



**Implementación de una prueba para determinar el porcentaje de materia seca y aceite del aguacate (*Persea americana* Mill cv. 'Hass') abastecido en la empresa FreshColombia**

Yasmin Heliana Flórez Cardona

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniera Agroindustrial

Asesora

Karent Elizabeth Bravo Muñoz, Doctor (PhD) en Ciencias Farmacéuticas y de los Alimentos

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Agroindustrial

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2024

---

---

Cita	Flórez Cardona [1]
<b>Referencia</b> Estilo IEEE (2020)	[1] Flórez Cardona, “Implementación del porcentaje de materia seca y aceite del aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill cv. ‘Hass’) abastecido en la empresa FreshColombia”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia, 2024.

---



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

---

## **Agradecimientos**

En este momento de culminación académica, quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han sido fundamentales en mi camino. En primer lugar, agradezco de todo corazón a mi familia por su inquebrantable apoyo, tanto emocional como financiero, que me ha permitido alcanzar este logro. A mis amigos, les agradezco por su constante ánimo y alegría, que han sido un bálsamo en los momentos difíciles. También quiero reconocer el invaluable papel de mis profesores y de toda la estructura organizacional de la Universidad de Antioquia, quienes han proporcionado los recursos y el acompañamiento necesario para mi formación académica. Por último, pero no menos importante, agradezco a la empresa FreshColombia por brindarme la oportunidad de aplicar mis conocimientos en un entorno laboral y a mis compañeros de trabajo por su orientación y colaboración en el desarrollo profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
III. JUSTIFICACIÓN	11
IV. OBJETIVOS	12
A. Objetivo general	12
B. Objetivos específicos	12
V. MARCO TEÓRICO	13
VI. METODOLOGÍA	21
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. PERSPECTIVAS	33
REFERENCIAS	34

---

---

## LISTA DE TABLAS

TABLA I TAMAÑO DE MUESTRA ACORDE A LA NTC 6345:2019 .....	17
TABLA II CONTENIDO DE MATERIA SECA A PARTIR DE BALANZA DE HUMEDAD Y DISPOSITIVO FELIX .....	29
TABLA III PORCENTAJE DE ACEITE MEDIANTE EXTRACCIÓN SOXHLET PARA LOTES ABASTECIDOS EN FRESHCOLOMBIA .....	30

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Principales zonas productoras de aguacate Hass en Colombia.....	14
Fig. 2. Producción y rendimiento de los departamentos productores de aguacate en Colombia en 2022.....	15
Fig. 3. Producción y rendimiento de aguacate Hass de los municipios de Antioquia en el año 2022. ....	16
Fig. 4. Modelo lineal para el departamento de Antioquia, Colombia. ....	20
Fig. 5. Funcionamiento dispositivo Félix.....	22
Fig. 6. Variación de medias de materia seca por región de procedencia. ....	25
Fig. 7. Variación de medias de porcentaje de aceite por región de procedencia. ....	26
Fig. 8. Variación de medias de materia seca por temporada de cosecha. ....	26
Fig. 9. Variación de medias de porcentaje de aceite por temporada de cosecha.....	27
Fig. 10. Análisis de componentes principales (PCA) por proveedor. ....	28
Fig. 11. Análisis de componentes principales (PCA) por proveedor con variable calidad.....	28
Fig. 12. Modelo lineal relación entre materia seca y porcentaje de aceite del Lote 1.....	31
Fig. 13. Modelo lineal relación entre materia seca y porcentaje de aceite del Lote 2.....	31

---

## RESUMEN

La determinación del contenido de materia seca (MS) en el aguacate Hass es vital para garantizar la calidad del fruto, siendo un parámetro que va estrechamente ligado con el porcentaje de aceite. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la incidencia de la época y región de origen del aguacate Hass en el contenido de materia seca y aceite de los aguacates abastecidos en FreshColombia. Se determinó la materia seca y porcentaje de aceite de 2 lotes provenientes de Cauca y Antioquia mediante 2 metodologías (la establecida en FreshColombia y la NTC 6345:2019). Adicionalmente, se realizó un análisis estadístico de una base de datos suministrada por la compañía, en donde se logró identificar cambios en la media de todos los meses del año, obteniendo un  $p < 2e^{-16}$ . Estos resultados muestran que si existe una incidencia de la temporada y región de origen del aguacate Hass y que es posible determinar una ecuación matemática que correlacione el contenido de materia seca con el porcentaje de aceite de acuerdo con la región de origen.

***Palabras clave:* Aguacate Hass, contenido de aceite, materia seca.**

---

## ABSTRACT

The determination of the sea matter content (DM) in the Hass avocado is vital to guarantee the quality of the fruit, being a parameter that is closely linked to the percentage of oil. The objective of this study was to determine the impact of the time and region of origin of the Hass avocado on the dry matter and oil content of the avocados supplied in FreshColombia. The dry matter and percentage of oil from 2 lots from Cauca and Antioquia were determined using 2 methodologies (the one established in FreshColombia and NTC 6345:2019). Additionally, a statistical analysis was carried out from a database provided by the company, where it was possible to identify changes in the average of all months of the year, obtaining a  $p < 2e^{-16}$ . These results show that there is an incidence of the season and region of origin of the Hass avocado and that it is possible to determine a mathematical equation that correlates the dry matter content with the percentage of oil according to the region of origin.

***Keywords*** — Hass avocado, oil content, dry matter.



---

## I. INTRODUCCIÓN

El aguacate Hass ha experimentado un crecimiento notable en Colombia, impulsando la producción de productos derivados, especialmente guacamoles. Las empresas que están dedicadas a ello, las más relevantes 6 o 7 en el país, están exportando mensualmente en promedio 1.000 toneladas de producto procesado [1]. La calidad en la cadena de producción de estos productos está intrínsecamente ligada al conocimiento del estado de maduración del aguacate, esencial para definir su aplicación específica y determinar el tiempo de madurez necesario. Para disponer de un índice de madurez que determine cuándo se debe recolectar un fruto, es necesario que algún parámetro medible cambie durante el desarrollo del fruto. Para los aguacates, el contenido de materia seca (o sus medidas relacionadas, el contenido de aceite o agua) es el estándar aceptado mundialmente en el que se basa el momento de la cosecha. El porcentaje del contenido de aceite aceptado a nivel mundial oscila entre el 8 y el 10%, mientras que el porcentaje de materia seca debe mantenerse entre el 17 y el 25%. Los requerimientos para valorar estos índices cambian con la variedad, las condiciones ambientales de producción y son reglamentados de forma individual por cada país [2]. La materia seca se mide tomando un peso conocido del tejido de la pulpa del aguacate y secándolo hasta un punto en el que no se produzca pérdida de peso. El contenido de aceite está muy correlacionado con la materia seca, pero la medición del contenido de aceite resulta lenta y cara en comparación con el análisis de la materia seca [3]. El porcentaje de materia seca (MS) está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad. El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y generalmente se suman a una constante para cualquier cultivo [2].

Este proyecto busca identificar la influencia de factores como la temporada de cosecha y la región de origen en la composición del aguacate Hass abastecido en FreshColombia. Además. Se pretende realizar un comparativo entre las técnicas de medición empleadas en la compañía con las estipuladas en la NTC 6345:2019. A través del análisis del contenido de materia seca y aceite se persigue identificar patrones que definan la calidad de la fruta utilizada. Finalmente, se permitirá identificar qué variables inciden significativamente en la calidad del aguacate, brindando perspectivas clave para mejorar la selección y optimizar la producción.

---

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

FreshColombia International, una empresa dedicada a la producción de pulpa de aguacate y guacamole, depende en gran medida de la calidad de su materia prima, el aguacate Hass. La composición del fruto, en términos de materia seca y porcentaje de aceite, es crucial tanto para determinar el pago al productor como para decidir qué tipo de producto se derivará de él.

En este contexto, se hace necesaria la determinación de las características del aguacate Hass al ingreso de la planta. En el ámbito de la medición de las características del aguacate, la determinación de la materia seca y el porcentaje de aceite es un aspecto de suma importancia a la hora de realizar el pago al productor y en la toma de decisiones para evaluar que producto se derivará de los frutos. Actualmente, se emplean técnicas como el dispositivo Félix para medir la materia seca y el secado por microondas, seguido de un cálculo basado en una ecuación matemática para estimar el contenido de aceite en el fruto. Sin embargo, la exactitud de estos métodos puede verse afectada por variaciones significativas según la época de cosecha y el origen de los frutos., la idoneidad de los equipos empleados y el analista. Además, para cumplir con los estándares establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 6345:2019, se debe considerar la extracción Soxhlet como método de determinación del aceite.

Actualmente, la compañía no cuenta con herramientas que permitan identificar y caracterizar los proveedores de aguacate Hass con el fin de seleccionar la mejor materia prima para el procesamiento. La incorrecta toma de datos en la determinación de las características del aguacate puede llevar a conclusiones erróneas, por lo cual es necesario evaluar e investigar métodos más confiables y precisos que permitan mostrar una fiabilidad de los resultados. En este sentido, se hace necesario comparar los métodos aplicados en la compañía con los establecidos en la norma NTC 6345:2019 para definir una metodología acorde a la realidad.

---

### III. JUSTIFICACIÓN

La empresa FreshColombia International se enfrenta a un desafío crucial en su proceso de producción de pulpa de aguacate y guacamole: la calidad de su materia prima, el aguacate Hass. La composición del fruto, en términos de materia seca y porcentaje de aceite, es fundamental tanto para el pago justo a los productores como para la selección del producto final. Así mismo, la caracterización de los proveedores se hace fundamental para la selección de la mejor materia prima. Sin embargo, no se cuenta con un conocimiento ni seguimiento de la calidad de la materia prima suministrada por los diferentes proveedores y, las técnicas de medición de materia seca y contenido de aceite usadas en FreshColombia no son las recomendadas en la NTC 6345:2019, la cual rige la calidad del aguacate Hass. Por tanto, los resultados obtenidos mediante técnicas como el dispositivo Félix y el secado por microondas seguido de cálculos matemáticos, pueden presentar limitaciones en precisión y la exactitud, especialmente debido a las variaciones en los instrumentos de medición y en la capacidad e idoneidad de los mismos, así como del analista que las aplica.

Variaciones estacionales y regionales pueden incidir también en la calidad de los frutos de aguacate Hass. Por tanto, es esencial implementar una herramienta que permita la caracterización de los proveedores y brinden un enfoque más preciso y confiable para determinar las características del aguacate Hass al ingreso de la planta de procesamiento. Esto, no solo garantizará una evaluación más justa para los productores, sino que también optimizará la selección del producto final, cumpliendo así con los estándares de calidad establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 6345:2019.

Esta investigación permitirá mostrar un panorama para mejorar la precisión, la exactitud y confiabilidad en la evaluación de la calidad del aguacate Hass, lo que a su vez contribuirá a la toma de decisiones más informadas en FreshColombia International. Además, alineará las prácticas de la empresa con los estándares internacionales de calidad, fortaleciendo así su posición en el mercado nacional e internacional de productos derivados del aguacate.

## IV. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Determinar la incidencia de la temporada de cosecha y región de origen del aguacate (*Persea americana Mill. Var. Hass*) de la compañía Fresh Colombia, en el contenido de materia seca y el contenido de aceite a fin de determinar aguacates de mejor calidad.

### *B. Objetivos específicos*

- Definir el contenido de materia seca y porcentaje de aceite en aguacate Hass (*Persea americana Mill. Var. Hass*) de lotes seleccionados para el estudio abastecidos en FreshColombia.
- Comparar los resultados obtenidos por los diferentes métodos de medición para determinar el porcentaje de aceite y materia seca en los aguacates, identificando y cuantificando la desviación entre medidas y comparando con los métodos oficiales.
- Aplicar un modelo estadístico de componentes principales para determinar los aguacates de mejor calidad y sus características.

---

## V. MARCO TEÓRICO

El aguacate (*Persea americana* Mill cv. 'Hass') es un fruto apetecido a nivel mundial por las características funcionales y sensoriales de su pulpa. El fruto contiene vitaminas, grasas poliinsaturadas, minerales y componentes activos, los cuales lo convierten en un alimento funcional. Aunque en Colombia se producen diferentes tipos de aguacate que son requeridos para su exportación internacional, la variante Hass es la más provechosa y de hecho ha sido bautizada bajo el apodo de "oro verde". Es tal su importancia en el sector agrícola, que para el 2020 se logró un récord sin precedentes con la venta de un total de \$144 millones de dólares únicamente en esta especie [4]. En Colombia, el cultivo del aguacate 'Hass' inició en el año 2000 y desde entonces, ha tenido un importante ascenso productivo y económico, lo que ha generado la necesidad de evaluar parámetros de calidad no solo a nivel de cultivo, sino también en la postcosecha, con el fin de ofrecer conocimiento y tecnologías para fortalecer la competitividad de la cadena. El fruto de aguacate no madura en el árbol, por lo que se debe recurrir a un periodo de maduración (con temperatura superior a 17°C) antes del consumo [5].

Aproximadamente el 34% del total de área sembrada de aguacate en el país corresponde a aguacates de la variedad Hass y el 76% restante corresponde a aguacates criollos y aguacates tipo papelillo como: Lorena, Choquette, Booth 8 y Trinidad, concentrados principalmente en la Región Andina del país [6]. Los cultivos de aguacate en el estado colombiano se desarrollan principalmente en los departamentos de Antioquia, Tolima y Caldas como se presenta en la Fig. 1. Esto debido a las condiciones climatológicas, tipo de suelos favorables para el producto y condiciones hídricas con las que se cuentan en estos territorios [7]. En el año 2022 Colombia contó con un área sembrada de 51.261,36 ha, llegando a producir 575.261,36 toneladas.

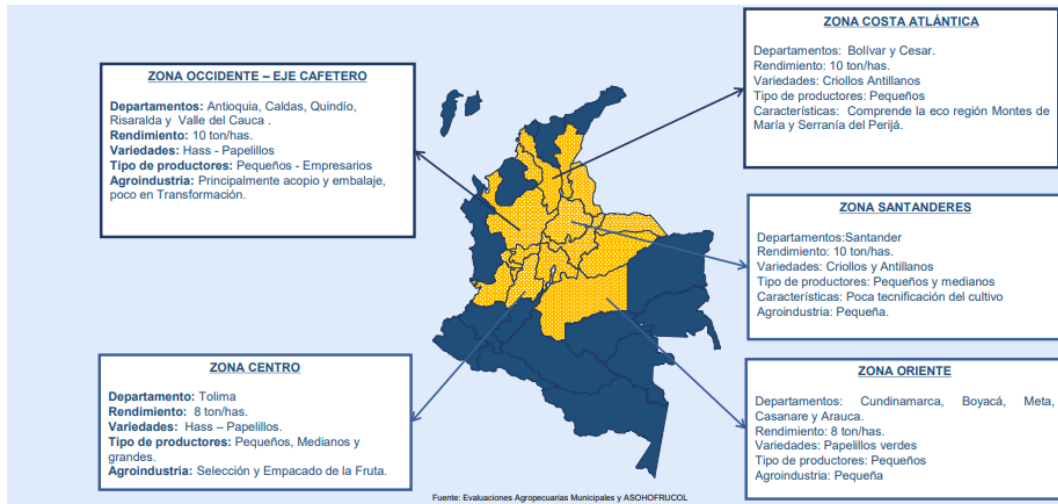


Fig. 1. Principales zonas productoras de aguacate Hass en Colombia.

Nota: fuente <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.

En el Oriente del departamento de Antioquia, el cultivo de aguacate Hass representa la principal actividad agrícola de la región, en esta zona las condiciones del clima y de la tierra son aptas para su producción durante casi todos los meses del año [7]. Antioquia lideró la lista a nivel nacional con un área sembrada de 15.117,38 ha, una producción de 192.496,42 ton y un rendimiento de 12,73 ton/ha; el mayor aporte lo realizó el municipio de Urrao, con un área de siembra de 4244,4 ha, una producción de 58.148,28 ton y un rendimiento de 13,7 ton/ha [8]. En Antioquia, la génesis de producción del aguacate Hass se da en el municipio de El Retiro, ubicado en la zona conocida como oriente antioqueño. De ahí se empezó a propagar hacia otros municipios de la misma subregión, como La Ceja, Guarne, San Vicente, Rionegro, Marinilla, Sonsón y Abejorral [9].

En las diferentes zonas de producción de aguacate del país, tales como: Antioquia, Caldas, Santander, Tolima, entre otras, se han establecido diferentes flujos de crecimiento del cultivo, teniendo en cuenta las características edafoclimáticas y las variedades establecidas en cada región. En este sentido, los flujos de floración de la cosecha principal ocurren entre los meses de febrero y mayo, regulado por la época de déficit hídrico en las zonas de producción y la cosecha sucede entre los meses de octubre a enero. En el caso de que el ciclo productivo coincida con fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, los flujos fenológicos se ven afectados llegando a retrasarse la cosecha entre 4 a 8 semanas, lo que hace importante tener el conocimiento necesario para realizar

manejo climáticamente inteligente del cultivo que permite disminuir los efectos de la variabilidad climática sobre el comportamiento productivo del aguacate en Colombia [10]. En la Fig. 2 se presentan los principales departamentos productores de aguacate en Colombia (Antioquia, Caldas, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda y Huila) con sus correspondientes producciones y rendimientos para 2022 [8].

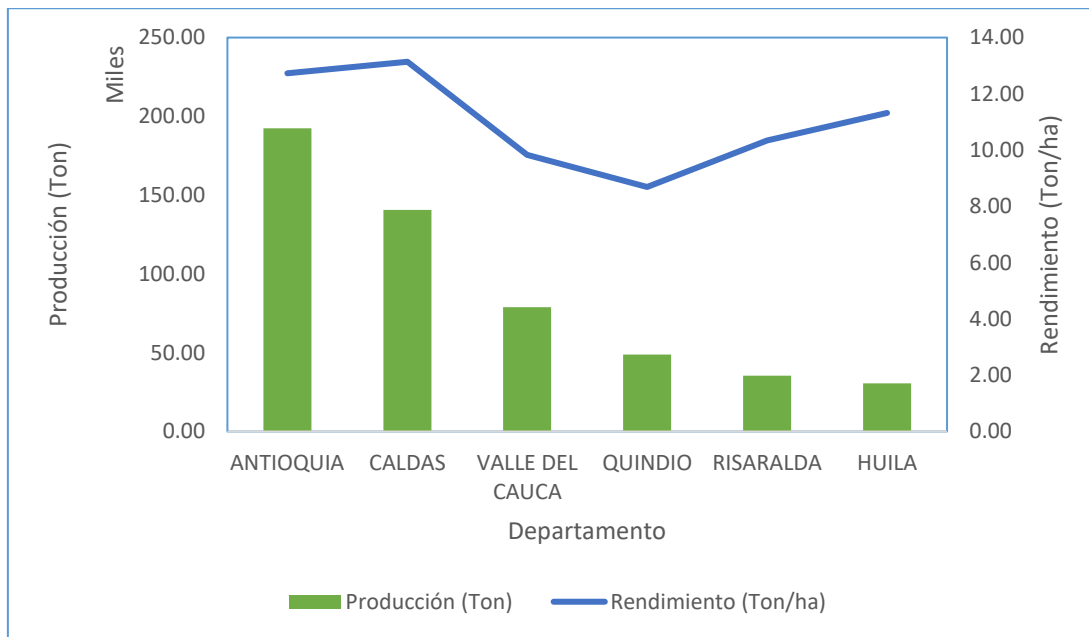


Fig. 2. Producción y rendimiento de los departamentos productores de aguacate en Colombia en 2022.

Nota: fuente <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>.

Cabe señalar que las mayores tasas anuales de crecimiento en áreas cosechadas de aguacate Hass se concentran en la zona del Eje Cafetero, especialmente en los departamentos de Caldas y Risaralda, con un promedio del 55 y el 44% respectivamente. Es importante anotar que para estos departamentos no existe discriminación al momento de reportar valores de producción por variedad de aguacate. Asimismo, el departamento del Valle del Cauca no es la excepción al momento de reportar su producción para este fruto. Entre los departamentos donde se encuentra ampliamente establecido el cultivo están Tolima, Caldas y Antioquia [9]. Es particular el caso de Tolima, que presenta una producción relativamente alta, con 21.280,4 toneladas, pero con bajos rendimientos, de 7,98 t/ha [8]. Estas particularidades dentro de los departamentos muy posiblemente se encuentran asociadas a varios factores, entre los que se pueden mencionar el manejo del cultivo, las condiciones agroclimáticas favorables o desfavorables, las condiciones edáficas y el material

genético, entre otras. En la Fig. 3 se presentan los municipios con mayor producción de aguacate Hass en el departamento de Antioquia para el año 2022.

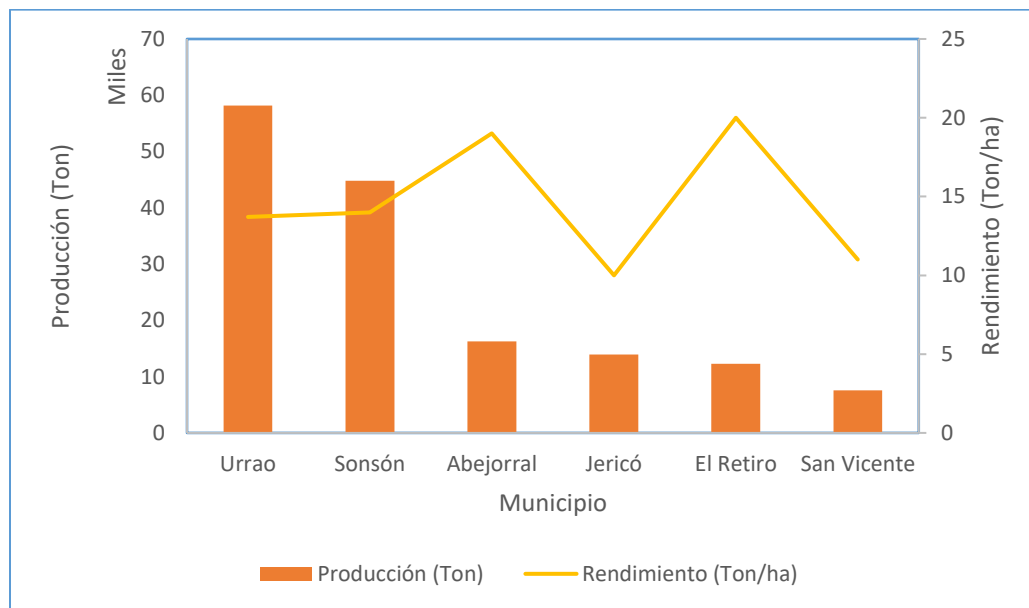


Fig. 3. Producción y rendimiento de aguacate Hass de los municipios de Antioquia en el año 2022.

Nota: fuente <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>.

## Evaluación de su calidad de aguacate Hass

- **Toma de muestras**

De acuerdo con la NTC 6345:2019 para determinar la muestra destinada a evaluar el cumplimiento de los requisitos del aguacate Hass se debe consultar la TABLA I:



TABLA I  
TAMAÑO DE MUESTRA ACORDE A LA NTC 6345:2019

Tamaño del lote (Árboles, empaques, frutos)	Tamaño de la muestra (Árboles, empaques, frutos)
Hasta 150	5
151 – 1200	20
1201 – 10000	32
10001 – 35000	50
35001 – 50000	80
50001 y más	125

La norma establece que si la muestra evaluada no cumple con los requisitos se debe rechazar el lote. En caso de discrepancia, se deben repetir los ensayos haciendo un remuestreo. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso debe ser motivo para rechazar el lote. Si al momento del muestreo el valor promedio está por debajo de 23% de materia seca, el lote no debe ser cosechado (si llega a la exportadora o empacadora el lote debe ser rechazado) [11].

- **Materia seca**

La materia seca es la cantidad total de sólidos contenidos en una muestra. Este indicador se determina o analiza secando la muestra (eliminación del agua libre) por medio de aire caliente en circulación, por un periodo prolongado de tiempo. En campo, este método puede ser realizado con un horno microondas [12]. A medida que el aguacate madura, su contenido de materia seca tiende a aumentar, ya que la fruta experimenta cambios en su composición bioquímica. Un nivel adecuado de materia seca es indicativo de un aguacate maduro y de calidad, ya que influye en aspectos como la textura, el sabor y la vida útil del fruto. Un bajo contenido de materia seca puede resultar en una pulpa insípida y una textura indeseable, mientras que un contenido excesivo puede hacer que la fruta sea demasiado seca y fibrosa. Las investigaciones han demostrado que un mínimo de MS del 24% es un indicador confiable de la madurez de la cosecha de aguacates Hass en diferentes países. Después de este valor, la calidad sensorial mejora y los trastornos internos se reducen en el rango de 26 a 28% de la DM [13].

La determinación del contenido de materia seca para Colombia está regida por la norma NTC 6345:2019. Sin embargo, el modelo establece que se pueden utilizar procedimientos alternativos validados frente al método descrito en la norma.

El porcentaje (% fracción en masa) de materia seca (MS) expresado como g de sólidos en 100 g de aguacate, se obtiene teniendo en cuenta la Ecuación 1:

$$MS(\%) = \frac{P_s - P_c}{P_m} \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

En donde,

Ms = Materia seca, en % (fracción en masa)

Ps = Peso de la cápsula y la muestra seca, en g.

Pc = Peso de la cápsula seca, en g.

Pm = Peso de la muestra húmeda, en g.

Si se efectúa el procedimiento por duplicado, el resultado final será la media aritmética (o promedio) de las dos determinaciones. En este caso, se debe tener en cuenta que la diferencia entre las dos no exceda de 0,5 unidades de MS. De ser así, se recomienda rechazar ambos resultados y realizar dos nuevas determinaciones.

- **Determinación del contenido de grasa**

La maduración del aguacate Hass comienza al cosechar el fruto, al interrumpir el transporte de componentes desde las hojas. Después de la cosecha, aumenta la tasa de respiración y la producción de etileno, causando cambios en el color y firmeza de la cáscara. La determinación del contenido graso es crucial para evaluar la madurez, ya que, a diferencia de otras frutas, el aguacate incrementa su contenido lipídico durante el proceso. La maduración provoca el ablandamiento del fruto debido a la solubilización y despolimerización de la pectina de la pared celular [14]. El crecimiento del fruto sigue una curva simple sigmoide y se produce por división y expansión celular. En el aguacate, a diferencia de la mayoría de los frutos, el periodo de división celular no

se restringe a la fase primera de crecimiento del fruto, si no que continúa durante toda la fase de crecimiento y madurez del fruto y mientras permanece en el árbol. Las diferencias en el tamaño del fruto entre cultivares son debidas principalmente a diferencias en la tasa de división celular durante el desarrollo del fruto. Durante el crecimiento y desarrollo del fruto de aguacate se produce un aumento significativo del contenido en aceite, que puede alcanzar el 20% del peso fresco en algunos cultivares, el fruto permanece firme y generalmente no cambia de color [15]

En la determinación del contenido de grasa total en aguacate Hass, se somete la muestra a un proceso de secado, seguido de una extracción continua o semicontinua de grasa con un solvente en ebullición como el hexano. Del extracto resultante, se evapora el solvente en cabina de extracción, el residuo se seca a una temperatura aproximada de 100 °C por dos horas y finalmente se pesa para determinar gravimétricamente el contenido de grasa total presente en la muestra, teniendo en cuenta la humedad. Procedimiento propuesto con base en la metodología AOAC 963.15-1973, Fat in Cacao Products - Soxhlet Extraction Met [16]

En Antioquia, la subregión oriente tiene un contenido estimado de materia seca de 22,631%  $\pm$  0,473% y 11,668%  $\pm$  0,738% de materia grasa; la subregión norte tiene un contenido estimado de materia seca de 23,394%  $\pm$  0,672% y 12,1917%  $\pm$  0,332% de materia grasa y la subregión suroeste tiene un contenido estimado de materia seca de 23,275%  $\pm$  0,31% y 11,356%  $\pm$  0,221% de materia grasa [12].

- **Relación entre materia seca y contenido de aceite**

Un estudio realizado por Parodi et Al (2007) mostró una alta correlación positiva entre materia seca y aceite, es decir que a medida que ocurre un incremento en el contenido de materia seca en los frutos de palta, también sucede un incremento del contenido de aceite [17]; Guzmán et At (2017) sugieren que el contenido de ácidos grasos saturados se reduce hasta 28% por efecto de la maduración, mientras que el ácido oleico y el linoleico se incrementan 20%. La localidad de siembra afecta significativamente el contenido de ácido oleico; a menor altitud el contenido de este ácido se reduce hasta el 14% [18]. Por otro lado, Cerdas et Al (2014) determinaron que el contenido de aceite (CA) como el de materia seca (CMS) mostraron una tendencia creciente durante el

desarrollo del fruto hasta la semana 38 y a partir de la semana 39 se registró un aumento mucho más pronunciado de ambos componentes [19].

La relación entre el contenido de materia seca y porcentaje de aceite se puede establecer mediante un modelo lineal. Crvalho et Al (2014) establecieron un modelo lineal para algunos municipios del departamento de Antioquia, Colombia, en donde inicialmente determinaron que para el año 2014 no se había establecido en Colombia una correlación entre el aceite y el porcentaje de materia seca para frutos de aguacate 'Hass'. El modelo lineal con todos los datos recolectados entre 2011 y 2013 de diferentes huertas de Antioquia se muestra en la Fig. 4. No obstante, se necesitan más evaluaciones a lo largo del tiempo (temporadas y años de cosecha) y con más regiones y datos climáticos para desarrollar un modelo más preciso. Como Colombia es un país con una variabilidad climática muy alta en distancias cortas, se debe desarrollar un modelo de porcentaje de aceite y materia seca para cada región productora [20].

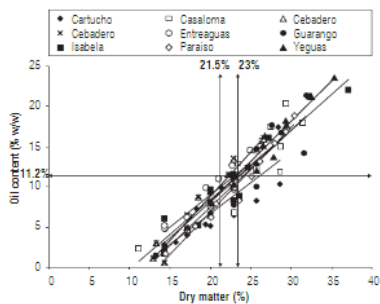


FIGURE 2. Correlation between oil content and dry matter for 'Hass' avocado grown in different orchards of the department of Antioquia, Colombia, between 2012 and 2013.

TABLE 2. Regression equations of oil percentage and dry matter for 'Hass' avocado in different municipalities of department of Antioquia, Colombia.

Municipalities	Orchard	Altitude (m. a.s.l.)	Equation	Correlation coefficient	P<0.05*	Dry matter (%) for 11.2% of oil
Támesis	La María	1,340	Oil (%) = -10.90 + 0.95*DM (%)	0.98	0.0000	23
Veneia	Piedras Blancas	1,510	Oil (%) = -8.02 + 0.76*DM (%)	0.92	0.0000	25
Veneia	Santa Cruz	1,770	Oil (%) = -12.66 + 0.97*DM (%)	0.94	0.0000	25
Jerico	El Encanto	1,900	Oil (%) = -12.19 + 1.03*DM (%)	0.97	0.0000	23
Rionegro	Yeguas	2,183	Oil (%) = -11.82 + 0.99*DM (%)	0.97	0.0000	23
El Retiro	Cartucho	2,229	Oil (%) = -8.63 + 0.76*DM (%)	0.84	0.0006	26
El Retiro	Guarango	2,244	Oil (%) = -14.23 + 1.08*DM (%)	0.95	0.0000	24
Rionegro	La Escondida	2,248	Oil (%) = -11.65 + 0.99*DM (%)	0.99	0.0000	23
El Retiro	Casaloma	2,267	Oil (%) = -8.89 + 0.86*DM (%)	0.89	0.0001	23
El Retiro	Isabela	2,303	Oil (%) = -9.76 + 0.89*DM (%)	0.96	0.0000	23
El Retiro	Cebadero	2,364	Oil (%) = -13.15 + 1.09*DM (%)	0.96	0.0000	22
La Ceja	Cocconi	2,381	Oil (%) = -3.16 + 0.65*DM (%)	0.98	0.0000	22
La Ceja	Entreaguas	2,383	Oil (%) = -7.04 + 0.80*DM (%)	0.90	0.0000	23
El Retiro	Paraiso	2,383	Oil (%) = -14.03 + 1.06*DM (%)	0.89	0.0000	24
Entrerrios	Guacamayas	2,420	Oil (%) = -15.08 + 1.19*DM (%)	0.99	0.0000	22

\* For a P-value of ANOVA inferior to 0.05, there was a statistical relationship between oil and dry matter (DM) with a confidence level of 95.0%.

Fig. 4. Modelo lineal para el departamento de Antioquia, Colombia.

Nota: fuente <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.46031>

---

## VI. METODOLOGÍA

### **Obtención de material vegetal**

Los aguacates abastecidos en FreshColombia provienen de todas las regiones del país y se clasifican por zonas. Los datos para realizar el análisis de incidencia de la temporada de cosecha y la región de origen del aguacate Hass fueron tomados a partir de un histórico entre abril 2023 y marzo 2024.

Por otro lado, para realizar la comparación de metodologías se seleccionaron dos muestras de aguacate Hass obtenidas de 2 lotes de fincas exportadoras ubicadas en diferentes regiones de Colombia (Timbio, Cauca y Nariño, Antioquia). De cada lote, se seleccionaron aleatoriamente 15 aguacates, y se determinó la materia seca de todos los frutos utilizando el dispositivo Félix. Posteriormente, se clasificaron 10 aguacates de cada lote para determinar el porcentaje de aceite mediante extracción Soxhlet en el equipo de extracción de la Universidad de Antioquia Seccional Oriente. Los 5 aguacates restantes se utilizaron para determinar la materia seca mediante balanza de humedad en la Universidad de Antioquia Seccional Oriente y horno microondas en la empresa FreshColombia.

### **Determinación de materia seca mediante método Félix**

La determinación de materia seca mediante dispositivo Félix es un método no destructivo utilizado en FreshColombia que funciona mediante ondas infrarrojas que envían una señal al fruto y pueden retornar características como materia seca y ° Brinx. El aguacate se ubicó como se presenta en la Fig. 5, y se giró hasta medir las 4 caras del fruto y de esta manera se determinó un promedio de materia seca por cada uno de los 15 frutos.



Fig. 5. Funcionamiento dispositivo Félix.

Nota: fuente <https://www.instrumentacioncientifica.com.mx/index.php/agricultura-de-presicion/felix-instruments>

### **Determinación de contenido de aceite mediante formulación matemática FreshColombia**

Una vez determinado el contenido de materia seca se procede a dar uso de la Ecuación 2. Esta ecuación es definida en la compañía FreshColombia como cálculo rápido de medición. En donde MS hace referencia al valor obtenido de materia seca.

$$\%Aceite: \frac{MS-11.87}{1.01} \quad \text{Ecuación (2)}$$

### **Determinación de materia seca mediante balanza de humedad**

Es el método aceptado en la norma NTC 6345:2019. Inicialmente, se seleccionaron 5 de los 15 aguacates por lote y se procedió a preparar la muestra retirando la cáscara del fruto. Luego, se realizó un corte transversal y se retiró la semilla y la testa. Una vez que solo quedaba la pulpa, se pesaron alrededor de 1.5 g por muestra y se colocaron en la balanza de humedad hasta alcanzar un peso constante (aproximadamente 20 minutos por muestra), lo que proporcionaba el valor final del contenido de humedad en el fruto. Una vez obtenida la humedad, mediante una resta porcentual se logró obtener la cantidad de materia seca contenida en el fruto.

Después, se llevó a cabo un duplicado de las muestras mediante el secado por microondas, un método que se utiliza paralelamente al método Félix en la empresa FreshColombia. Para esto, se pesaron alrededor de 1.5 g por muestra y se colocaron en el microondas durante 5 minutos a una potencia del 70% en dos repeticiones. Una vez pesada la muestra seca, se logró determinar la materia seca contenida en el fruto y se logró dar uso de la Ecuación 2 para calcular el porcentaje de aceite.

### **Determinación de contenido de aceite mediante método Soxhlet**

La determinación de aceite mediante método Soxhlet es el aceptado en la Norma Técnica Colombiana NTC 6345:2019. Para ello, se seleccionaron los 10 frutos por lote y se procedió a retirar la mayor parte de la cáscara del fruto. Luego, se realizó un corte transversal con el fin de retirar la semilla y la testa; una vez retirados todos los componentes diferentes a la pulpa del fruto se rallaron y se realizó un mix por lote. Posteriormente se pesaron alrededor de 15 g por lote, realizando un triplicado por muestra. Posteriormente, se colocaron los recipientes que contenían la muestra en la estufa y se dejaron secar a 70 °C durante 16 horas. Después de este período, se permitió que las muestras se enfriaran y se homogeneizaron para proceder a la maceración y pesar la materia seca, utilizando 2 g por muestra en el papel filtro para continuar con el montaje Soxhlet. Para la extracción, se inició el reflujo de enfriamiento a través del equipo de extracción y se pesaron los recipientes vacíos, registrando los pesos del recipiente de extracción vacío. Luego, se colocaron los dedales de extracción con la muestra bajo la columna de extracción del equipo. Se ajustaron los parámetros de extracción del equipo y se inició el programa de extracción. Una vez finalizado, se llevaron los recipientes de extracción con el residuo a la estufa a 60 °C durante 12 horas. Después de este tiempo, se permitió que los recipientes se enfriaran y se pesaron con la fracción de grasa extraída.

Una vez obtenido el peso final de extracción de aceite, se dio uso de la Ecuación 3 para calcular el porcentaje de aceite contenido en la muestra.

$$\%Aceite = \frac{m_2 - m_1}{M} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

En donde:

$m_1$  = Masa en g del recipiente de vacío

$m_2$  = Masa en g del recipiente con grasa tras el secado

$M$  = Peso de la muestra en g

### **Análisis estadístico**

Una vez finalizada la obtención de datos, se tomó el histórico de materia seca establecido en la empresa y se realizó una comparación estadística para determinar la materia seca y porcentaje de aceite de acuerdo con la temporada del año y la zona de cosecha. Los resultados fueron analizados mediante el uso de Rstudio, siendo los factores de variación la temporada de cosecha y el origen del aguacate Hass. La comparación de medias para determinar diferencias estadísticas entre los factores de variación, la materia seca y el porcentaje de aceite se realizó con la prueba Tukey, con un nivel de significancia  $P < 0.05$  en donde se rechaza la hipótesis nula “las muestras presentan una diferencia de medias estadísticamente igual”. Se realizó un análisis de componentes principales por cada proveedor, tomando como variables la materia seca y contenido de aceite de microondas. También, se realizó una regresión lineal para comparar los diferentes métodos de determinación de porcentaje de aceite y materia seca.

Los cálculos para determinar la precisión de los métodos empleados en FreshColombia se llevaron a cabo mediante la diferencia porcentual relativa entre los datos obtenidos a partir de los métodos oficiales de la NCT 6345:2019 y los métodos empleados en la compañía. Una vez obtenidos los datos de materia seca y porcentaje de aceite de todos los métodos se empleo la Ecuación 4.

$$RPD = \frac{|R_1 - R_2|}{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)} \times 100 \text{ Ecuación 4}$$

Donde:

$R_1$  = Muestra 1

$R_2$  = Muestra 2



## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de la relación entre la región de procedencia y la temporada de cosecha con el contenido de materia seca y el porcentaje de aceite del aguacate Hass

#### Zona de procedencia

El contenido de materia seca del aguacate Hass presentó diferencias estadísticas entre las regiones de procedencia y el contenido de materia seca (Fig. 6). A partir de las medias, se logró determinar que la zona que presentó menor cantidad de materia seca fue el Eje Cafetero con 25.26238; por otro lado, las zonas del Oriente y Sonsón se posicionan en los primeros lugares con 26.03103 y 26.02566 respectivamente, con una diferencia porcentual de 0.0206%.

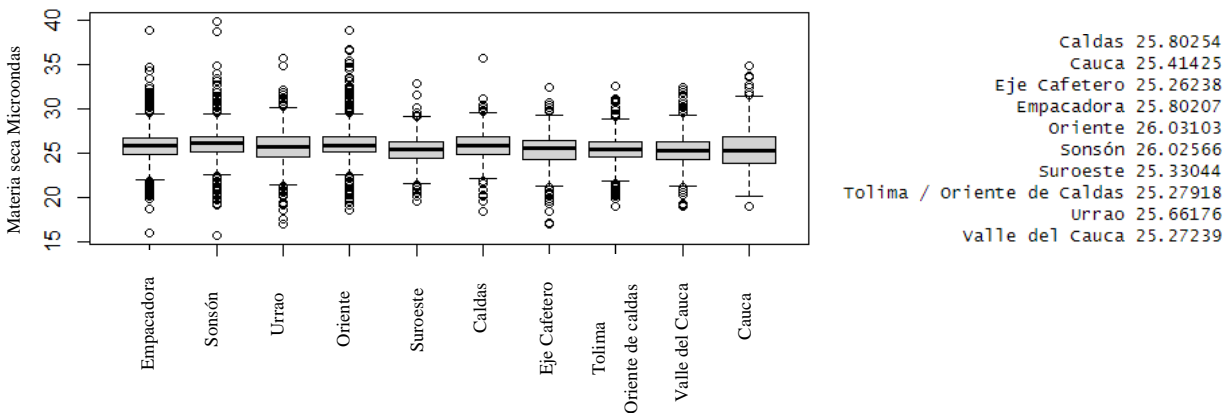


Fig. 6. Variación de medias de materia seca por región de procedencia.

El contenido de aceite por regiones se comportó de la misma manera que la materia seca, presentándose en menor cantidad para la zona del Eje Cafetero (Fig. 7).

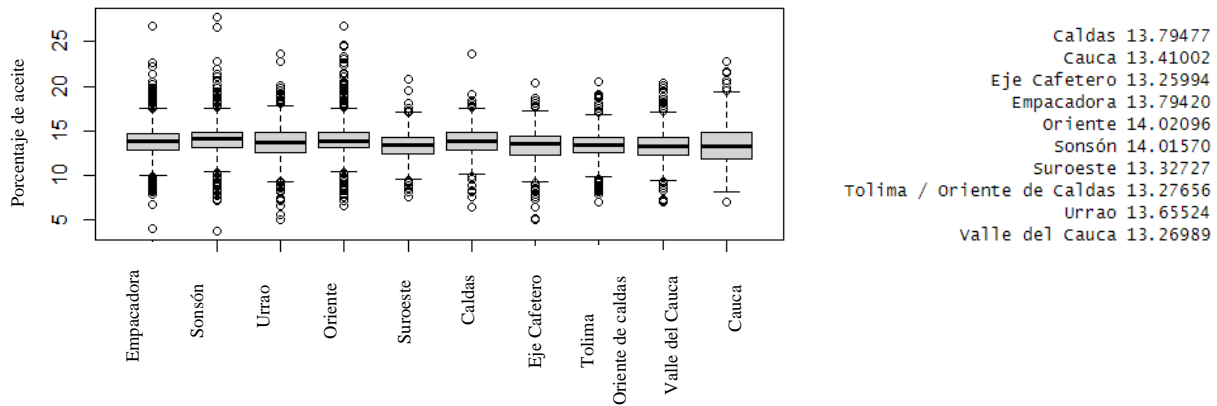


Fig. 7. Variación de medias de porcentaje de aceite por región de procedencia.

Mediante el análisis ANOVA se logró determinar la prueba de Tukey, para la cual se obtiene un valor  $p < 2e^{-16}$ , lo cual indica que las medias de las zonas de muestreo son diferentes y presentan diferencias estadísticamente significativas.

### Temporada de cosecha

El contenido de materia seca en los meses de enero y febrero fue superior al resto del año con valores de 26.31282 y 26.91405 respectivamente, siendo febrero el mes más representativo. Por otro lado, marzo presentó la tasa más baja de media promedio con un valor de 23.60552 (Fig. 8).

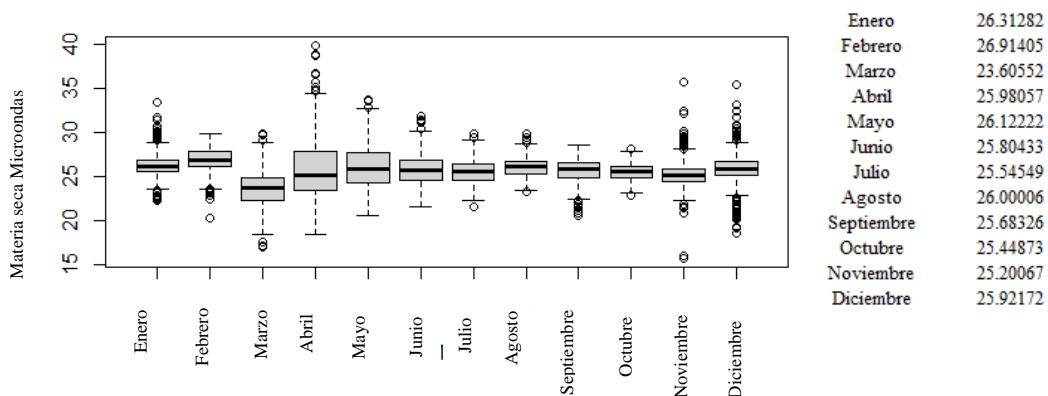


Fig. 8. Variación de medias de materia seca por temporada de cosecha.

Así mismo, el porcentaje de aceite incrementó en los meses de enero y febrero (Fig. 9).

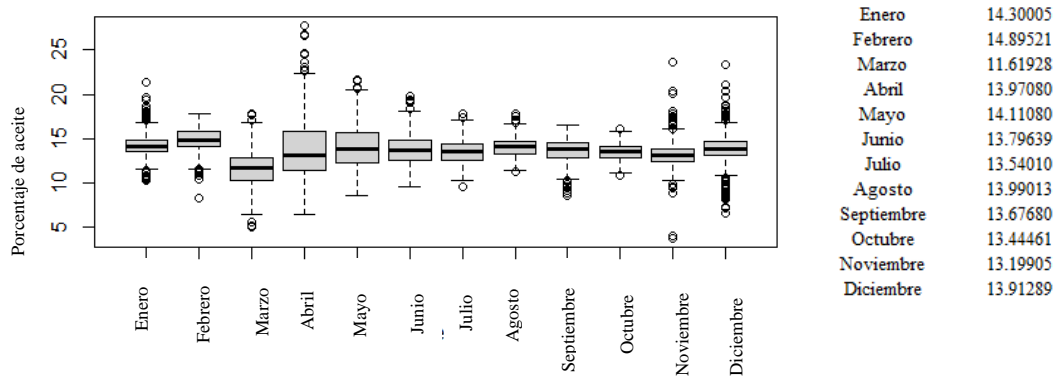


Fig. 9. Variación de medias de porcentaje de aceite por temporada de cosecha.

A partir del análisis de ANOVA, se logró determinar un  $p < 2e^{-16}$ , indicando que se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los meses de temporada de cosecha.

### Análisis PCA por proveedor

Mediante una agrupación por proveedores y una asignación de números en orden alfabético se tomaron como variables de respuesta el contenido de materia seca y porcentaje de aceite por microondas. Se realizó un promedio por proveedor y cada variable de respuesta se sometió a PCA. Como se observa en la Fig. 10 la cantidad de materia seca y porcentaje de aceite incrementa sobre el eje X hacia la derecha. En ese orden de ideas el proveedor 376 (proveniente de Sonsón y Urrao) presentó la menor cantidad de materia seca, mientras que el proveedor 282 (proveniente de Urrao) presentó el mayor contenido de materia seca. Además, la mayoría de los proveedores poseen un contenido de 25.0 a 27.5% de materia seca.

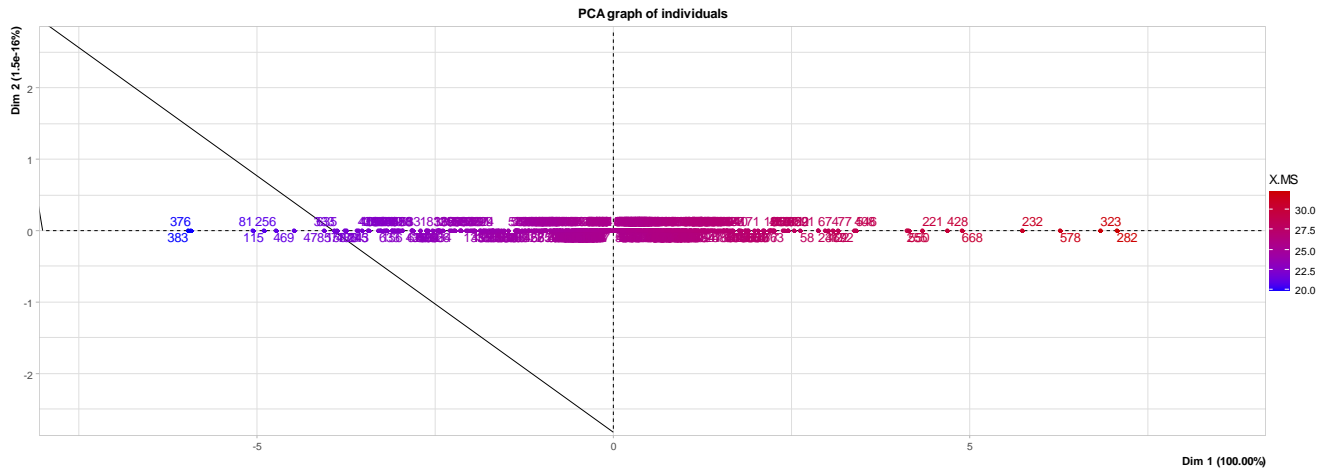


Fig. 10. Análisis de componentes principales (PCA) por proveedor.

Por otro lado, cuando se añade una nueva variable definida como calidad, que se obtuvo de la sumatoria de % de materia seca y % de contenido de aceite, dividido 10. Esta división se hace con el fin de que esta nueva variable se encuentre dentro de las magnitudes de las anteriores. Esta nueva variable no muestra tener una relevancia importante en una nueva visualización de los datos, como se presenta en la Fig. 11.

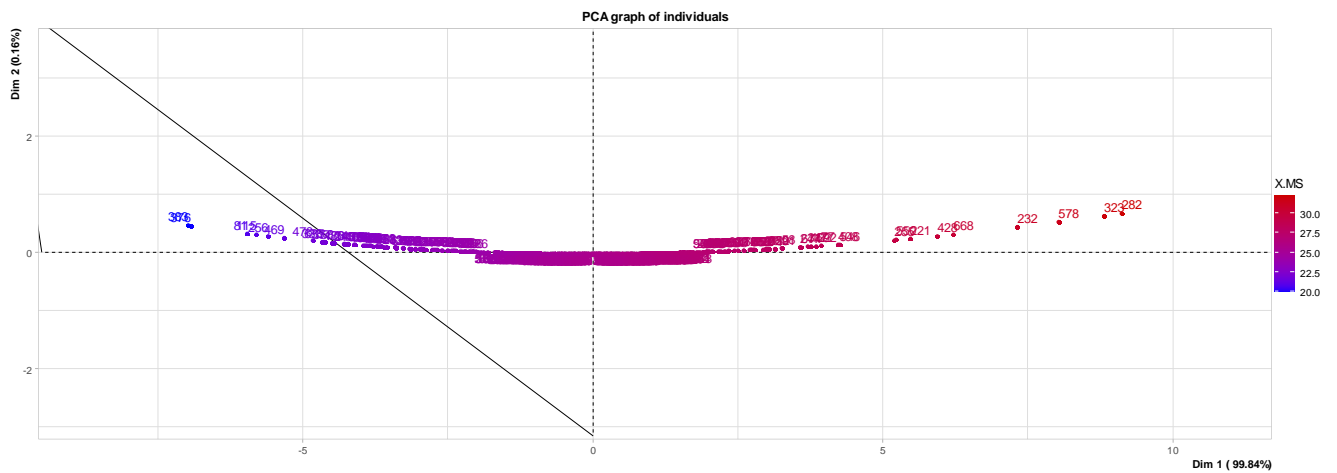


Fig. 11. Análisis de componentes principales (PCA) por proveedor con variable calidad.

## Comprobación metodología FreshColombia

### Contenido de materia seca

A partir del secado por balanza de humedad se logró determinar el contenido real de materia seca de 2 lotes que abastecen a la compañía. Al realizar el comparativo entre la materia seca registrada con el dispositivo Félix y con balanza de humedad se determinaron diferencias porcentuales relativas entre 5 y 19% como se presenta en la TABLA II

TABLA II  
CONTENIDO DE MATERIA SECA A PARTIR DE BALANZA DE HUMEDAD Y DISPOSITIVO FELIX

Lote	Muestra	Materia seca mediante balanza de humedad	Materia seca mediante dispositivo Félix	Diferencia porcentual relativa
Lote 1 (Cauca)	Aguacate 1	18.1	19.03	5%
	Aguacate 2	18.23	19.35	6%
	Aguacate 3	20.31	19.58	4%
	Aguacate 4	17.78	18.6	5%
	Aguacate 5	21.08	18.00	16%
Lote 2 (Antioquia)	Aguacate 1	27.23	22.48	19%
	Aguacate 2	24.77	24.03	3%
	Aguacate 3	23.35	21.75	7%
	Aguacate 4	23.83	23.43	2%
	Aguacate 5	26.78	23.75	12%

Los rangos de diferencia porcentual oscilan significativamente debido al estado de maduración del aguacate y al método de medición. La técnica influye directamente en el contenido de materia seca del aguacate, ya que excesivo tiempo de exposición al aire contribuye a la evaporación del agua presente en la muestra.

### Porcentaje de aceite

A partir del triplicado por lote se logró determinar el porcentaje de aceite en base húmeda de las muestras, para las cuales se determinó la diferencia porcentual relativa (TABLA III). De esta manera se determinó que el Lote 2 (Antioquia) presentó mayor desviación que el Lote 1 (Cauca), teniendo en cuenta la ecuación utilizada en la compañía (Ecuación 2)

TABLA III  
PORCENTAJE DE ACEITE MEDIANTE EXTRACCIÓN SOXHLET PARA LOTES ABASTECIDOS EN FRESHCOLOMBIA.

Lote	Muestra	Materia seca Estufa	Porcentaje de aceite Soxhlet	Porcentaje de aceite $\frac{Ms - 11.87}{1.01}$	Diferencia porcentual relativa porcentaje de aceite
<b>Lote 1 (Cauca)</b>	<b>Mix 1</b>	24.66	12.50%	12.66%	1%
	<b>Mix 2</b>	24.62	13.98%	13.61%	3%
	<b>Mix 3</b>	24.73	12.74%	12.73%	0.1%
<b>Lote 2 (Antioquia)</b>	<b>Mix 1</b>	25.68	11.41%	13.67%	18%
	<b>Mix 2</b>	25.17	9.43%	13.16%	33%
	<b>Mix 3</b>	27.33	13.56%	15.31%	12%

La diferencia porcentual entre ambos lotes es debida a la procedencia de las muestras, en donde para el Lote 1 (Cauca) existe un mayor ajuste de los datos con respecto a la Ecuación 2, que es la establecida en FreshColombia. Carvalho, C et al (2014) definieron que es posible determinar el contenido de aceite mediante una regresión lineal simple a partir de la materia seca del fruto, pero se debe considerar que Colombia es un país tropical y por ende los frutos de cada región presentan características diferentes, por eso es importante desarrollar un modelo para cada región.

Los resultados obtenidos en la TABLA III muestran una correlación positiva entre el contenido de materia seca y el porcentaje de aceite de las muestras, mediante los datos se obtuvo una ecuación que describió el comportamiento de los datos, como se presenta en la Fig. 12 para el Lote 1 (Cauca) y en la Fig. 13 para el Lote 2 (Antioquia).

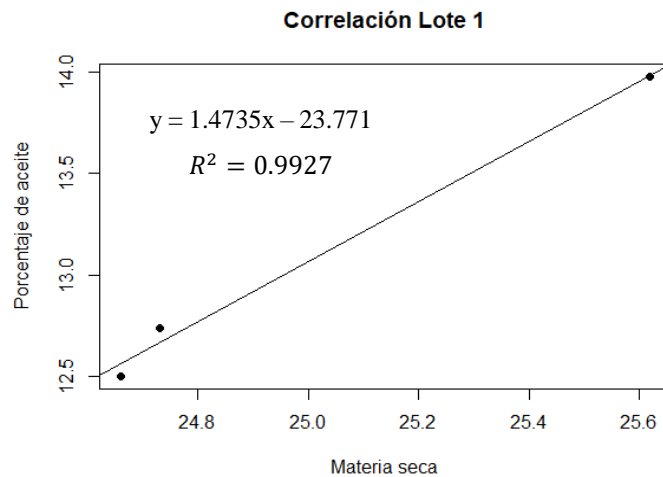


Fig. 12. Modelo lineal relación entre materia seca y porcentaje de aceite del Lote 1.

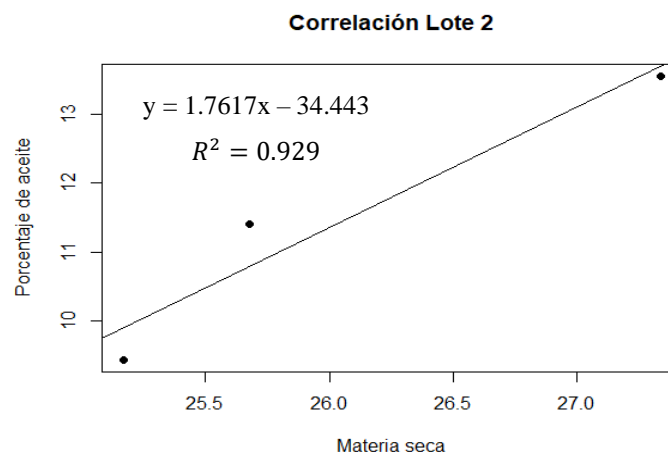


Fig. 13. Modelo lineal relación entre materia seca y porcentaje de aceite del Lote 2

La correlación de las ecuaciones indica que para el Lote 1 con procedencia de Cauca hay una mayor precisión del modelo. Presentó un  $R^2$  de 0.9927, lo que explica que el modelo presenta una mayor variabilidad; por otro lado, el Lote 2 con procedencia de Antioquia, presentó un  $R^2$  superior al 90% (0.929), sin embargo, presenta puntos con mayor desviación.

Para poder obtener un modelo de regresión lineal con mayor confiabilidad de datos se deben realizar más evaluaciones, con el fin de lograr una mayor exactitud en los datos.

---

## VIII. CONCLUSIONES

La materia seca y, por consiguiente, el porcentaje de aceite mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que las temporadas de cosecha y la región de origen del fruto tienen un impacto directo en su calidad. Según el estudio, se observaron las medias más altas de materia seca durante los meses de diciembre y enero, coincidiendo con la temporada típica de cosecha del aguacate Hass. Sin embargo, en Colombia, al carecer de estaciones definidas, la cosecha del fruto ocurre durante todo el año, lo que resulta en variaciones en el contenido de materia seca en cada mes.

El contenido de materia seca y el porcentaje de aceite de las regiones influyen directamente en la calidad del producto final. En este sentido, las regiones del Oriente y Sonsón en Antioquia presentaron la mayor cantidad de materia seca media. Este hallazgo respalda la ubicación estratégica de FreshColombia en Rionegro, Antioquia. El departamento de Antioquia lidera la producción nacional de aguacate Hass, con Sonsón entre sus principales municipios productores. Por lo tanto, la calidad de los aguacates de esta zona es adecuada para la producción de los productos de FreshColombia.

Aunque en algunos casos el uso del dispositivo Félix como método no destructivo para determinar el contenido de materia seca de los frutos mostró diferencias porcentuales de hasta el 19%, en la mayoría de los casos estas diferencias no superaron el 10%. Esto sugiere que el método podría mejorarse a partir de la toma de más de datos, eliminando aquellos que generen desviación (datos atípicos).

El contenido de materia seca y el porcentaje de aceite del aguacate Hass muestran una relación directamente proporcional con una correlación altamente significativa. Se puede estimar el porcentaje de aceite a partir del contenido de materia seca mediante un modelo de regresión lineal. En porcentajes de materia seca bajos, las desviaciones para determinar el contenido de aceite son muy altas. En este sentido, se puede establecer un rango de medición para estimar el contenido de materia seca y aceite.



## IX. PERSPECTIVAS

Es pertinente poder validar los métodos a partir de análisis más completos, mediante la implementación de la metodología establecida en la NTC 6345:2019. De esta manera se podrá determinar un rango de medición de materia seca y así establecer una correcta reproductibilidad del método.

## REFERENCIAS

- [1] Redagricola, “El guacamole ‘made in Colombia.’” Accessed: Feb. 04, 2024. [Online]. Available: <https://redagricola.com/el-guacamole-made-in-colombia/>
- [2] Sandoval, A., Forero, F., García, J., & Londoño, M. (2010). Capítulo VIII. In *Cosecha, manejo de postcosecha y agroindustria* (pp. 651–712).
- [3] A. Woolf, M. L. Arpaia, and M. Wong, “Measuring avocado maturity; ongoing developments,” 2003. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/237321845>
- [4] “Exportadoras de aguacate prevén incremento de alrededor de 25% en volumen este año.” Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.larepublica.co/empresas/exportaciones-de-aguacate-preven-incremento-de-25-en-volumen-para-cierre-de-ano-3567947>
- [5] J. V. Escobar et al., “Influencia de la Materia Seca como Índice de Madurez de Cosecha y Tiempo de Almacenamiento en Frío sobre la Calidad del Aguacate cv. Hass Producido en la Región del Trópico Alto,” *Información tecnológica*, vol. 30, no. 3, pp. 199–210, 2019, doi: 10.4067/S0718-07642019000300199.
- [6] Lucia, D., Moreno, C., Laverde, A. J., Carlos, L., Guzmán, G., & Bolaños-Benavides, M. M. (2022). Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de aguacate (*Persea americana*). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/317/332/1865-1?inline=1>
- [7] Rincón Gómez, M. E. (2021). Proceso de producción del aguacate Hass en Colombia y sus impactos en la distribución física internacional. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38937/RinconGomezMichaelEduardo2021.pdf;jsessionid=FAC897AC7F7A72188F6781723F73308D?sequence=1>
- [8] Agronet. (2022). *Estadísticas home*. Área, Producción y Rendimiento Nacional Por Cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx>
- [9] Rondón, T., Builes, S., Casamitjana, M., Duque, M., Rodríguez, A., Vega, C., Ruíz, D., & Rodríguez, G. (n.d.). Capítulo IX. Perspectiva del ordenamiento productivo del aguacate cv. Hass en Antioquia. In *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (bpa) en el cultivo de aguacate* (pp. 715–755). Retrieved March 26, 2024, from

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/162/153/1130-1?inline=1>.

[10] Jaramillo, A., Arredondo, S., Trejos, A. M., & Correa, D. (2016, September). Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) var. Hass: municipio de el Tambo departamento del Cauca. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/37304>

[11] Norma Técnica Colombiana, NTC 6345. Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones. Colombia, 2019.

[12] P. Rodríguez and J. Henao, Ficha de índices de madurez de cosecha para aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en el departamento de Antioquia. Antioquia: Agrosavia, 2019.

[13] P. Rodríguez, J. Villamizar, L. Londoño, T. Tran, and F. Davrieux, “Quantification of Dry Matter Content in Hass Avocado by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) Scanning Different Fruit Zones,” *Plants*, vol. 12, no. 17, p. 3135, Sep. 2023, doi: 10.3390/PLANTS12173135/S1.

[14] Instituto Nacional de Metrología de Colombia, Guía para la determinación de grasa total en aguacate Hass, 1st ed., vol. 01. Bogotá, 2021. Accessed: Jan. 02, 2024. [Online]. Available: <http://colombiamide.inm.gov.co/>

[15] R. Pérez de los Cobos, “Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) CV. Hass,” Almería, 2012. Accessed: Feb. 10, 2024. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/143456545.pdf>

[16] Instituto Nacional de Metrología, Guía para la determinación de grasa total en aguacate Hass, 01 ed. Bogotá, 2021. [Online]. Available: <http://colombiamide.inm.gov.co/>

[17] Parodi, G., Sanchez, M., & Daga, W. (2007). Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en frutos de palto (*Persea americana* Mill) Var. Hass cultivada bajo condiciones de dos localidades en Chincha-Perú. <https://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4a-174.pdf>

[18] Guzmán-Maldonado, S. H., Osuna-García, J. A., & Herrera-González, J. A. (2017). Efecto de localidad y madurez sobre el perfil de ácidos grasos del fruto de aguacate ‘Hass.’ *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(19), 3885–3896. <https://www.researchgate.net/publication/324065436>

[19] Cerdas Araya, M. del M., Calderón, M., & Somarribas, O. (2014). Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) cultivar

Hass en zona intermedia de producción de Los Santos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 207–214. [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)

[20] Carvalho, C. P., Velásquez, M. A., & van Rooyen, Z. (2014). Determinación del índice mínimo de materia seca para la óptima cosecha del aguacate ‘Hass’ en Colombia. *Agronomía colombiana*, 32(3), 399–406. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.46031>