fisicoquímico e instrumental de aguacate variedad Hass y criollo, cosecha 2007. *Revista Salud Publica y Nutrición*, 8, 1-6.
- Ortiz-Viedma, J., Rodriguez, A., Vega, C., Osorio, F., Defillipi, B., Ferreira, R., Saavedra, J. (2018). Textural, flow and viscoelastic properties of Hass avocado (*Persea americana* Mill.) during ripening under refrigeration conditions. *Journal of Food Engineering*, 219, 62-70.
- Osuna García, J. A., Nolasco González, Y., Herrera González, J. A., Guzmán Maldonado, S. H. y Álvarez Bravo, A. (2017). Influencia del clima y rugosidad sobre la tolerancia a refrigeración del aguacate 'Hass.' *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19 (especial), 3911. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.660>
- Ottaviofoods. (s. f.). *Ottavio: siempre una opción saludable*. <https://ottaviofoods.com/>
- Pacific Fruits (2018). *Reporte exportaciones aguacate Hass*. Colombia.
- Parzanese, M. (2016). Vegetales mínimamente procesados. En *Alimentos Argernitos* (pp. 30-39). Argentina: Secretaría de agricultura, ganadería y pesca.
- Patil, K. C., Aruna, S. T. y Mimani, T. (2002). Combustion synthesis: an update. *Current opinion in solid state and materials science*, 6(6), 507-512
- Pedreschi, R., Muñoz, P., Robledo, P., Becerra, C., Defilippi, B. G., Eekelen, H. D. L. M. van, Mumm, R., Westra y E. H., Vos, R. C. H. de (2014). Metabolomics analysis of post-harvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 172-179. doi: 10.1016/j.postharvbio.2014.01.024.
- Pedreschi, R., Uarrota, V., Fuentealba, C., Alvaro, J. E., Olmedo, P., Defilippi, B. G., Meneeses, C. y Campos-Vargas, R. (2019). Primary metabolism in avocado fruit. *Frontiers in Plant Science*, 10. doi: 10.3389/fpls.2019.00795.



- Pérez-Méndez, O., y García-Hernández, L. (2007). High-density lipoproteins (HDL) size and composition are modified in the rat by a diet supplemented with “Hass” avocado (*Persea americana* Miller). *Archivos de Cardiología Mexicana*, 77, 17-24.
- Pérez, K., Mercado, J. y Soto-Valdez, H. (2004). Note. Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea americana*). *Food Science and Technology International*, 10(2), 73-77. <https://doi.org/10.1177/1082013204043763>
- Pérez, R., Villanueva, S. y Cosío, R. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *E-Gnosis*, 3, 0-11.
- Pérez-Pérez, E. P., y López-Malo, A. (2011). Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 13-27.
- Pelaez, V. y Nuñez, D. (2020). Potencial exportador de aguacate colombiano a Corea del Sur. *Revista Mundo Asia Pacífico*, 9(17), 90-103. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/map/article/view/6793/5078>
- Pesis, E., Ackerman, M., Ben-Arie, R., Feygenberg, O., Feng, X.; Apelbaum, A., Goren, R., Prusky, D. (2002). Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 24(2), 171-181. doi: 10.1016/S0925-5214(01)00134-X.
- Piedrahíta, E. (2018). De aguacate y otras hierbas. *El país.com.co*. <https://www.elpais.com.co/opinion/columnistas/esteban-piedrahita/de-aguacate-y-otras-hierbas.html>
- Pinto, J., Rueda-Chacón, H. y Arguello, H. (2019). Classification of Hass avocado (*persea americana* Mill.) in terms of its ripening via hyperspectral images. *Tecnológicas*, 22(45), 109-128. doi: 10.22430/22565337.1232.
- PMG. (2020). *Aguacates*. Guía del mercado de productos. <https://www.producemarketguide.com/produce/avocados>
- Portafolio. (2020). Grupo Puerto de Cartagena le apuesta a la exportación de aguacate Hass. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/contenido-patrocinado/grupo-puerto-de-cartagena-le-apuesta-a-la-exportacion-de-aguacate-hass-538529>
- Portal Frutícola. (2019). Innovación lidera estrategia de crecimiento de aguacate colombiano. *Portal Frutícola*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/09/27/aguacates-de-colombia-lideres-sudamericanos-a-2040/>
- Portal Frutícola. (2019). Generando valor agregado en la industria del aguacate. *Portal Frutícola*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/06/12/generando-valor-agregado-en-la-industria-del-aguacate/>
- Procolombia. (2016, noviembre). *Tras esfuerzos del Gobierno y exportadores, Colombia está cerca de exportar aguacate a EE.UU.* <https://procolombia.co/tras-esfuerzos-del-gobierno-y-exportadores-colombia-esta-cerca-de-exportar-aguacate-eeuu>
- Procolombia. (2017). *El mercado del aguacate en Estados Unidos* (cartilla). <https://procolombia.co/publicaciones/estados-unidos-el-principal-comprador-del-mundo-de-aguacate-hass>.
- Procolombia. (2019a, 31 de julio). Conozca las dinámicas del mercado de los aceites vegetal. *Procolombia*. <https://procolombia.co/actualidad-internacional/agroindustria/conozca-las-dinamicas-del-mercado-de-los-aceites-vegetales-en-el-exterior>



- Procolombia. (2019b, 07 de noviembre). Las 24 jornadas de viaje de los primeros aguacates colombianos en Japón. *Procolombia*. <https://procolombia.co/noticias/las-24-jornadas-de-viaje-de-los-primeros-aguacates-colombianos-en-japon>
- Ramírez-Gil, J. G., Franco, G. y Henao-Rojas, J. C. (2019). Review of concept of quality in Hass avocado and pre-harvest and harvest factors that determine it under tropical conditions. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13, 1-22. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i3.10503>
- Ramírez-Gil, J. G., Morales, J. G., y Peterson, A. T. (2018). Potential geography and productivity of “Hass” avocado crops in Colombia estimated by ecological niche modeling. *Scientia Horticulturae*, 237, 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.021>
- Robayo, A. (2017). *Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de aguacate*, *Persea americana Mill. (Lauraceae)*, e implementación de un método de extracción del aceite de aguacate como alternativa de industrialización [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, P. y Henao, J. (2016). Avocado ripening (*Persea americana* Mill. cv. Hass) and fruit quality. *Agronomía colombiana*, 1, 914-917. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58101>
- Rodríguez, R. (2017). *Efecto de la aplicación poscosecha de un recubrimiento natural y aceites esenciales en el sistema antioxidante y metabolismo secundario de aguacate* (*Persea americana* Mill., cv. ‘Hass’) orgánico [tesis de maestría, Universidad autónoma de Querétaro].
- Rodríguez-Carpena, J. G., Morcuende, D., Andrade, M., Kylli, P. y Estévez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5625-5635. doi: 10.1021/jf1048832.
- Rivera, S. A., Ferreyra, R., Robledo, P., Selles, G., Arpaia, M. L., Saavedra, J. y Defilippi B. G. (2017). Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in ‘Hass’ avocado under long term storage. *Scientia Horticulturae*, 216, 29-37. doi: 10.1016/j.scienta.2016.12.024.
- Salvador, L., Miranda, S. P., Aragón, N. y Lara, V. (1999). Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México*, 43(1), 18-23.
- Salvador-Reyes, R. y Paucar-Menacho, L. M. (2019) Optimization of the blanching time and temperature in the manufacture of Hass avocado pulp using low quality discarded fruits. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, 1-17. doi: 10.1590/1981-6723.24418.
- Sandoval, A., Forero, F. y García, J. (2010) *Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora*. Corpoica. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4683/1/POSTCOSECHADEAGUACATE.pdf>.
- Santana, I., Castelo-Branco, V. N., Mello Guimarães, B., Oliveira Silva, L. Oliveira Di Sarli Peixoto, V., Corrêa Cabral, L. M., Pereira Freitas, S. y Guedes Torres, A. (2019). Hass Avocado (*Persea americana* Mill.) Oil Enriched in Phenolic Compounds and Tocopherols by Expeller-Pressing the Unpeeled Microwave Dried Fruit. *Food Chemistry*, 286, 354-361. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.014>.



- Santos, V. da S. y Fernandes, G. D. (2020). Cold pressed avocado (*Persea americana* Mill.) oil. En *Cold Pressed Oils* (pp. 405-428). Elsevier Inc.
- Satriana, S., Supardan, M. D., Arpi, N. y Mustapha, W. A. W. (2019). Development of Methods Used in the Extraction of Avocado Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(1), 1-12. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800210>.
- Schaller, G. E. y Binder, B. M., (2017). Inhibitors of Ethylene Biosynthesis and Signaling. En Binder, B. M. y G. E. Schaller (eds.). *Ethylene Signaling: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology* (p. 1573). [https://10.1007/978-1-4939-6854-1\\_15](https://10.1007/978-1-4939-6854-1_15)
- Schwartz, M., Olaeta, J. A., Undurraga, P., Sepúlveda, M. y Tepper, P. (2007). New products of avocado (*Persea americana* Mill.): Paste and pieces obtained by osmotic drying. En *World Avocado Congress* (p. 7). Chile. <http://www.avocadosource.com/WAC6/en/extenso/4b-196.pdf>.
- Schouw. (2022). The stock information recorded in the ERP system is always reliable and available in real-time at Nature's Pride. *Schouw Informatising From Apetean*. <https://www.schouw.org/en/customers/natures-pride/>
- Semana (2017). Aguacate: el oro verde de la economía colombiana [Internet]. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/aguacate-exportacion-y-mercado-en-colombia/243434/>
- Semana (2018). El Aguacate Hass colombiano se quiere abrir paso en Japón [Internet]. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/pais/articulo/exportaciones-de-aguacate-hass-de-colombia-a-japon-en-2018/263456/>
- Semana (2019). Siguen creciendo las exportaciones de aguacate [Internet], *Revista Semana*. <https://www.semana.com/economia/articulo/siguen-creciendo-las-exportaciones-de-aguacate/276829/>
- Seymour, G. y G. Tucker. (1993). Avocado. En G.B. Seymour, J.E. Taylor y G.A. Tucker (eds.). *Biochemistry of fruit ripening* (pp. 53-81). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-1584-1\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-1584-1_2)
- Shezi, S. Magwaza, L., Zeray Tesfay, S. y Asanda Mditshwa, A. (2020) Biochemical changes in response to canopy position of avocado fruit (cv. 'Carmen' and 'Hass') during growth and development and relationship with maturity. *Scientia Horticulturae*, 265, 109227. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109227.
- Shimshoni, J. A., Bommuraj, V., Chen, Y., Sperling, R., Barel, S., Feygenberg, O., Maurer, D., y Alkan, N. (2020). Postharvest Fungicide for Avocado Fruits: Antifungal Efficacy and Peel to Pulp Distribution Kinetics. *Foods*, 9. <https://doi.org/10.3390/foods9020124>
- Sierra, N. M., Londoño, A., Gómez, J. M., Herrera, A. O. y Diego A Castellanos, D. A. (2019) Evaluation and modeling of changes in shelf life, firmness and color of 'Hass' avocado depending on storage temperature. *Food Science and Technology International*, 25(5), 370-384. doi: 10.1177/1082013219826825.
- Smithers, R. (2019). Avocados with edible coating to go on sale in Europe for first time. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2019/dec/09/avocados-with-edible-coating-to-go-on-sale-in-europe-for-first-time>



- Solís Jiménez, D. A., Pineda Salazar, L. N., Mosquera Sánchez, S. A., Hoyos Concha, J. L. y Villada Castillo, H. S. (2015). Coating Effect of Modified Cassava Starch in Hass Avocado. *Producción + Limpia*, 10(2), 31-37. <https://doi.org/10.22507/pml.v10n2a3>
- Soliva-Fortuny, R. C. y Martín-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9), 341-353. doi: 10.1016/S0924-2244(03)00054-2.
- Solon, O. (2018). Edible coating allows avocados to stay ripe for twice as long. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2018/jun/19/edible-coating-allows-avocados-to-stay-ripe-for-twice-as-long>
- Stepień, A., Witczak, M. y Witczak, T. (2020). Moisture Sorption Characteristics of Food Powders Containing Freeze Dried Avocado, Maltodextrin and Inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.154>.
- Suárez, V. (2019). 80 % de los cultivos de aguacate Hass son de campesinos. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/economia/80-de-los-cultivos-de-aguacate-hass-son-de-campesinos-IB10557359>
- Tan, C. X. (2019). Virgin Avocado Oil: An Emerging Source of Functional Fruit Oil. *Journal of Functional Foods*, 54 (October 2018), 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031>.
- Tan, C. X., Hean Chong, G., Hamzah, H. y Mohd Ghazali, H. (2018). Characterization of Virgin Avocado Oil Obtained via Advanced Green Techniques. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800170>.
- Taya, A. (2016). *Modelo de comercialización de aceite de palta en el mercado peruano* [Tesis de posgrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140024/Modelo-de-comercializacion-de-aceite-de-palta-en-el-mercado-peruano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tesfay, S. Z., y Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.12.001>
- The Bogotá Post (2020, 15 de febrero). *Israeli conglomerate acquires Colombia-based Pacific Fruits*. <https://thebogotapost.com/israeli-conglomerate-acquires-pacific-fruits/43714/>
- The Packer. (2020, 18 de noviembre). *Pandemic spurs greater demand for bagged product*. *The Packer*. <https://www.thepacker.com/news/retail/pandemic-spurs-greater-demand-bagged-product>
- Tien, C., Vachon, C., Mateescu, M. A. y Lacroix, M. (2001). Milk Protein Coatings Prevent Oxidative Browning of Apples and Potatoes. *Journal of Food Science*, 66(4), 512-516. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04594.x>.
- Toivonen, P. M. A., y Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>



- TradeMap. (2019). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. *Trade Map*. <https://www.trademap.org>
- TradeMap. (2020). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. *Trade Map*. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Total Exotics. (2022). <https://www.facebook.com/TotalAvocadoMango/photos/a.853348144871225/881994672006572/>
- Universidad autónoma de Zacatecas y Secretaría de agricultura, gandería, desarrollo rural, pesca y alimentación Sagarpa. (2015). *Estudio multidimensional del aceite de aguacate (hueso y piel) para los mercados de alto valor de los países orientales*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347604/2\\_Aceite\\_de\\_Aguacate\\_\\_Detallado\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347604/2_Aceite_de_Aguacate__Detallado_.pdf)
- Urravo. (2022). *Nutritional content Hass avocado*. <https://www.urravo.com/copia-de-mission-statement>
- Usda. (2016). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture*, (66), 68-70. doi: 10.1007/978-1-4613-1127-0.
- VeriTrade. (2020). Información de Comercio exterior. *VeriTrade* <https://www.veritrade-corp.com/>
- Villa-Rodríguez, J. A., Molina-Corral, F. J., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I. y González-Aguilar, G. A. (2011). Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of “Hass” avocado. *Food Research International*, 44(5), 1231-1237. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.012>
- Vivero, A., Valenzuela, R., Valenzuela, A. y Morales, G. (2019). Bioactive compounds and potential health benefits of avocado. *Revista Chilena de Nutricion*, 46 (4). <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491>
- Westfalia Fruit. (2020). Nuestra empresa. *Westfalia Fruit*. <https://www.westfaliafruit.com/about-us/our-company/>
- Westfalia Fruit. (2021). Productos: aceite de aguacate. *Westfalia Fruit*. <https://www.westfaliafruit.com/our-products/branded-products/avocado-oil/avocado-oil-extra-virgin/>
- West Pak Avocado Inc. (s. f.). The Avocado Family. *West Pak Avocado Inc*. <https://www.westpakavocado.com/>
- White, A., New Zealand Plant & Food Research. (2009). *The international avocado quality manual*. New Zealand Institute for Plant and Food Research.
- Wilevco. (s.f). *Spinning Disc Spray Applicators*. <https://wilevco.com/equipment/spinning-disc-applicator/>
- Wong, M., Ashton, O., Requejo-Jackman, C., McGhie, T., White, A., Eyres, L., Sherpa, N. y Woolf, A. (2008). Avocado Oil: The Color of Quality. *ACS Symposium Series*, 983 (1), 328-349. <https://doi.org/10.1021/bk-2008-0983.ch024>.
- Woolf, A. B., Requejo-Tapia, C., Cox, K. A., Jackman, R. C., Gunson, A., Arpaia, M. L. y White, A. (2005). 1-MCP reduces physiological storage disorders of “Hass” avocados.



*Postharvest Biology and Technology*, 35(1), 43-60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.07.009>

- Xoca-Orozco, L.; Aguilera-Aguirre, S.; López-García, U.; Gutiérrez-Martínez, P. y Chacón-López, A. (2018). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum* sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Revista Bio Ciencias*, 5, 1-20. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/355/pdf>
- Yepes, D, Sánchez, L. y Márquez, C. (2017a). Extracción Termomecánica y Caracterización Fisicoquímica Del Aceite de Aguacate (*Persea americana* Mill. cv .Hass). *Informador Técnico*, 81(1), 75-85.



**PROCESOS AGROINDUSTRIALES  
EN AGUACATE CV. HASS**

Hace parte del Proyecto  
Incremento de la competitividad  
sostenible en la agricultura de  
ladera en todo el departamento,  
Valle del Cauca, Occidente

Se editó en la Editorial Universidad  
Nacional de Colombia.

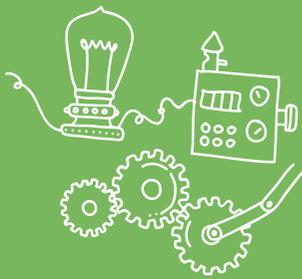
En su composición se utilizaron  
caracteres Chaparral Pro.

Formato de 21,5 × 28 centímetros.

Se terminó de imprimir en Estudio  
45-8 S. A. S., 300 ejemplares en  
propalcote de 90 g.

Se publicó en junio de 2022.  
Bogotá, D. C., Colombia.





Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a los productores de las zonas de ladera del Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña MD-2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN 978-958-794-753-3

