



INM/GTT-O/01
2021 -04-22

Guía para la
**Determinación
de Materia Seca en
Aguacate Hass**
por Secado en Estufa Convencional

Bogotá D.C.
Versión 1

Guía para la determinación de materia seca en aguacate Hass por secado en estufa convencional

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA

Director General

Carlos Andrés Quevedo Fernández

Edwin Arvey Cristancho Pinilla

Diego Alejandro Ahumada Forigua

EDICIÓN Y REDACCIÓN

Johnnatan Mauricio Giraldo Ruales

Silvia Lorena Ramírez Marín

Juliana Barrios Guio

Ivonne Alejandra González Cárdenas

FOTOGRAFÍAS

Johnnatan Mauricio Giraldo Ruales

Agrosavia

Andrea Acero Kurmen

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Integramos Printing and Packagind S.A..S

Diego Armando Marin Prieto

ISBN(digital)

978-958-53642-0-2

Para más información y solicitud de copias, contacte a:

Instituto Nacional de Metrología

Av. Cra. 50 No. 26 – 55 Int. 2 CAN

Bogotá D.C – Colombia

Tel: +57 1 254 22 22

www.inm.gov.co

2021

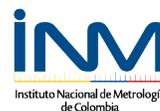
AGRADECIMIENTOS

Esta guía es el resultado del trabajo conjunto entre el Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, y miembros de la Red Colombiana de Metrología -RCM. Se realiza con el apoyo del proyecto ColombiaMide “Calidad para la competitividad- Reduciendo las brechas de calidad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas MIPYME”, los laboratorios y entidades colaboradoras que aportaron con sugerencias y comentarios para su construcción:

- Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) Universidad Nacional de Colombia.
- Unidad de Análisis Industriales - Universidad del Cauca.
- Laboratorio de análisis del Occidente Antioqueño (OCCILAB) - Servicio Nacional de aprendizaje (SENA).
- Laboratorio de Servicios Tecnológicos - Centro de la Innovación la Agroindustria y la Aviación (CIAA) Regional Antioquia - Servicio Nacional de aprendizaje (SENA).
- Laboratorio LEPTON S.A..

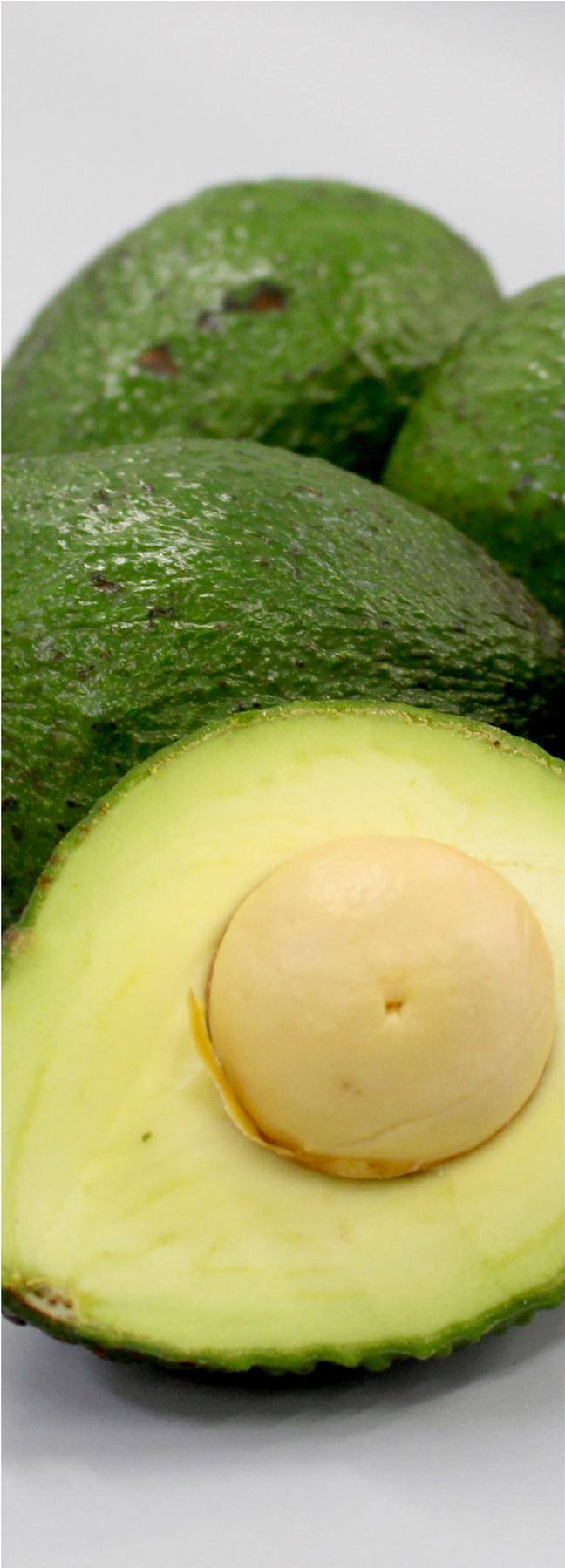


Implementado por:



CONTENIDO

1. OBJETIVO	7
2. ALCANCE	7
3. ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS	7
4. DEFINICIONES	8
5. MARCO CONCEPTUAL	11
6. EQUIPOS Y MATERIALES	14
6.1. Equipos	14
6.2. Materiales	14
7. CONSIDERACIONES PREVIAS	15
8. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA	16
8.1. Condiciones ambientales	16
8.2. Tarado de las cápsulas	16
8.3. Preparación de la muestra	17
8.4. Medición del contenido de materia seca	18
8.5. Cálculos y tratamiento de datos	20
9. EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN	21
9.1. Definición de mensurando	21
9.2. Planteamiento del modelo matemático	21
9.3. Identificación de fuentes de incertidumbre	22
9.4. Incertidumbre estándar	22
9.5. Cálculo de coeficientes de sensibilidad	24
9.6. Incertidumbre estándar combinada	24
9.7. Incertidumbre expandida de medición	25
10. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	26
11. ASEGURAMIENTO DE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS	27
12. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	28
13. TRAZABILIDAD METROLÓGICA	28
14. ANEXOS	29
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31



PRESENTACIÓN

El proyecto ColombiaMide *“Calidad para la competitividad- Reduciendo las brechas de calidad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas MIPYME”* es parte del apoyo complementario implementado entre la Unión Europea y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en Colombia.

ColombiaMide está orientado a mejorar las capacidades metrológicas y de calidad de MIPYME de dos cadenas de valor. El proyecto se encuentra en ejecución desde mayo 2019 por el Instituto Alemán de Metrología (Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB por su nombre en alemán), con el apoyo del Instituto Nacional de Metrología (INM) e ICONTEC como beneficiarios del proyecto.

Para ver los avances del proyecto, consulte la página

Web <http://colombiamide.inm.gov.co/>

Las líneas de acción previstas para ejecutar en ColombiaMide son:

Línea de acción 1: identificación de las necesidades de calidad focalizadas en metrología en dos cadenas de valor en dos regiones priorizadas.

Línea de acción 2: transferencia de buenas prácticas para los usos de estándares y medición para MIPYME en las regiones priorizadas.

Línea de acción 3: desarrollo y mejora de las capacidades técnicas de entidades públicas y privadas para la calibración y ensayo que ofrece capacidad instalada en las regiones priorizadas

Línea de acción 4: apoyar el desarrollo y fortalecimiento de la capacidad metrológica del INM basados en la priorización de necesidades de las regiones y las cadenas de valor

Línea de acción 5: promover el diálogo para lograr la integración de la calidad en las políticas regionales de desarrollo

En el marco de la línea 1, se identificó la necesidad de mejorar las mediciones relacionadas con la medición de materia seca, la cual es una característica que puede emplearse como criterio para determinar el grado de madurez de cosecha, siendo una herramienta apropiada para tomar la decisión del momento óptimo de la recolección de los frutos. En este marco, se desarrolló esta guía a través del trabajo conjunto entre el Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, miembros de la Red Colombiana de Metrología - RCM (Grupo de Trabajo Técnico Temático de Metrología Química) y el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC, con el fin de armonizar el método de medición para la determinación del contenido de materia seca en aguacate variedad Hass (*Persea americana*

Mill. Var. Hass), propendiendo por la uniformidad y la coherencia técnica, fundamentales para garantizar la comparabilidad de mediciones de mensurandos fuertemente dependientes del procedimiento de medición, como el caso presente.

En este sentido, lo consignado en esta guía se constituye en un referente para:

- a. El Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC.
- b. Los laboratorios de ensayo que empleen el método o aspectos técnicos consignados en esta guía.

1.**OBJETIVO**

Definir el protocolo de análisis para la determinación del contenido de materia seca en aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass) en estado verde de madurez, mediante el secado por estufa/horno convencional, por medio del método gravimétrico, con el fin de asegurar que las mediciones sean confiables y trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

2.**ALCANCE**

Esta guía de medición está dirigida a los laboratorios de ensayo interesados en realizar el proceso de medición de materia seca como control de calidad del producto o como herramienta para la implementación del servicio de medición. También se encuentra dirigida al Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC como herramienta de evaluación. El método analítico presentado en esta guía aplica para la determinación, evaluación de incertidumbre y trazabilidad metrológica en la medición de materia seca en muestras de aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass) en estado verde de maduración, secadas mediante calentamiento en horno convencional, por método gravimétrico.

3.**ABREVIATURAS,
SIGLAS Y
SÍMBOLOS**

°C	Grados Celsius
HR	Humedad Relativa
U	Incertidumbre expandida
MS	Materia Seca

4.

DEFINICIONES

Aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass):

Es el fruto de *Persea americana* Mill, cuya cáscara es de textura rugosa o semirrugosa, característica uniforme en toda la superficie, su forma es variada desde semiredonda hasta aplanada. Su color característico va del verde mate al negro. Su pulpa es verde amarillento, suave y de textura no fibrosa (tipo mantequilla). Su estructura está conformada por: epicarpio, mesocarpio y endocarpio tal como se ilustra en la figura 1 (1).

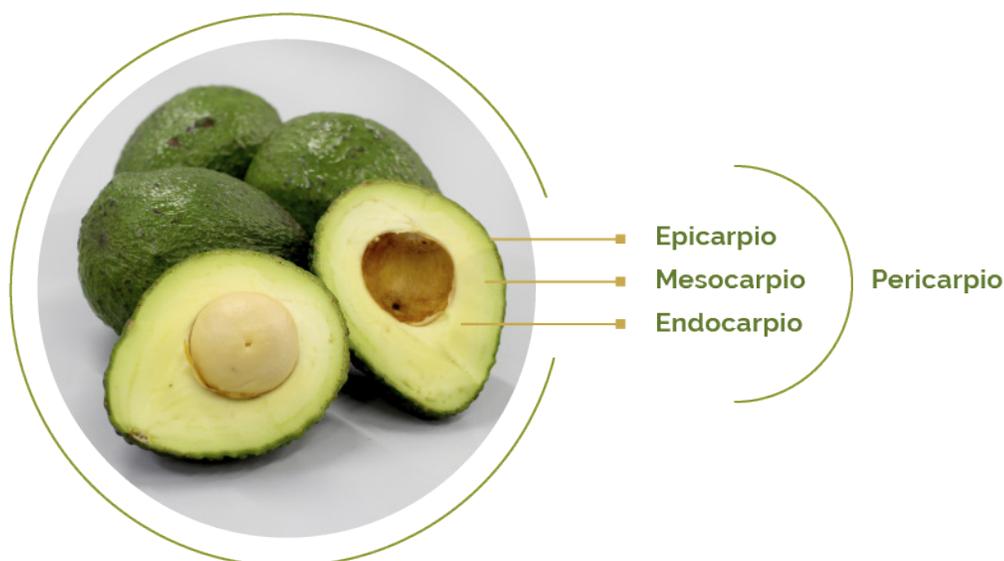


Figura 1. Partes del aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass)

Endocarpio o endocarpo:

(Del griego endo: dentro y karpos: fruto), Es la capa interna del pericarpio y corresponde a la epidermis del haz de la hoja carpelar que lleva los óvulos (2).

Mesocarpio o mesocarpo:

(Del griego meso: en medio y karpos: fruto), Es la parte media de la hoja carpelar y se deriva del parénquima clorofílico (mesófilo). Se encuentra entre el epicarpio y el endocarpio. Cuando el pericarpio es carnoso, esta capa constituye la mayor parte del fruto y se le puede distinguir fácilmente, tal y como sucede con el durazno, la ciruela, el mango, el aguacate, entre otros (2).

Epicarpio, epicarpo, exocarpio o exocarpo:

(Del griego epi: sobre y karpos: fruto), Es la epidermis exterior del ovario. Estructuralmente corresponde a la epidermis del envés de la hoja carpelar del pistilo. En algunos frutos, se le puede desprender manualmente y se le conoce con el "nombre coloquial" de cáscara, piel, o pellejo **(2)**.

Materia Seca:

Todas las sustancias que no se volatilizan bajo las condiciones de secado especificados en esta guía, expresada como porcentaje en fracción másica **(3,4)**.

Pedúnculo:

Tallo por el cual el fruto se adhiere a la planta **(5)**.

Testa:

Tegumento exterior, generalmente coloreado, que envuelve la semilla **(2)**.

Los conceptos presentados a continuación se tomaron del Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) 3ª Edición, 2012 (6)

Condición de Repetibilidad:

Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye el mismo procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo.

Factor de Cobertura:

Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Incertidumbre de medición:

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Magnitud:

Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

Mensurando:

Magnitud que se desea medir.

Sistema Internacional de Unidades (SI):

Sistema de unidades basado en el Sistema Internacional de Magnitudes, con nombres y símbolos de las unidades referentes a las siete magnitudes básicas: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa.

Trazabilidad metrológica:

Propiedad de un resultado de medición por la cual dicho resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición.

Verificación:

Aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos especificados.



5.

MARCO CONCEPTUAL

El aguacate de la variedad Hass se origino de un híbrido desarrollado por Rudolph Hass a partir de una semilla de raza guatemalteca, en Habra Heights (California, USA) y fue patentada en 1935. Se adapta a condiciones subtropicales, temperaturas entre 5 °C y 19 °C y alturas en el intervalo entre 1500 msnm y 2500 msnm **(7)**. El árbol de aguacate produce frutos esféricos, ovalados, con corteza gruesa y quebradiza; la pulpa es cremosa, con excelente sabor **(8)**.

Desde el gobierno Nacional y con la articulación de diferentes entidades, se impulsan alternativas para aumentar las exportaciones no minero energéticas, por lo que a partir de la gran demanda de aguacate Hass, este producto se proyecta como parte de un sector estratégico orientado a lograr este resultado. Para lograr este objetivo, se busca el posicionamiento del fruto colombiano en el mercado global y se incentiva

el fortalecimiento de mercados atractivos tales como: Estados Unidos, Argentina, Reino Unido, China, Japón, Bélgica, Portugal entre otros pertenecientes a la Unión Europea, siendo el primero, el mayor consumidor de esta fruta a nivel mundial **(9-11)**.

El país ha aumentado el rendimiento por área de cultivo, pasando de 7 toneladas por hectárea en el año 2008, a tener en el año 2019, producciones estimadas entre 10 y 12 toneladas por hectárea en cultivos tecnificados, lo que se ve reflejado en el aumento exponencial de las exportaciones. En el 2018 se exportaron USD 62.7 millones equivalentes a 15874 toneladas, además, entre enero y mayo de 2019 se han exportado USD 47.1 millones **(12)**. Una gran ventaja con la que cuenta el territorio colombiano son sus condiciones climáticas tropicales que permiten la producción de este fruto durante todo el año

(13). La creciente industria del aguacate Hass podría ser una alternativa para la generación de empleos en toda la cadena productiva **(14)**, alrededor de 54 mil personas en el país se ven involucradas en forma directa e indirecta en los diferentes eslabones de la cadena de aguacate **(15)**. Los departamentos exportadores de aguacate son Antioquia, Risaralda, Valle del Cauca, Tolima, Santander, Bolívar, Cesar, Quindío **(16)** y Caldas **(17,18)**.

En los últimos años, ha aumentado el interés de grandes empresas internacionales por invertir en la producción de aguacate Hass en Colombia, no solo por las características de sus suelos y sus condiciones climáticas, sino también por la disponibilidad de personal con una alta capacidad técnica y conocimiento en el cultivo de esta variedad de aguacate **(10,19)**

En la actualidad, el aguacate variedad Hass es de gran interés por ser muy apetecido en el mercado internacional debido a su calidad **(20)**, considerado según la FAO, como un superalimento por su alto contenido de aceite, vitaminas y minerales **(21)**. El mesocarpio, la parte comestible del aguacate, presenta varias clases de metabolitos y micronutrientes, destacándose: fitoesteroles, carotenoides, ácidos fenólicos, flavonoides, vitaminas (A, B₁, B₂, B₆, C, D, E, K, B₉ y biotina) **(21)**, minerales como: Mg, Ca, Fe, Al, Zn, Mn, Cu, K y Ni y ácidos grasos, cuya composición está distribuida en un 71 % de ácidos grasos monoinsaturados, 13 % de ácidos grasos poliinsaturados y el 16 % ácidos grasos saturados. Los ácidos grasos insaturados más

abundantes son el ácido oleico, palmitoleico, linoleico y linolénico, siendo los dos últimos ácidos grasos esenciales ya que participan en diferentes funciones en el organismo **(22)**.

El aguacate es un fruto climatérico, produce etileno solamente después de ser cosechado **(23)**, por lo que su maduración continúa una vez es recolectado en su estado de madurez de cosecha. Lo anterior, permite que alcance un estado óptimo de consumo y características adecuadas de sabor y firmeza, al llegar a los lugares donde será comercializado; de no ser así, el fruto podría presentar problemas fisiológicos y de calidad en la postcosecha, como defectos superficiales en la epidermis, heterogeneidad en la maduración o "tablero de ajedrez", pardeamiento u oscurecimiento de la pulpa **(24)** y propiedades organolépticas pobres en términos de sabor, apariencia, firmeza y textura **(25)**.

Debido a esto, el indicador de cosecha es vital para el aseguramiento de la calidad postcosecha del fruto, no obstante, es un criterio difícil de definir debido a la imposibilidad de determinar el grado de madurez a simple vista, porque el fruto no presenta ningún cambio en su apariencia. La predicción del comportamiento de maduración en la cosecha se considera un desafío importante porque los factores como las condiciones de cultivo, temperatura, exposición al sol, los niveles de riego, la composición de macro y micronutrientes en el suelo y metabolitos como algunos azúcares afectan la maduración de la fruta y sus características fisicoquímicas y sensoriales **(26)**.

Diferentes estudios muestran que, durante el proceso de maduración del aguacate, el

porcentaje de humedad del fruto disminuye mientras que la cantidad de aceite y materia seca aumenta en una correlación inversa **(27-29)**. Debido a esto, el contenido de aceite o de materia seca puede emplearse como criterio para determinar el grado de madurez de cosecha, siendo una herramienta apropiada para tomar la decisión del momento óptimo de la recolección de los frutos; la medición del contenido de aceite por métodos directos puede ser dispendiosa y los resultados generados no son inmediatos, mientras que, la determinación del porcentaje de materia seca, es el indicador más utilizado en la mayoría de las áreas productoras de aguacate del mundo ya que la metodología de esta técnica resulta ser más rápida y menos costosa **(24, 30)**. Según el Codex Alimentarius, CODEX STAN 197-1995, los frutos de aguacate variedad Hass, deberán alcanzar un contenido mínimo de materia seca en la cosecha del 21 % **(31)**.

Actualmente, se utilizan indicadores de madurez de cosecha como: longitud y diámetro de los frutos, color, presencia o ausencia de brillo en la cáscara, tiempo de desarrollo del fruto, número de días restantes para alcanzar la madurez, producción de etileno, firmeza de la pulpa, materia seca y contenido de aceite, entre otros **(24,28)**. Como Colombia es un país con una alta variabilidad climática en cortas distancias, se recomienda tener un modelo de correlación entre el contenido de aceite y el porcentaje de materia seca para cada región productora **(32)**, ya que el contenido de éstos es bastante variable según la localización y la altura, presentando incluso variaciones de un año a otro, debido en gran medida a factores climáticos. Otro factor que se suma a la variabilidad es el comportamiento genético de la especie, por lo que cada planta puede tener periodos de maduración diferentes

(30). Los modelos de relación del porcentaje de aceite y materia seca para el aguacate Hass en Colombia están documentados para la región antioqueña **(32, 33)**.

La determinación de materia seca, como alternativa a la determinación del contenido de aceite, es un proceso confiable, sencillo y de bajo costo, por lo que puede ser implementado tanto a nivel de laboratorio como por el agricultor para establecer las condiciones óptimas de cosecha y calidad del producto destinado a su comercialización **(34)**.

El proceso de medición del contenido de materia seca incluye la preparación, el tratamiento de las muestras y su determinación. El procedimiento de esta guía es una adaptación del método propuesto en la Norma Técnica Colombiana NTC 6345:2019 Frutas frescas. Aguacate Variedad Hass. Especificaciones

En la determinación del contenido de materia seca en aguacate Hass, se pesa el residuo resultante de secar una muestra por calentamiento, a una temperatura aproximada de 100 °C hasta que la diferencia de materia seca entre dos pesadas consecutivas sea igual o menor a 0.15 g/100 g muestra.

6. EQUIPOS Y MATERIALES

6.1. EQUIPOS

- Balanza analítica con división de escala mínima de 0.1 mg.
- Horno o estufa de secado convencional: horno de calentamiento eléctrico, con capacidad de alcanzar 100 °C, de manera tal que permita controlar que la variación de temperatura no exceda los 5 °C durante el análisis.
- Termohigrómetro.

6.2. MATERIALES

- Cápsulas de aluminio con tapa (dimensiones mayores o iguales a 50 mm de diámetro x 40 mm de profundidad).
- Pinzas metálicas de crisol.
- Desecador con material desecante.
- Rallador de alimentos con un orificio entre 2 mm y 3 mm.
- Elemento de corte (p.ej. Cuchillo).





7.

CONSIDERACIONES PREVIAS

- El material desecante del desecador debe encontrarse activado o regenerado previamente.
- La estufa/horno de secado debe tener una capacidad de recuperación de temperatura, después de apertura (p. ej. Para ingresar las muestras) de máximo 30 minutos **(35)**.
- El horno no debe abrirse durante el secado de muestras, tampoco se debe introducir material o productos diferentes a las muestras que se están analizando.
- Las cápsulas deben ser manipuladas con pinzas de crisol.
- Realizar seguimiento de las condiciones ambientales durante el proceso de pesaje, y asegurar que se encuentren dentro de los parámetros establecidos en el numeral 8.1. En caso de no cumplirse repetir el análisis.



8.

PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA

La determinación de materia seca en aguacate Hass (*Persea americana*. Mill. Var. Hass), se realiza en diferentes etapas haciendo un seguimiento de las condiciones ambientales en cada una de ellas; en primera instancia se realiza el tarado de las capsulas de aluminio utilizadas en la determinación, posteriormente se lleva a cabo la preparación de la muestra y el desarrollo experimental para la medición del contenido de materia seca, y por último el tratamiento de los datos obtenidos.

8.1. CONDICIONES AMBIENTALES

Las mediciones se deben realizar en condiciones ambientales de humedad relativa menores al 65 % HR. Se sugiere realizar este procedimiento a temperaturas no mayores a 25 °C.

8.2. TARADO DE LAS CÁPSULAS

8.2.1. Lavar las cápsulas y sus tapas con agua y jabón neutro, secar.

Nota 1: se recomienda marcar los recipientes con sus respectivas tapas antes del tarado.

8.2.2. Programar la estufa/horno a la temperatura de secado de la muestra a 100 °C, por lo menos 30 minutos antes de iniciar el tarado de las cápsulas.

8.2.3. Disponer las cápsulas y sus tapas, por separado, en la estufa/horno a 100 °C durante mínimo 60 minutos.

8.2.4. Transcurrido este tiempo, transferir las cápsulas y las tapas, rápidamente, a un desecador; dejar allí hasta que alcancen temperatura ambiente (aproximadamente entre 45 minutos y 60 minutos).



8.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

8.3.1. Tomar los frutos de aguacate en estado de maduración verde (de preferencia en buen estado físico, sin signos de daño mecánico o presencia de plagas) y cortarlos longitudinalmente como se observa en la figura 2-a.

Nota 2: por facilidad en el rallado, antes del corte longitudinal se recomienda cortar el fruto por la parte superior a 1 cm o 2 cm del pedúnculo como se observa en la figura 2-b.

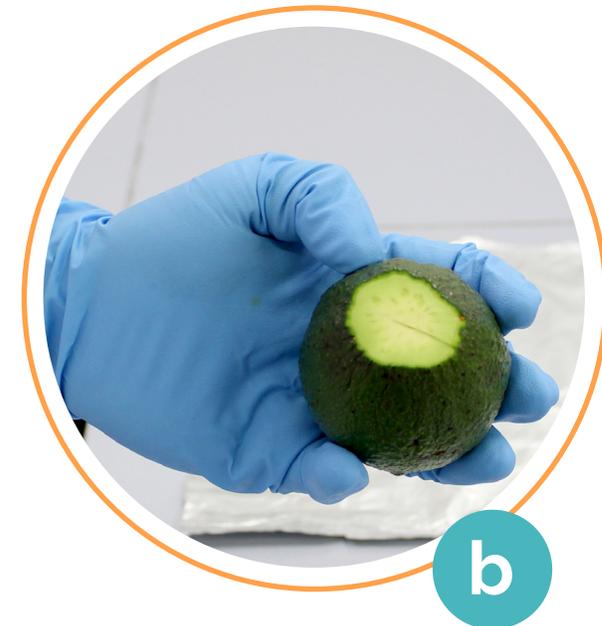


Figura 2. a. Corte longitudinal y

b. Corte del pedúnculo del fruto del aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass).

8.3.2. Retirar la mayor parte de la cáscara (epicarpio) como se observa en la figura 3.



Figura 3. Proceso de pelado del aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass).

8.3.3. Remover la semilla y la testa, asegurando retirarla completamente.

Nota 3: procure retirar por completo los componentes diferentes a la pulpa del fruto de aguacate ya que la medición del contenido de materia seca se puede ver afectada si quedan restos de éstos en la muestra.

Nota 4: en caso de que la testa no se separe fácilmente de la pulpa, este proceso se puede realizar con un cuchillo convencional u otro instrumento que permita retirar efectivamente este componente.

8.3.4. Rallar la pulpa del fruto (figura 4)

Nota 5: una vez rallada la muestra, se sugiere almacenarla en un recipiente plástico con tapa (se recomienda que la cantidad de muestra no supere el 50 % de la capacidad del recipiente para facilitar la homogenización) e inmediatamente proceder a realizar la medición.



Figura 4. Rallado de la pulpa del aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass).

8.4. MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA

La determinación del contenido de materia seca debe realizarse sobre, al menos, cuatro mediciones de la misma muestra a analizar que permitan el cálculo del coeficiente de variación (% CV).

8.4.1. Pesar una cápsula con su respectiva tapa (previamente taradas según el numeral 8.2).

8.4.2. Registrar el valor de masa y el número de identificación de la cápsula empleada con su respectiva tapa. Esta masa será denominada como "Masa de recipiente vacío" (M1).

8.4.3. Homogenizar la muestra siempre antes de realizar el pesado; para ello, agitar por inversión manual el recipiente (sin destapar) que contiene la muestra.

Nota 6: *esta agitación debe realizarse suavemente con el propósito de evitar deterioro de la muestra en estudio.*

Nota 7: *la muestra debe encontrarse a temperatura ambiente, tratar de realizar el pesado lo más rápido posible debido a la inestabilidad de la matriz.*

8.4.4. Pesar en la cápsula entre 1.9 g y 2.1 g de muestra homogenizada, procurando que la muestra se distribuya de manera homogénea en toda la cápsula; registrar el valor obtenido como "Masa de la muestra" (M2).

Nota 8: *no se recomienda aumentar la cantidad de muestra a pesar, puesto que el secado de la muestra no es homogéneo.*

8.4.5. Colocar las cápsulas con la muestra junto con sus tapas, por separado, en la estufa/horno por tres horas.

Nota 9: *la estufa/horno debe estar estabilizada a la temperatura de secado (100 °C).*

8.4.6. Transcurrido este tiempo, llevar rápidamente las cápsulas tapadas, a un desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente (aproximadamente entre 45 minutos y 60 minutos).

8.4.7. Pesar las cápsulas tapadas con la muestra seca y registrar el valor "Masa Recipiente + residuo" (M3).

8.4.8. Introducir nuevamente, por separado, las cápsulas con las muestras secas y sus respectivas tapas, a la estufa/horno, y someter a la temperatura de secado (100 °C) por 60 minutos.

8.4.9. Repetir numerales 8.4.6 y 8.4.7, las veces que sea necesario para cumplir la condición del numeral siguiente.

8.4.10. El valor de la diferencia de materia seca entre dos determinaciones consecutivas de la misma muestra deberá ser igual o menor que 0.15 g de materia seca/ 100 g de muestra. En caso de superar dicho valor repetir los numerales 8.4.8 y 8.4.9.

8.5. CÁLCULOS Y TRATAMIENTOS DE DATOS

El contenido de materia seca se expresa como porcentaje en fracción másica, empleando la siguiente ecuación.

$$\% MS = \frac{M_3 - M_1}{M_2} \times 100$$

Ecuación 1

Donde:

% MS = (g/100 g) contenido de materia seca.

M1 = (g) Masa del recipiente vacío y su tapa.

M2 = (g) Masa de la muestra fresca.

M3 = (g) Masa del recipiente con la tapa y la muestra seca (residuo final).

Para el tratamiento de los datos obtenidos durante la determinación de materia seca, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Calcular el promedio y la desviación estándar de las réplicas realizadas.
- Calcular el coeficiente de variación de las réplicas.
- Evaluar la incertidumbre de la medición, siguiendo con los lineamientos del numeral 9.



9. EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN.

La estimación de la incertidumbre asociada a la determinación de materia seca en aguacate Hass se realiza con base en los lineamientos presentados en la Guía para la Estimación de la Incertidumbre GUM (36). Los pasos para la estimación se presentan en los siguientes numerales:

9.1. DEFINICIÓN DE MENSURADO

El mensurado está definido como el contenido de materia seca en Aguacate Hass (*Persea americana* Mill. Var. Hass) expresado en fracción másica.

9.2. PLANTEAMIENTO DEL MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático que representa el porcentaje de materia seca está definido por la siguiente ecuación:

$$\% MS = \left(\left(\frac{M_3 - M_1}{M_2} \right) \times 100 \right) \times R \times T \times MS_{cte}$$

Ecuación 2

Donde:

- % MS** Resultado en porcentaje de la medición.
- M₃** Masa recipiente con tapa y muestra seca (residuo final).
- M₂** Masa muestra fresca.
- M₁** Masa del recipiente vacío con tapa.
- R** Factor Repetibilidad.
- T** Factor Temperatura.
- MS_{cte}** Factor por peso constante.

Los términos R, T y MS_{cte} corresponden al aporte de incertidumbre por repetibilidad, temperatura, y peso constante. Los valores de cada término son iguales a 1, por lo que el porcentaje de materia seca se obtiene a partir de las masas de la cápsula vacía, muestra y residuo.

9.3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Las fuentes de incertidumbre asociadas a la determinación de materia seca en aguacate Hass se presentan a continuación.

- u (M₃)** Masa recipiente con tapa y muestra seca (residuo).
- u (M₂)** Masa muestra fresca.
- u (M₁)** Masa del recipiente vacío con tapa.
- u (R)** Repetibilidad.
- u (T)** Temperatura.
- u (MS_{cte})** Peso Constante.

9.4. INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR

La evaluación de la incertidumbre estándar de cada fuente se puede realizar de dos maneras, la primera, es la evaluación tipo A, que se aplica cuando se realiza un análisis estadístico de una serie de mediciones. La segunda, es la evaluación tipo B, la cual se aplica cuando no se realiza análisis estadísticos de un grupo de observaciones, es decir, este tipo de evaluación se utiliza cuando se cuenta con:

- Datos de mediciones anteriores.
- Experiencia o conocimiento general del comportamiento y propiedades de materiales. e instrumentos.

- Especificaciones del fabricante.
- Datos proporcionados en calibración y otros certificados.
- Incertidumbres asignadas a las mediciones tomadas de los manuales.

La incertidumbre estándar para cada una de las fuentes se evalúa por medio de las ecuaciones dadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones para calcular la incertidumbre estándar para cada una de las fuentes de aporte

Fuente de incertidumbre	Tipo de evaluación	Ecuaciones
Masa recipiente con tapa y muestra seca (residuo)¹	Tipo B	$u(M_i) = \sqrt{u^2(R) + u^2(E)}$
Masa muestra¹		
Masa del recipiente con tapa vacío¹		
Repetibilidad²	Tipo A	$u(R) = \frac{\text{desviación estándar}}{\sqrt{n}}$
Temperatura (estufa/horno)³	Tipo B	$u(T) = \frac{\Delta T}{\sqrt{3}}$
Peso Constante⁴	Tipo B	$u(MS_{cte}) = \frac{\Delta MS}{\sqrt{3}}$

¹ Las incertidumbres estándar de las masas del recipiente vacío, muestra y residuo están conformadas por la combinación de la incertidumbre por resolución ($u(R)$) y la del error ($u(E)$) de la balanza utilizada.

² Dado que su evaluación es experimental, este puede expresarse como la dispersión de n observaciones independientes (37).

³ ΔT hace referencia a la variación de temperatura especificada por el fabricante a la temperatura de trabajo.

⁴ ΔMS corresponde a la mayor diferencia de materia seca entre pesadas consecutivas de la misma muestra seca (el valor definido como 0.15 g materia seca/100 g muestra) Importante: Aunque el nombre de la fuente de incertidumbre se denomina peso constante, realmente se obtiene su aporte asumiendo la diferencia entre valores de materia seca (en vez de diferencia en masa) en determinaciones sucesivas.

9.5. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD

Los coeficientes de sensibilidad se obtienen derivando el modelo matemático en función de cada una de las variables que son fuente de incertidumbre. Para esto se emplea la siguiente ecuación general:

$$C_i = \frac{\Delta \%MS (M, R, T, MS_{cte})}{dV \text{ variable}} = \frac{d\%MS (M, R, T, MS_{cte})}{dV \text{ variable}}$$

Ecuación 7

Las variables se encuentran definidas en el numeral 9.3

Nota 10: el coeficiente de sensibilidad asociado con la incertidumbre de la temperatura de secado puede evaluarse de manera experimental observando el cambio en el contenido de materia seca cuando se emplean temperaturas en un intervalo representativo al que se somete la muestra durante la medición (37).

9.6. INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR COMBINADA

La expresión general para estimar la incertidumbre estándar combinada consiste en la raíz de la suma de cuadrados del producto entre el coeficiente de sensibilidad y la incertidumbre estándar de cada fuente de incertidumbre, como se presenta a continuación por medio de la siguiente ecuación.

$$U = \sqrt{\left(C_{iM_3} u(M_3)\right)^2 + \left(C_{iM_2} u(M_2)\right)^2 + \left(C_{iM_1} u(M_1)\right)^2 + \left(C_{iR} u(R)\right)^2 + \left(C_{iT} u(T)\right)^2 + \left(C_{iMS_{cte}} u(MS_{cte})\right)^2}$$

Ecuación 8

9.7. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida se obtiene al multiplicar la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura (k), según la ecuación 9.

$$U = k \times u$$

Ecuación 9

El valor k se obtiene del valor tabulado para una distribución t-Student a un nivel de confianza definido (95 %) y un número de grados efectivos de libertad obtenido de las diferentes fuentes de incertidumbre con base en la ecuación de Welch-Satterthwaite, la cual se presenta a continuación:

$$v_{eff} = \frac{u(y)^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i(y)^4}{v_i}}$$

Ecuación 10

Donde:

u(y) Incertidumbre estándar combinada para las n fuentes.

u_i(y) Incertidumbre estándar para la fuente i.

v_i Grados de libertad para la fuente i.

v_{eff} Grados de libertad efectivos.



10.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El informe de ensayo debe cumplir con los requisitos indicados en ISO/IEC 17025, versión vigente. Los resultados se deben presentar de manera clara, inequívoca y objetiva. Se debe incluir toda información necesaria para la interpretación de los resultados de medición y una descripción del método utilizado (ISO/IEC 17025, versión vigente). El laboratorio debe tener en cuenta los requisitos expuestos en numeral relacionados con el informe de resultados de la norma ISO/IEC 17025, versión vigente, para la elaboración del informe de resultados. Se recomienda incluir en el informe de ensayo lo siguiente:

1. Condiciones ambientales: En esta sección se reporta: el valor máximo de humedad relativa y la temperatura, medidas durante la determinación de materia seca.

2. Resultado de medición: Se debe reportar el valor promedio de la serie de mediciones realizadas, acompañado de su incertidumbre expandida asociada, factor de cobertura y declaración del nivel de confianza.


11.

ASEGURAMIENTO DE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS

Con los resultados obtenidos de las mediciones de cada muestra, **bajo condiciones de repetibilidad**, calcular el coeficiente de variación (% CV) de las determinaciones de la misma muestra.

Criterio de aceptación: El coeficiente de variación debe ser menor o igual al definido en la Tabla 2:

Tabla 2. Criterios de aceptación

Matriz	% CV
Aguacate Hass	3.0

Verificación para incumplimiento de criterio: Repetir el ensayo. Si persiste, revisar las condiciones ambientales bajo las cuales se realizó la medición, la homogeneidad de la muestra, en lo posible reducir el tiempo de preparación de la muestra y pesado.

12. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- Antes de iniciar las actividades de pesaje verificar que la balanza seleccionada cuenta con calibración vigente y mantenimiento adecuado, según lo estipulado por el laboratorio.
- La balanza y las pesas de verificación deberán contar con certificado de calibración.
- Los equipos empleados, cuando aplique, deben contar con calibraciones, caracterización, verificaciones y/o mantenimientos vigentes.

13. TRAZABILIDAD METROLÓGICA

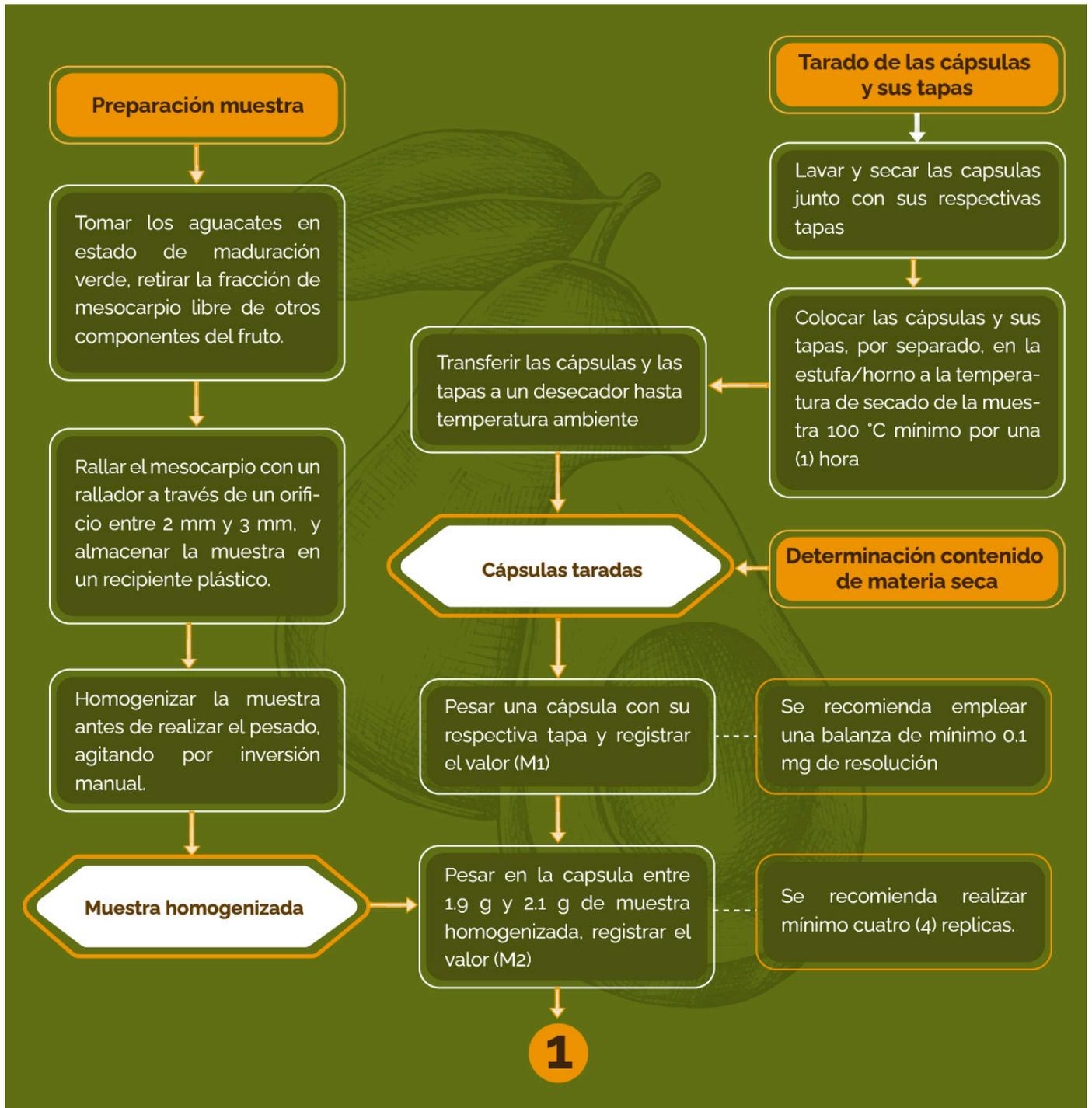
El contenido de materia seca se determina como una relación de masas, de allí que la trazabilidad metrológica está dada hacia el kilogramo, como la unidad de masa en el Sistema Internacional, y de acuerdo con esto, la cadena de trazabilidad metrológica se fundamenta en los patrones de masa.

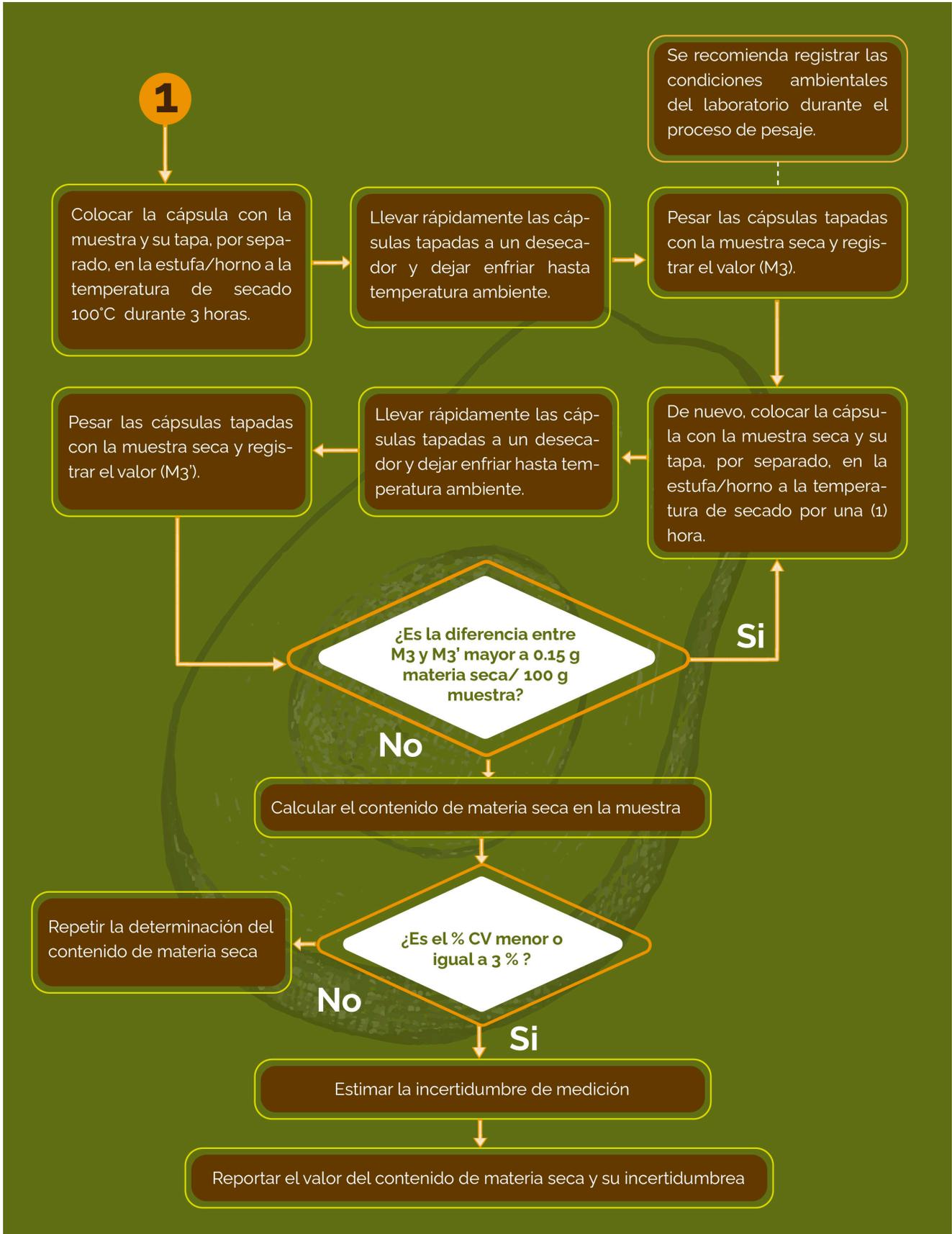
En este caso, el laboratorio debe asegurar que la balanza usada en la medición está calibrada por un ente certificado y el certificado expedido se encuentre vigente; dicho certificado debe identificar la trazabilidad metrológica a patrones nacionales o extranjeros de medición y su incertidumbre de medida. Con eso se establece la cadena de trazabilidad hasta el kilogramo que es la unidad internacional.

En la cadena de trazabilidad se establecen las etapas o la secuencia que relaciona el valor del resultado con la unidad del Sistema Internacional; en cada etapa, se deberá especificar el valor o alcance y la incertidumbre de medida en donde se evidencie la cadena ininterrumpida, así como la documentación que se encuentre asociada (certificados, informes, procedimientos, entre otros).

14.

Anexo 1: esquema de medición para la determinación de materia seca en aguacate Hass por secado en estufa convencional*





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dirección General de Normas. NMX-FF-016-SCFI-2016. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-Aguacate (Persea americana Mill). Especificaciones. [Internet]. Secretaría de Economía. 2016. p. 1-7. Available from: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5445368&fecha=21/07/2016
2. Sandoval Lopez JA. Morfología Vegetal, FRUTOS II [Internet]. 2010 [cited 2020 Aug 20]. Available from: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/34651/secme-19111.pdf?sequence=1>
3. International Organization for Standardization. ISO 1026: 1982 - Productos de frutas y hortalizas - Determinación del contenido de materia seca por secado a presión reducida y del contenido de agua por destilación azeotrópica [Internet]. 1982 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <https://www.iso.org/standard/5498.html>
4. International Organization for Standardization. ISO 11465: 1993 - Calidad del suelo - Determinación de materia seca y contenido de agua en base a la masa - Método gravimétrico [Internet]. 1993 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <https://www.iso.org/standard/20886.html>
5. ICONTEC. NTC 6345:2019 Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 19]. p. 24. Available from: <https://tienda.icontec.org/gp-frutas-frescas-aguacate-variedad-hass-especificaciones-ntc6345-2019.html>
6. JCGM. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM), 2012.
7. Centro de Comunicación Agrícola. Manual Técnico de cultivo del aguacate Hass (Persea americana L.) [Internet]. La lima, Cortés, Honduras.; 2008 Jun [cited 2020 May 9]. Available from: <https://www.avocadosource.com/books/AlfonsoJose2008.pdf>
8. ICA. Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass Medidas para la temporada invernal [Internet]. 2012 [cited 2020 May 2]. Available from: <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/->
9. Colombia Productiva. Convocatoria 576 cofinanciación de Certificaciones de Calidad para Exportar para empresas y acreditación de laboratorios [Internet]. Bogotá D.C.; 2019. Available from: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-servicios/ptp-convocatorias/para-empresas/convocatoria-certificaciones-calidad-para-exporta>
10. PROCOLOMBIA. Exportaciones de aguacate crecen 37,6% con relación a 2018 [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 23]. Available from: <https://procolombia.co/noticias/exportaciones-de-aguacate-crecen-376-con-relacion-2018>
11. Asohofrucol. Informe de gestión 2018 [Internet]. 2019. Available from: <http://www.asohofrucol.com.co/LeyTransparencia/Informe>
12. Colombia Productiva. Cuatro razones que explican el buen momento del aguacate Hass colombiano [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-comunica/noticias/cuatro-razones-que-explican-el-buen-momento-del-ag>
13. PortalFrutícola. Compradores europeos analizaron el rápido crecimiento de la industria de aguacate Hass [Internet]. [cited 2020 Apr 23]. Available from: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/10/19/compradores-europeos-analizaron-el-rapido-crecimiento-de-la-industria-de-aguacate-hass-colombiano/>

14. Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad [Internet]. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C; 2019. Available from: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>

15. Ministerio de Agricultura de Colombia. Cadena de aguacate Indicadores e Instrumentos Agosto 2018 [Internet]. 2018. Available from: https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1232-Bullets aguacate Septiembre_.pdf

16. Ministerio de Agricultura de Colombia. "Ya somos el cuarto productor de aguacate del mundo y tenemos todo para convertirnos en grandes exportadores": ministro Valencia [Internet]. 2019 [cited 2020 May 5]. p. 2. Available from: <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>

17. PROCOLOMBIA. Exportaciones de aguacate crecen 37,6% con relación a 2018 [Internet]. 2019 [cited 2020 Feb 20]. Available from: <https://procolombia.co/noticias/exportaciones-de-aguacate-crecen-376-con-relacion-2018>

18. Mejía A. Perspectivas del aguacate Hass en Colombia. Actas VIII Congr Mund la Palta 2015 [Internet]. 2015 [cited 2020 May 2];477-9. Available from: http://www.avocadosource.com/WAC8/Section_07/MejiaHernandezAE2015.pdf

19. PROCOLOMBIA. La empresa que sembrará 60 mil árboles de aguacate hass en Colombia en el 2019 - Invierta en Colombia [Internet]. 2019 [cited 2020 Apr 20]. Available from: <https://www.inviertaencolombia.com.co/noticias/1244-la-empresa-que-sembrara-60-mil-arboles-de-aguacate-hass-en-colombia-en-el-2019.html>

20. Dinero. Aguacate: el oro verde de la economía colombiana . Dinero [Internet]. 2017 Mar 30 [cited 2020 Aug 28]; Available from: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/informe-especial/articulo/aguacate-exportacion-y-mercado-en-colombia/243434>

21. PROCOLOMBIA. El mercado del aguacate Hass para Estados Unidos 2017 [Internet]. 2017. Available from: https://procolombia.co/sites/default/files/cartilla_aguacate_usa.pdf

22. Robayo-Medina AT. 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 [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2016. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/56953/>

23. Herrera-González JA, Salazar-García S, Martínez-Flores HE, Ruiz-García JE. Indicadores Premilinares de Madurez Fisiológica y Comportamiento Postcosecha del Fruto de Aguacate Méndez. *Rev Fitotec Mex* [Internet]. 2017;40:11. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61051194007> Resumen%0AEL

24. Escobar J V, Rodriguez P, Cortes M, Correa G. Influence of dry matter as a harvest index and cold storage time on cv. Hass avocado quality produced in high tropic region. *Inf Technol*. 2019;30(3):199-210.

25. Jara F, Undurraga P, Oleata JA. Comparación del periodo de madurez en paltas Hass en cinco zonas productoras en Chile (Temporadas 2003-2005). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2007.

26. Rivera SA, Ferreyra R, Robledo P, Selles G, Arpaia ML, Saavedra J, et al. Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in 'Hass' avocado under long term storage. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2017;216:29-37. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.024>

27. Carvalho C., Velásquez M., Van Rooyen Z. Porcentaje mínimo de materia seca para una cosecha adecuada del aguacate cv. "Hass" en Colombia. VIII Congr Mund la Palta. 2015;417-23.

28. Parodi G, Parodi G, Sanchez M, Daga W. Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en Frutos de Palto (*Persea americana* Mill) Var. Hass cultivado bajo condiciones de dos localidades en Chíncha-Perú. *Proc VI World Avocado Congr*. 2007;(978):12-6.

29. Weissbluth R, Valenzuela J. Determinación Del Porcentaje Mínimo De Materia Seca Para Autorizar La Cosecha De Paltas Cv. Hass Para Ser Exportadas. Determination of the Minimum Percentage of Dry Matter To Authorize the Harvest of Hass Avocado Pears for Export. 2007;(978):12-6.
30. Jara M F, Olaeta JA, Undurraga P. Comparación del periodo de madurez en paltas Hass en cinco zonas productoras en Chile (Temporadas 2003-2005). 2007.
31. Codex Alimentarius. Norma del Codex para el aguacate (CODEX STAN 197-1995). 1995. p. 5.
32. Carvalho CP, Velásquez MA, Van Rooyen Z. Determinación del índice mínimo de materia seca para la óptima cosecha del aguacate 'Hass' en Colombia. Agron Colomb. 2014;32(3):399-406.
33. Rodríguez P, Henao JC, Correa G, Aristizabal A. Identification of Harvest Maturity Indicators for 'Hass' Avocado Adaptable to Field Conditions. HortTechnology hortte [Internet]. 28(6):815-21. Available from: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/28/6/article-p815.xml>
34. Araya C, Milagro M, Calderón M, Jones S, Santos. 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. Agron Costarric. 2014;38(1):207-14.
35. International Organization for Standardization. ISO 712: 2009 - Cereales y productos a base de cereales - Determinación del contenido de humedad - Método de referencia [Internet]. 2009 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <https://www.iso.org/standard/44807.html>
36. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. Int Organ Stand Geneva ISBN [Internet]. 2010;50(September):134. Available from: <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>
37. Ellison SLR, Williams A. Cuantificación de la Incertidumbre en Medidas Analíticas, Guía CG 4 EURACHEM / CITAC. Eurachem/Citac. 2012;3rd Edición:133.
38. ICONTEC. NTC-ISO-IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración [Internet]. 2017 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <https://tienda.icontec.org/gp-requisitos-generales-para-la-competencia-de-los-laboratorios-de-ensayo-y-calibracion-ntc-iso-iec17025-2017.html>

Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM

Subdirección de Metrología Química y Biología, Red Colombiana de Metrología.

Av. Cra 50 No 26-55 Int. 2 CAN - Bogotá, D.C. Colombia

Conmutador: (571) 254 22 22

E-mail: contacto@inm.gov.co

www.inm.gov.co

www.rcm.gov.co



Guía para la
**Determinación
de Materia Seca en
Aguacate Hass**
por Secado en Estufa
Convencional

ColombiaMide es una apuesta que se da gracias a la cooperación entre la Unión Europea y el Ministerio de Comercio Industria y Turismo en Colombia, orientado a mejorar las capacidades metrológicas y de calidad en Mipymes en dos cadenas productivas, ejecutado por el Instituto Alemán de Metrología (PTB), con el apoyo del INM e Icontec como beneficiarios del proyecto. Para ver los avances del proyecto, consulte la página web:

<http://colombiamide.inm.gov.co/>