

VII. COSECHA, MANEJO POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA

Angélica Sandoval Aldana¹
Freddy Forero Longas²
Jairo García Lozano³
Mauricio Londoño Bonilla⁴

Introducción

La conservación de frutas y hortalizas, productos perecederos y de alto consumo, constituye una prioridad para el país, debido a las altas pérdidas que se registran en las etapas de cosecha y poscosecha, como consecuencia de la desarticulación entre eslabones, el sector productivo y todas las etapas de comercialización hasta llegar al consumidor final.

Se presentan deficiencias de orden tecnológico, tanto en la etapa de producción para obtener un producto de buena calidad, como en la etapa de poscosecha, donde están incluidas todas las actividades que se realizan entre la cosecha y el consumo, en la cual son comunes las carencias o fallas en los procesos de recolección, selección, clasificación, empaque y embalaje, situación que conlleva a problemas de comercialización, por mala calidad del producto ofrecido y el consecuente desestímulo en la producción.

Colombia es un país hortofrutícola por excelencia, pero uno de sus principales problemas es la falta de una producción que garantice la continuidad, volumen y calidad de la materia prima, especialmente de frutas y verduras. Sin embargo, algunas frutas como el aguacate, presentan alta trayectoria productiva y grandes áreas cultivadas en el país, siendo necesario generar posibilidades de transformación, tanto a pequeña como a mediana escala.

La implementación de prácticas poscosecha efectivas y con tecnologías adecuadas, acompañadas con el desarrollo de productos agroindustriales a partir de los frutos de aguacate, pueden contribuir a que los productores se asocien como empresas y de esta forma lograr una mayor capacidad de negociación, en donde puedan adquirir los insumos requeridos a menor costo.

1. Ingeniera Química. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos. Docente Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia. Correo electrónico: apsandovala@ut.edu.co

2. Ingeniero Agroindustrial. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos. Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. Nataima. Espinal, Tolima, Colombia. Correo electrónico: fforero@corpoica.org.co

3. Ingeniero Agrónomo. Ph.D Ciencias Agropecuarias - Área Agraria. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. Nataima. Espinal, Tolima, Colombia. Correo electrónico: jgarcia@corpoica.org.co

4. Administrador de Empresas Agropecuarias. Esp. Poscosecha. Investigador Profesional. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: mlondonob@corpoica.org.co



Generalidades

El cultivo de aguacate ha tenido una dinámica muy fuerte en el país, impulsado principalmente por el cambio de concepto de esta fruta, por su alta aceptación en los mercados internos y externos, debido a su excelente composición nutricional. Además, sus productos procesados son de alta demanda, por lo cual se incluyó en la apuesta exportadora y en el Plan Frutícola Nacional (PFN) (Asohofrucol – MADR, 2006).

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una fruta muy apreciada en el mercado mundial por su consistencia suave, similar a la de la mantequilla, por su exquisito sabor, su alto valor nutritivo y por sus amplias posibilidades de uso, no solo en la culinaria, sino en procesos industriales. Se estima que contiene un fuerte componente vitamínico (A, C y E), además de extraordinarias propiedades para reducir el colesterol, por contener lipoproteínas de baja densidad. A su vez, su consumo disminuye el riesgo a desarrollar arteriosclerosis, siendo beneficioso para controlar el asma y la artritis reumatoide.

El aguacate, presenta una variada posibilidad de usos como productos industrializados, señalándose entre otros: pulpas como base de productos para untar,

tanto frescas, refrigeradas o congeladas, mitades o cubos congelados, aceite para culinaria y la industria cosmética. Dentro de las alternativas nombradas, la pulpa de aguacate congelada ha presentado el mayor volumen de producción como base del tradicional guacamole.

El mercado mundial del aguacate crece constantemente, en las proyecciones de la FAO para el año 2010, se estimó que la producción de aguacate alcanzaría los 3,1 millones de toneladas, constituyéndose América Latina y el Caribe como las principales regiones productoras de aguacate del mundo. Se vislumbra que México seguirá siendo el mayor país productor contribuyendo con cerca del 40% de la producción mundial total.

Existe la percepción que la industria aguacatera es muy pequeña; sin embargo, presenta grandes oportunidades de desarrollo sobre todo con la diversificación de mercados y presentación final del producto, es decir, incluir a la venta de producto en fresco, la comercialización de productos procesados, con amplias oportunidades de participación en los mercados internacionales, tipo guacamole, puré, aceite comestible o para la industria cosmética.



Cosecha

La cosecha es la fase de la explotación comercial del cultivo del aguacate, en la cual el productor planea, organiza, ejecuta y supervisa todas las labores que permiten recolectar y colocar la fruta en el mercado. El producto cosechado debe satisfacer los requerimientos de su cliente, en términos de calidad, precio y condiciones de entrega.

La recolección del aguacate se hace en forma manual, preferiblemente con tijeras, recolectando una a una la fruta y conservando una pequeña porción del pedúnculo adherido al fruto, para no acelerar el proceso de maduración, evitar la entrada de patógenos y garantizar la buena presentación final del producto. Durante la cosecha es importante vigilar la forma como se realiza el corte; un corte mal hecho daña la calidad de la fruta. Para evitar daño por roce o talladura del fruto, el tamaño del pedúnculo debe ser entre 3 y 4 mm, para lo cual se realiza un corte plano y limpio con una tijera bien afilada (Figura 1).



Figura 1. Corte a ras del pedúnculo del fruto.

Fotos: J. Bernal

Los implementos de cosecha deben estar limpios y desinfectados para evitar la contaminación de la fruta y del árbol. La desinfección de las herramientas de cosecha puede hacerse con alcohol (70%) o con cloro (5 ml/l de agua), lavando muy

bien después con agua limpia, porque el cloro tiende a oxidar los implementos.

Todas las herramientas, u otros utensilios que se pongan en contacto con la planta y el suelo, pueden transmitir agentes patógenos, por lo cual como medida de prevención se recomiendan sumergir en la solución desinfectante por unos pocos minutos. Las herramientas se pueden almacenar después de aplicarles una cubierta protectora de aceite, o lavarlas y secarlas antes de almacenarlas, para prevenir la corrosión.

La operación de cosecha se debe realizar con el máximo cuidado, evitando golpes y rajaduras en el fruto, los cuales afectan finalmente la duración en almacenamiento, su vida de anaquel y el aspecto externo del mismo. Las heridas permiten la penetración de patógenos y en consecuencia la pudrición de numerosos frutos en el proceso de maduración. Los frutos se deben recolectar en las primeras horas de la mañana, momento en el cual el estrés causado por las altas temperaturas es menor y se disminuye el calor de campo y las pérdidas por deshidratación.

Los frutos cosechados no deben estar húmedos por el rocío o la lluvia (Figura 2), ya que la humedad excesiva acelera el desarrollo de diferentes agentes patógenos que causan pudriciones posteriores (Figura 3).

Las horas para la cosecha se deben programar teniendo en cuenta las condiciones climáticas, disponibilidad de mano de obra, facilidad de transporte y ante todo, la demanda y condiciones del mercado



Figura 2. Frutos húmedos no aptos para su cosecha.

Foto: J. Bernal



Figura 3. Pudriciones poscosecha por condiciones de alta humedad en la fruta.

Foto: J. Bernal

La fruta se coloca en bolsas de tela (Figura 4) que luego son vaciadas en cajas plásticas o bien se colocan directamente sobre una superficie limpia. La fruta que se encuentran en las partes altas del árbol y que no se alcanza manualmente, se cosecha utilizando una vara de unos 4 m de largo, de bambú u otro material liviano, en la cual se coloca en un extremo, un anillo de hierro de 20 cm de diámetro, provisto en su parte superior de cuchillas de forma curva, de 5 cm de largo y con buen filo (Figura 5). En la parte inferior del

anillo se coloca una bolsa de lona fuerte, de 25 cm de largo, para recibir los frutos (Figura 6). El operario introduce el fruto en el anillo, realiza movimientos suaves hacia arriba y abajo, de tal manera que los filos cortantes rompan el pedúnculo del fruto, el cual queda atrapado en la bolsa de lona.



Figura 4. Bolsa de tela para cosecha de aguacate y canastilla plástica para su transporte.

Fotos: J. Bernal



Figura 5. Herramientas para la cosecha de aguacate.

Fotos: J. Bernal



Figura 6. Bolsas para retener los frutos de aguacate en la cosecha.
Fotos: J. Bernal

Cuando los árboles son muy altos puede ser necesario el uso de escaleras para facilitar las labores de cosecha (**Figura 7**). Una práctica que debe evitarse es lanzar el aguacate cosechado desde las partes altas del árbol, por el riesgo de daños físicos, especialmente si se llega a golpear contra el suelo. Algunos productores utilizan tubos de tela (sacos abiertos por ambos lados) para amortiguar la caída de la fruta desde lo alto de la escalera, esta práctica facilita la labor, pero se debe vigilar el efecto sobre la calidad y la incidencia de daños físicos sobre la fruta.

Los mejores cortes se logran utilizando tijeras bien afiladas para garantizar un menor daño físico, sin embargo, se debe tener cuidado de no rozar con la cuchilla la cáscara del aguacate, para evitar hendiduras que podrían ser un factor de rechazo y disminuir la vida comercial al producto.

El aguacate cosechado se debe colocar dentro de cajas plásticas, limpias y llenas hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, de esta forma se previenen daños por compresión al estibar las cajas durante el transporte.



Figura 7. Uso de escalera para colecta de frutos.
Foto: J. Bernal

Acopio de la fruta en el campo

Antes de acondicionar y preparar el producto para el mercado, éste se debe proteger en determinados sitios dentro de la finca, en especial de la radiación solar, causante de la deshidratación, pérdida de peso y disminución de la calidad de la fruta, así como de la lluvia o humedad excesiva.

Los centros de acopio (**Figura 8**) son especialmente importantes cuando se trata de cultivos extensos o con topografía difícil y escarpada. Las interrupciones en la operación de cosecha por causa de la lluvia u otras razones técnicas o humanas, pueden ocurrir; por lo tanto, el acopio en los lotes de producción se debe planificar teniendo en cuenta la ubicación, las vías de acceso y la provisión de infraestructura básica para esta labor, como polisombras de protección solar, estibas para almacenamiento y mesas de selección, entre otras.

En el caso de lotes pequeños, los centros de acopio pueden ser móviles, fabricados con materiales livianos, económicos y fáciles de adquirir en la región.



Figura 8. Acopio en finca para adecuación de la fruta.

Fotos: J. Bernal

No se recomienda el uso de sacos (costales) para transportar la fruta desde el campo al sitio de empaque (**Figura 9**), porque el aguacate sufre golpes, magulladuras, rozaduras y daños por compresión, debido a que la carga de otros sacos estibados llega directamente a los frutos, adicionalmente favorece la fricción entre los frutos y el incremento de la temperatura del producto. Aún para pequeños productores, la recomendación es que se utilicen cajas plásticas limpias para el producto cosechado.



Figura 9. Prácticas inadecuadas poscosecha; daño en frutos por compresión.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Otra práctica que debe evitarse es el transporte a granel de la fruta cosechada (**Figura 10**), en el cajón de un vehículo de carga, práctica que realizan algunos productores por facilidad en el manejo de la fruta y porque brinda la posibilidad de llevar mayor cantidad, sin embargo, bajo estas condiciones la fruta sufre mayores daños por compresión, roces y golpes, resultado del mal estado de las carreteras y a movimientos repentinos del vehículo debidos a curvas y pendientes.



Figura 10. Transporte inadecuado a granel del fruto.

Fotos: J. Bernal



Estos daños pueden resultar poco visibles por la firmeza del aguacate en el momento de la cosecha, pero el deterioro del producto se acelera y los daños se manifiestan cuando el producto alcanza la madurez de consumo, como oscurecimiento de la pulpa, maduración y ablandamiento no homogéneo, mayor susceptibilidad al deterioro y por lo tanto menor vida útil del producto.

Se requiere de una selección previa de la fruta en el campo (Figura 11), separando aquella que no cumpla con los requerimientos establecidos, con lo que se logra bajar los costos de transporte y aumentar la eficiencia de la planta empacadora, pues solamente ingresará producto con los atributos de calidad requeridos, esta operación puede hacerse mientras se empaqueta la fruta (al sacarla de las bolsas de cosecha), evitando colocar fruta directamente en el suelo.



Figura 11. Selección en campo de la fruta.

Fotos: J. Bernal

También permite al productor decidir y tomar acciones sobre el uso que se le dará al producto que no califica (otros mercados, descartarlo cerca de la plantación, alimento para animales u otro), con lo cual se evita que el producto de rechazo se deje en la plantación. Generalmente los productores seleccionan el producto en el campo y eliminan la fruta con daños por insectos, fruta con lesiones de roña de severas a muy severas y fruta con deformaciones, muy pequeña o con síntomas de enfermedades.

Índice de madurez

El índice de madurez o de cosecha se constituye en el parámetro más importante para determinar el momento oportuno para realizar la recolección y asegurar la vida útil de la fruta durante la poscosecha y su comercialización (Figura 12). Un índice de maduración o de cosecha debe ser sencillo, rápido y fácil de reproducir; además, debe reflejar la calidad de la fruta al momento de separarla del árbol.



Figura 12. Comercialización del aguacate en almacenes de grandes superficies.

Fotos: J. Bernal

Es importante diferenciar los términos madurez fisiológica y madurez comercial. La madurez fisiológica hace referencia a la etapa de desarrollo de la fruta en la cual se produce su máximo crecimiento y su semilla es viable. La madurez comercial o de consumo, se relaciona directamente con las exigencias de un mercado específico y con las características organolépticas típicas de cada producto.



El aguacate no alcanza su madurez de consumo en el árbol, debido a que este produce un inhibidor de la maduración que pasa al fruto por el pedúnculo. La determinación del momento de corte es un factor clave para garantizar que la fruta madure adecuadamente, se optimice la calidad y se minimicen las pérdidas.

Existen diferentes métodos para determinar con precisión el grado de madurez de la fruta; algunos de ellos se pueden realizar en la finca y otros requieren equipos específicos de laboratorio.

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios indicadores con el fin de definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno del mesocarpio o pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre de la fruta y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto.

En Colombia, los principales criterios de cosecha son el cambio de color en la cáscara, de verde claro a verde oscuro y la desaparición del brillo, que ha mostrado bastante imprecisión por ser una medición subjetiva, que depende de la experiencia del cosechador. Estos criterios de corte no siempre se ajustan a los parámetros de selección utilizados en el centro de acopio, lo cual se traduce en altos porcentajes de rechazo, principalmente por fruta inmadura, que luego presenta problemas en el almacenamiento, ya que no alcanza la madurez óptima para consumo, la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa y el sabor y firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.

La mayoría de las variedades comerciales que se cultivan en Colombia, pueden permanecer en el árbol durante varios días, semanas e incluso meses después de la madurez fisiológica, sin que se

produzca su abscisión y posterior caída de la fruta. De hecho, y sólo en aquellas variedades que cambian de color durante su proceso de maduración, es difícil definir con precisión la madurez de cosecha de forma visual.

El tipo de maduración que se presenta en aguacate, puede resultar ventajoso, ya que el productor puede programar la recolección de la fruta de acuerdo a las condiciones del mercado; sin embargo, conlleva algunos riesgos, como bajos contenidos de aceite, presencia de fibras en la pulpa y frutos con aspecto arrugado, cuando la cosecha es prematura; en el caso contrario, cuando la cosecha se retrasa, la fruta puede presentar maduración desuniforme y mal sabor; además, mientras más tiempo permanezcan los frutos en el árbol, su madurez comercial se produce más rápido y por lo tanto su vida de anaquel también se reduce. Por tal motivo, las labores de cosecha se deben programar con anticipación, teniendo en cuenta, la variedad, condiciones del cultivo, exigencias del mercado y las distancias hacia los centros de comercialización y de consumo.

Para determinar con precisión los índices de maduración, lo mejor es combinar diferentes criterios para realizar la cosecha en el momento oportuno, siendo necesario tener presente, los siguientes aspectos: conocer las épocas de maduración de las variedades sembradas bajo las condiciones agroecológicas de cada sitio; identificar los cambios en las tonalidades de color de los frutos y conocer el tamaño promedio de los frutos de cada variedad; en la mayoría de las variedades la porción del pedúnculo más próxima al fruto se torna amarillenta, lo cual es un buen indicio de madurez de cosecha. En relación con los cambios de color de la cáscara, cuando el fruto no ha alcanzado la madurez fisiológica, ésta presenta un color verde brillante,

pero a medida que la maduración avanza, el color se torna verde opaco; tal es el caso de algunas variedades comerciales como Fuerte, Booth, Reed y Trinidad.

La variedad Hass presenta un cambio evidente de color de la cáscara del verde a un color rojizo posteriormente morado oscuro, cuando alcanza la madurez fisiológica (**Figura 13**). En la variedad Collinred, el cambio de color es menos drástico, presentando estrías rojizas y moradas sobre el color verde, que no desaparecen por completo.

El contenido de grasa es un criterio de madurez confiable pero es difícil de determinar; sin embargo, existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y materia seca en el aguacate, esta última se determina por un método

simple, económico y rápido con un horno, para deshidratar la muestra. 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. La determinación del estado de madurez y por ende, el momento adecuado para realizar la cosecha de los frutos de aguacate, en realidad no es sencillo. Con excepción de algunas variedades, no existen indicios externos visibles para establecer los índices de maduración.

El porcentaje de Materia Seca (MS) está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad (Lee *et al.*, 1983; Brown, 1984; Ranney, 1991). El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y generalmente se suman a una constante para cualquier cultivar (Swarts, 1978). Por lo tanto, el porcentaje de MS es utilizado actualmente como un índice de madurez en Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos, entre otros. En la **Tabla 1** se presentan los de índices actuales de maduración según el porcentaje de MS legal, utilizados en varios países.



Figura 13. Cambio de color en frutos de Hass, indicando la madurez de consumo.

Fotos: J. Bernal





Tabla 1. Porcentaje promedio de materia seca (%MS) de la pulpa, requerido para asegurar una calidad de maduración aceptable en varios cultivares de aguacate.

Índice de Maduración (%MS)			
Cultivar País Promedio (%)			Referencia
'Hass'	Australia	21,0	Brown, 1984
	Estados Unidos	21,6	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,8	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	23,0	Milne, 1994
	México	22,0	Sánchez, 1993
	Chile	23,0	Waissbluth y Valenzuela, 2007
	España	23,0	Galán-Saúco, 1990
'Fuerte'	Australia	21,0	Brown, 1994
	Australia	22,5	Dettman <i>et al.</i> , 1987
	Estados Unidos	19,9	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
'Bacon'	Estados Unidos	18,5	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	21,0	Galán-Saúco, 1990
'Zutano'	Estados Unidos	18,8	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,2	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
'Gwen'	Estados Unidos	25,9	Ranney, 1991
'Ryan'	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
'Edranol'	Sudáfrica	25,0	
'Pinkerton'		20,0	Kruger y Abercrombie, 2000
'Ettinger'	España	21,0	Galán-Saúco, 1990

En la **Tabla 2** se presentan los parámetros mínimos de calidad para algunas variedades de aguacate sembradas en Colombia, en donde se evidencia el contenido de materia seca y aceite.

Tabla 2. Parámetros mínimos de calidad, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

Variedad	Pulpa (%)	Aceite (%)	Materia Seca (%)	Dureza (kgf.cm ²)
Hass	55,7	25,5	39,5	2,4
Fuerte	70,6	10	21,1	2,2
Booth 8	69,2	6,4	15,8	3,2
Trinidad	62,9	10,8	23,9	2,4
Lorena	69,2	3,3	15,9	3,7
Trapp	68,4	3,8	14,9	4,8
Choquette	77,2	4,6	14,8	2,7
Santana	68,6	3,9	12	4,1

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.

Desde el punto de vista práctico, la determinación del porcentaje de grasa es difícil de realizar, requiere la extracción y determinación del contenido de grasa lo cual demora días en laboratorios especializados y tiene un costo elevado por muestra. Por su parte, la determinación del contenido de materia seca es bastante más simple, económica y su implementación en una planta empacadora de aguacate es relativamente sencilla como se explica a continuación.

Determinación de Materia Seca

Los resultados de contenido de materia seca se obtienen en unas pocas horas, por lo que se pueden utilizar para determinar si un lote de la plantación está listo para cosechar, así como para realizar análisis a los frutos cosechados en caso de duda sobre el grado de madurez. El equipo requerido incluye un horno microondas, una balanza analítica, un desecador y cápsulas (tipo platos petri o similar) para colocar las muestras. El método consiste en cortar aproximadamente 100 g de pulpa en rebanadas muy delgadas (cortadas con un pela papas y colocarlas a secar en el horno microondas hasta obtener peso constante, proceso que tarda entre 5 y 15 minutos.





Protocolo para determinación de materia seca

1. Seleccione cuidadosamente los aguacates, recojiéndolos de las partes sombreadas del árbol y de árboles en diferentes partes del cultivo, la fruta no debe estar blanda para poder ejecutar la prueba, se debe marcar la muestra para evitar confusiones, no mezclar variedades, transportar cuidadosamente y efectuar el análisis lo más pronto posible.
2. La fruta se parte inicialmente en mitades, y luego cada mitad en 4 partes, usando el pelador de papas o un cuchillo, quitar la piel a la pulpa, retire todos los rastros de la semilla.
3. Pese el plato vacío y apunte este resultado, el cual será el PESO DE TARA (P_1).
4. Coloque el plato vacío sobre la balanza y adicione la muestra de aguacate (tajadas) aproximadamente 100 gramos, no necesariamente debe ser este peso exacto, apunte el peso del plato más la muestra, este será el PESO HÚMEDO (P_2).
5. Coloque el plato o porta muestra con los trozos de aguacate dentro del horno microondas.
6. Dado que los hornos microondas varían, es fundamental comenzar a baja potencia y gradualmente aumentarla para evitar que se quemé la muestra. Se sugiere que para iniciar usar el 40% de potencia durante 15 minutos.
7. Retire la muestra del microondas y pesar.
8. Después de pesar, introduce la muestra de nuevo al horno de microondas durante 3 minutos a 40% de potencia.

9. Retire la muestra del microondas y pesar.
10. Este proceso se repite a intervalos de un minuto hasta que no se observe más pérdida de peso (después de varias repeticiones puede determinar el correcto ajuste de la potencia y el tiempo aproximado con el fin de asegurar no quemar la muestra).
11. Después de que no se observen cambios significativos de peso, retirar la muestra del horno y pesar; este será el PESO SECO (P_3).

Cálculos

$$\frac{\text{Peso seco } (P_3) - \text{Peso tara } (P_1)}{\text{Peso húmedo } (P_2) - \text{Peso tara } (P_1)} \times 100 = \text{contenido de materia seca } (\%)$$

El uso combinado de dos indicadores para determinar el momento de cosecha del aguacate como la opacidad de la cáscara y contenido de materia seca, resulta conveniente y de aplicación muy práctica, el primer indicador facilita la cosecha en el campo, por otra parte con el segundo se comprueba la madurez fisiológica del fruto, sus resultados sirven para mantener una buena comunicación con el productor y hacer los ajustes que se requieran en los casos en que el contenido de materia seca sea más bajo del requerido (fruta inmadura).

Manejo poscosecha

La poscosecha se define como la etapa del proceso productivo que incluye todas las actividades que deben ser implementadas para ofrecer una fruta de excelente calidad, desde el momento de la recolección hasta que llega al consumidor final.

Antes de abordar el tema, así como el análisis de los factores que en ello convergen, es necesario mencionar que

cualquier actividad que se realice en el huerto antes y durante el desarrollo del fruto, influirá de alguna manera en este período. Sin embargo, la etapa que generalmente se considera de importancia y que tiene serias repercusiones en la producción, empieza desde que se cosecha el fruto de aguacate, ya que desde ese momento y hasta su presentación en el mercado al consumidor, transcurre un lapso de tiempo considerable, durante el cual el fruto puede sufrir diferentes tipos de daños mecánicos y fisiológicos, que lo hacen susceptible al ataque de diferentes agentes fitopatológicos.

Dentro de los daños que se pueden presentar por agentes patológicos, se encuentran *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sphaceloma perseae*, *Alternaria* sp., *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp., entre otros, lo que inciden en la disminución de la calidad y por consiguiente, en el precio del producto, causando pérdidas que van desde un 10 hasta un 100% de la fruta que se envía al mercado.

El manejo del aguacate durante y después de la cosecha debe ser cuidadoso para garantizar al consumidor la calidad e inocuidad de la fruta que ellos requieren; los operarios que laboran en el campo y en la planta empacadora deben conocer bien el producto, sus atributos de calidad y los principales defectos, así como la tolerancia de los mismos para que no sean considerados factores de rechazo.

Los procesos de cosecha y acondicionamiento del aguacate deben tomar en cuenta los requerimientos de los clientes y consumidores finales en el mercado meta, así como el tiempo desde el corte del fruto hasta la exhibición en los puntos

de venta y los cambios esperados durante el transporte, como cambios en la textura y color, propios de la maduración y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos y a daños físicos en la fruta.

Es básico recordar que el aguacate es un fruto climatérico, es decir después de cosechado el fruto continúa los procesos de maduración (incremento de azúcares, reducción de acidez, cambio de color, entre otros); además, es muy susceptible al daño por frío, lo que significa que durante el almacenamiento, el fruto puede sufrir deterioro en sus características organolépticas.

Aspectos fisiológicos durante la poscosecha

Producción de etileno

El etileno (C₂H₄) es un gas sintetizado por las plantas en forma constante, para cumplir funciones específicas de maduración; su concentración como etileno endógeno es muy baja y aumenta ligeramente antes de iniciar dicho proceso. En los frutos climatéricos, como el aguacate, la producción de etileno se considera alta y su concentración se mantiene así durante todo el proceso de maduración.

El etileno, incluso en concentraciones muy bajas, afecta la tasa respiratoria de los frutos y afecta el proceso interno de maduración. Para alcanzar los objetivos de acelerar o detener la maduración, se deben implementar tratamientos que involucren no solo la presencia de etileno exógeno sino también el control de otros factores como la temperatura, humedad relativa, concentración de gases y tiempo de almacenamiento.



El tratamiento de frutos de aguacate con 100 ppm de etileno a 20°C y almacenados por 48 horas, conduce a obtener su madurez de consumo en tres a seis días, dependiendo de la variedad y del estado de madurez fisiológica en que sean recolectados.

La producción de etileno comienza después de la cosecha y aumenta considerablemente con la maduración a valores superiores de 100 µl de C₂H₄/kg/h a 20°C de temperatura.

Respiración

La respiración es un proceso metabólico que toma como materia prima compuestos como los azúcares, el almidón y los ácidos grasos y los somete a una degradación oxidativa, dando como resultado moléculas más simples como el dióxido de carbono (CO₂), el agua (H₂O) y otras moléculas, para ser utilizadas en otras síntesis, liberando durante todo este proceso energía en forma de ATP y kilocalorías. La tasa respiratoria de los frutos cosechados de aguacate, depende de las condiciones de almacenamiento, especialmente de la temperatura. En general, la fruta refrigerada disminuye su ritmo respiratorio, aumentando así su vida de almacenamiento.

Transpiración

La transpiración es un fenómeno físico de pérdida de vapor de agua, a través de la cutícula, estomas o lenticelas del área expuesta a las condiciones ambientales. La pérdida de agua se evidencia con la disminución de turgencia, lo cual afecta la calidad de la fruta, con la consecuente pérdida de su valor comercial.

Los frutos de aguacate pierden agua, a través de los poros de su corteza exterior, como consecuencia de condiciones inadecuadas de almacenamiento, empaque y

transporte, principalmente. Estos aumentan los niveles de transpiración y respiración, los cuales, a su vez, contribuyen a los cambios de peso del fruto. Lo cual, además trae como consecuencia la disminución del aroma, cambios en el color y en general una mala apariencia y deterioro de la fruta. La pérdida de peso de la fruta almacenada es proporcional al aumento de la temperatura, siendo las temperaturas de almacenamiento natural más adecuadas, de 17°C hasta por 11 días y de 5°C para almacenamiento refrigerado por un periodo de hasta 20 días.

Adecuación

En el centro de acopio o planta empacadora el producto se acondiciona para el mercado fresco, las operaciones que allí se realizan contribuyen a mantener la calidad del producto, extender su vida útil y garantizar al consumidor productos inocuos. Es importante capacitar al personal de la planta y a los agricultores sobre los cambios en el aguacate durante la maduración, las enfermedades más comunes, daños mecánicos y cómo se manifiestan cuando la fruta alcanza la madurez comestible, los cambios de color, daños por insectos y otros, así como las medidas preventivas para minimizar su aparición.

La preparación del aguacate para el mercado fresco también debe tomar en cuenta los requerimientos del mercado meta, las características y condiciones en la cadena de distribución y comercialización (tiempos, temperaturas, tipo de vehículos, etc.) a las que el producto estará sometido desde la planta empacadora hasta los puntos de venta y sus exhibidores.

Recepción e inspección

La calidad del aguacate no mejora después de la cosecha, pero puede conservarse mediante el manejo cuidadoso en el campo, durante las operaciones en la planta empacadora y la cadena de comercialización (Figura 14).



Figura 14. Recepción e inspección de la fruta.

Fotos: J. Bernal

Las especificaciones de calidad exigidas por la planta de empaque o procesado deben ser conocidas por todos los productores y procurando dar seguimiento a las labores de campo y manejo de la fruta por medio de visitas y control de los registros que lleven sobre las prácticas de campo.

El recibo de la fruta debe ser ágil, para evitar las esperas en el medio de transporte bajo el sol o la lluvia, que deterioran la calidad. La operación de

recepción tiene algunos trámites, como el registro de la cantidad de producto que se entrega, la procedencia de los productos, la identificación del lote, documento de recibo para el productor, entre otros; algunos aspectos técnicos se incluyen dentro del término inspección como la vigilancia de la calidad de las frutas que se reciben, la cual debe ajustarse a los criterios de cosecha, la acomodación del producto para evitar la contaminación cruzada y permitir su identificación en todo momento, así como la revisión del medio de transporte y los empaques.

Selección

Después de la inspección, los frutos recolectados se seleccionan para separar aquellos que no presentan las condiciones apropiadas para su comercialización; deben descartarse aquellos frutos con daño físico y/o por insectos, cicatrices, malformaciones, frutos inmaduros o sobremaduros, así como los que se observen deshidratados, con ausencia de pedúnculo o con manchas causadas por agentes biológicos y según las especificaciones de calidad que tenga el mercado al que se dirige la fruta. El sitio destinado para la selección debe tener buena ventilación, estar protegido de los rayos solares y alejados de fuentes de contaminación como agroquímicos, abonos, fertilizantes o animales, entre otros. También, deberá ofrecer a los operarios las condiciones ergonómicas mínimas, como luz suficiente y mesas con una altura que permitan realizar esta labor con comodidad y eficiencia. Esta etapa complementa la selección realizada en el campo, pero no la sustituye, pues se hace con el fin de asegurar que el producto que ingresa tenga las características de calidad requeridas, y para evitar que producto en mal estado contamine el agua de lavado y los equipos en la planta de empaque.



Para seleccionar los frutos aptos para el mercado se emplean operarios entrenados, lo cual resulta ser eficiente, ya que ningún equipo reemplaza la agudeza visual y destreza del hombre. Los frutos destinados a la comercialización deben tener como mínimo las siguientes características: estar sanos, tener el tamaño, el peso y la forma promedio de la variedad, estar exentos de materiales extraños visibles como tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños, presentar el pedúnculo completo y no presentar deformaciones, hundimientos y/o arrugamientos.

Clasificación

Una vez se efectúa la selección del producto, se procede a su clasificación, con el fin de unificar la calidad, de acuerdo con una o varias características, como color, tamaño, peso (**Tabla 3**) y sanidad. La clasificación conduce a conformar categorías o clases comerciales del producto.



Figura 15. Clasificación del aguacate.

Foto: J. Bernal

Se puede hacer manual o mecánica, pero generalmente se combinan ambos métodos (**Figura 15**). La clasificación manual requiere operarios calificados y entrenados para llevar a cabo esta labor. La clasificación mecánica se efectúa a través de bandas y equipos diseñados para tal fin, combinando diferentes criterios de clasificación, de acuerdo con la variedad y el mercado objetivo.

Tabla 3. Categorías para la clasificación de algunas variedades de aguacate en Colombia.

Categoría	Variedad/Peso en gramos					Defectos
	Calibre	Hass	Fuerte	Reed	Collin Red	Choquette
Extra	>180	>270	>350	>500	>1000	No tolera: Daño mecánico Daño por plaga o enfermedad Golpe de sol
Primera	>140 a 180	>240 a 270	>250 a 350	>400 a 500	>800 a 1000	No tolera: Daño mecánico Golpe de sol Tolera: Hasta 6 cm ² de daño por plaga o enfermedad, excepto pasador del fruto
Industrial	>90 a 140	>150 a 240	>200 a 250	>200 a 400	>400 a 80	No tolera: Daño mecánico Tolera: Golpe de sol
Descarte	<90					

Lavado y desinfección

La función del lavado y la desinfección de la fruta es remover la suciedad y los microorganismos patógenos de la superficie del aguacate. El lavado es superficial y con él se reduce la carga microbiológica que trae la fruta desde el campo. Esta operación es muy importante para preservar la calidad de la fruta (extender la vida útil) y minimizar el riesgo de transmitir enfermedades a los consumidores (**Figura 16**).



Figura 16. Lavado y desinfección del aguacate.

Foto: J. Bernal

Los aguacates crecen distanciados del suelo, con lo cual el riesgo de contaminación microbiológica es menor comparado con otros productos que crecen cerca de la tierra (fresas, por ejemplo); sin embargo, las plantaciones están expuestas al ambiente; hay otros vectores de contaminación como los operarios de campo, los materiales de empaque, medios de transporte y otros.

Para esta operación se utiliza principalmente agua clorada (100 a 150 ppm), utilizando hipoclorito de sodio o de calcio, en un tratamiento por inmersión que tarda de 2 a 3 minutos. Las soluciones de cloro tiene la característica que su efectividad depende de la concentración de cloro, la temperatura y especialmente el pH de la solución, que debe estar entre 6,0 y 7,0, niveles a los cuales se encuentra

la mayor actividad del cloro como agente desinfectante. Algunas recomendaciones para que este tratamiento sea efectivo a lo largo del día son las siguientes:

- Utilizar agua de buena calidad, para lo cual debe controlarse su calidad microbiológica y química (análisis periódicos), tanto para el caso en que se utilice agua de acueducto como de pozo u otra fuente.
- Controlar la concentración del cloro y el pH del agua de lavado a lo largo del día.
- Realizar cambios de agua cuantas veces se requiera según la cantidad y suciedad de producto lavado.
- Utilizar empaques de campo (cajas plásticas) limpias y desinfectadas con frecuencia y evitar colocar el producto directamente sobre el suelo.

Es conveniente que el lavado se haga utilizando cajas limpias, para lo cual se puede hacer un trasvase cuidadoso de la fruta en la planta empacadora, a la vez que se selecciona.

Es importante tener en cuenta las recomendaciones anteriores para evitar que las pilas de lavado y desinfección se conviertan en un foco de contaminación para la fruta fresca que se lava.





Tratamientos con fungicidas

Las enfermedades más comunes durante la poscosecha del aguacate son antracnosis y la pudrición del pedúnculo. El control de éstas y otras enfermedades inicia en el campo, con las prácticas de cosecha y poscosecha de la fruta; las principales fuentes de contaminación durante este período, se deben a los implementos y recipientes de cosecha, bodegas, vehículos de transporte y aguas contaminadas usadas para el lavado y desinfección de las frutas. Adicionalmente a las medidas preventivas, la fruta debe someterse a un tratamiento con fungicida para curar infecciones latentes y prevenir el desarrollo de otras.

Durante la poscosecha, los patógenos logran penetrar por dos vías: la primera, por heridas en los frutos que sirven de puerta de entrada; allí las esporas germinan, crecen y colonizan el tejido expuesto. La segunda vía de entrada es por penetración directa del patógeno, desde la formación de estructuras florales hasta los diferentes estados de desarrollo de la fruta; esto ocurre en el cultivo y bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura; la infección puede permanecer latente y manifestarse en la poscosecha.

El incremento de las pérdidas poscosecha ha sido producto de un inadecuado manejo y desconocimiento por parte de productores y comercializadores de aspectos tan fundamentales como: sintomatología, morfología, agentes causales, epidemiología y manejo de los problemas patológicos que afectan las frutas.

La implementación de un tratamiento con fungicida por inmersión es muy fácil de realizar con el producto empacado en cajas plásticas con suficientes drenajes,

con tiempos de inmersión de un minuto; posteriormente es importante remover la humedad superficial después del tratamiento, lo cual puede hacerse mediante rodillos con espuma en procesos continuos, con el uso de ventiladores sobre el producto, o bien dejándola escurrir por un tiempo prudencial.

Empaque

Las principales funciones de los empaques son contener y proteger al producto hasta el mercado meta; además, facilitar el manejo y comercialización, con peso y calidad uniformes. El empaque debe proporcionar suficiente resistencia mecánica para soportar el apilamiento de las cajas y no trasladar el esfuerzo a la fruta empacada, permitir un enfriamiento rápido y evitar la acumulación de gases indeseables como el etileno para evitar que se acelere la maduración.

La calidad final de los frutos de aguacate depende en gran medida del empaque, por lo tanto se deben empacar solo los frutos limpios, secos, seleccionados y clasificados, pues la inclusión de productos dañados puede impedir su venta y convertirse en fuente de contaminación para el producto sano.

El empaque más adecuado para comercializar aguacate a nivel nacional es la canastilla plástica, en la cual se acomodan, desde el momento mismo de la recolección, hasta 15 kg de fruta (**Figura 17**); en ella se colocan uno o dos tendidos de fruta para evitar magulladuras por sobrepeso. Las canastillas plásticas resisten manejos bruscos, cambios de temperatura, humedad excesiva y el uso de detergentes y desinfectantes. Aunque su costo inicial puede resultar elevado, éste se disminuye notablemente por ser reutilizables; además, permiten buena ventilación y son apropiadas en caso de requerir refrigeración.



Figura 17 . Canastilla plástica más comúnmente utilizada para el empaque de aguacate.

Fotos: J. Bernal

Los empaques más utilizados en los mercados internacionales de la fruta son cajas de cartón corrugado, con una capacidad entre 2,0 y 2,5 kg y un solo tendido de fruta, provistas de alvéolos, con el objeto de inmovilizar y proteger la fruta en forma individual (**Figura 18**).



Figura 18. Cajas de cartón para el empaque de aguacate en mercados internacionales.

Fotos: J. Bernal

Una vez empacadas, las cajas se colocan en arrumes o palets de tres hileras y cinco cajas cada uno, amarradas con zunchos y colocados en estibas de madera, que facilitan su traslado en el sitio de almacenamiento (**Figura 19**).



Figura 19. Palets o arrumes para el transporte del aguacate.

Fotos: J. Bernal

La fruta destinada para el mercado de exportación debe cumplir con estándares precisos de calidad, en cuanto a variedad, tamaño, peso, grado de maduración, forma y sanidad, principalmente.

Las dimensiones del empaque generalmente las impone el comprador, están dadas por aspectos de comercialización que el mercado ha definido con una determinada cantidad de producto por caja, tamaño de fruto, color y otros atributos. El diseño y materiales puede o no, ser especificado por el comprador, en ocasiones, para los mercados locales la selección del empaque depende en gran medida de los precios y disponibilidad.

Para seleccionar el empaque adecuado se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Requerimientos del mercado: dimensiones y especificaciones especiales (reutilizable, reciclable, etc.)

Cantidad de producto por empaque en peso, número de frutas por empaque, etc.

Resistencia mecánica, el empaque debe resistir los esfuerzos a lo largo del transporte, almacenamiento y comercialización de la fruta, bajo condiciones de enfriamiento y alta humedad relativa (90 - 95%).

La ventilación debe permitir la circulación del aire frío a través de las cajas para enfriar el aguacate y evitar la acumulación de gases indeseables dentro de los empaques. Por ejemplo, es preferible el uso de ventilaciones alargadas (cerca del 5% del área del empaque para cajas de cartón corrugado), ubicadas dejando al menos 5 cm de distancia de las aristas verticales de las cajas, para disminuir el efecto en la reducción de la resistencia mecánica.



Disponibilidad de espacio para el almacenamiento. Cuando se utilizan empaques plásticos, uno de los mayores problemas es el espacio que requieren para el almacenamiento, por lo general no se pueden almacenar uno dentro del otro. En ese sentido los empaques de cartón permiten el almacenamiento de una gran cantidad de cajas en poco espacio, las cuales se van armando conforme se necesiten.

Costo y disponibilidad en el mercado. El empaque generalmente representa un alto porcentaje del costo del producto empacado (20 a 30%) para la mayor parte de los productos agrícolas frescos, lo cual obliga a una selección cuidadosa del empaque y sus materiales. Esto ha llevado a los empacadores a comprar empaques plásticos de segunda mano, sin embargo, la reutilización de empaques requiere que estos sean lavados y desinfectados antes de ser usados, y que se almacenen en un lugar limpio y libre de plagas.

Almacenamiento

En general, el almacenamiento de los productos agrícolas se hace con el propósito de conservar los excesos de producción, regular la oferta, normalizar los precios o simplemente porque no se cuenta con los medios de transporte en forma oportuna. La temperatura y la humedad son factores estrechamente relacionados con el tiempo de conservación en las bodegas o lugares de almacenamiento. Una vez alcanzadas las condiciones de conservación requeridas, deben mantenerse constantes, en particular en lo referente a la temperatura, humedad relativa y circulación de aire.

Los frutos de aguacate contienen más del 85% de su peso en agua, lo cual es necesario conservar, aumentando la humedad relativa y disminuyendo la temperatura de almacenamiento, minimizando la transpiración y la pérdida de agua, mantiene su textura y calidad

y retarda la senescencia de la fruta. Sin embargo, la refrigeración es una tecnología costosa, que demanda gran cantidad de energía.

El mantenimiento a bajas temperaturas es la forma más efectiva de preservar la calidad y prolongar la vida de almacenamiento de los frutos. Debido a la alta susceptibilidad de los frutos de aguacate al daño por frío, es necesario extremar los cuidados y adelantar los estudios que permitan definir con precisión las mejores condiciones para almacenar la fruta recolectada. Las temperaturas de almacenamiento refrigerado más adecuadas para la mayoría de las variedades de aguacate sembradas en Colombia, oscilan entre 5 y 12°C y una humedad relativa de entre el 85 y el 90%. Siempre que sea posible, se debe considerar el almacenamiento, aprovechando el frío natural de algunas regiones productoras; es importante que estos sitios sean aireados y completamente limpios, protegidos del sol y alejados de fuentes de contaminación.

Otras recomendaciones de fácil aplicación y con resultados positivos para la conservación de los frutos de aguacate, durante su almacenamiento, son: desinfectar los sitios y bodegas, mantener limpias y desinfectadas todas las canastillas, evitar la sobrecarga de los empaques y no realizar arrumes demasiado altos, para permitir la circulación de aire al interior del almacén.

El enfriamiento del aguacate puede hacerse en cuartos fríos, el producto empacado se coloca en forma ordenada dentro de los cuartos refrigerados y se deja enfriar hasta su temperatura óptima de almacenamiento. La acomodación del producto es importante para facilitar la circulación del aire a través (por dentro) y alrededor de las cajas durante el enfriamiento en cuarto frío, o con aire forzado (**Figura 20**).



Figura 20. Almacenamiento en cuartos fríos para aguacate.
Fotos: J. Bernal

La capacidad de refrigeración y operación de los cuartos fríos son aspectos muy importantes para asegurar el enfriamiento de la fruta. Los equipos de refrigeración deben diseñarse para que puedan absorber en un tiempo predeterminado la carga térmica (calor) del producto y los materiales de empaque, la estructura, personas trabajando, cambios de aire y otros. Para ello es importante que durante el diseño se conozcan las condiciones ambientales del lugar donde se ubicará el cuarto frío, la cantidad de producto que almacenará, la temperatura con que la fruta viene de campo, el tiempo de enfriamiento del producto y que permanecerá dentro de las cámaras (Tabla 4).

Tabla 4. Condiciones de almacenamiento bajo atmósfera controlada para diferentes variedades de aguacate.

Variedad	%O ₂	%CO ₂	Temperatura (°C)
Hass	2-10	4 - 10	7
Booth 8, Fuchs	2	10	7,5
Edranol	2	10	8
Fuerte	2	10	5,5
Lula	2	10	4-7
Anaheim	6	10	7
Waldin, Fuchs	2	10	7
Criollos	2	10	12-14

Fuente: Yahia, 2003.

La operación de las cámaras refrigeradas incluye un buen control de la temperatura y la humedad relativa, higiene y sanidad de la estructura, acomodación de la fruta dentro del cuarto frío, manejo de inventarios (primeros productos que ingresan deben ser los primeros que se despachan), mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración y de humedad (regulador de humedad relativa), minimizar el tiempo en que la puerta del cuarto frío permanece abierta y el del personal que trabaja dentro de las cámaras. Se deben llevar registros de las operaciones de limpieza y los controles de temperatura y humedad relativa. El aguacate también puede enfriarse con agua (hidroenfriamiento), pero es importante que una vez que el producto se enfríe, se seque y se mantenga en un cuarto frío.

Transporte

Independiente del tipo de transporte empleado, los criterios y condiciones mínimas del sistema de transporte utilizado serán los mismos: las labores de cargue y descargue de los vehículos



se deben realizar cuidadosamente; la duración del viaje debe ser lo más corta posible, el producto se debe proteger en relación con su susceptibilidad al daño físico. El sobrepeso causa rupturas de la epidermis, magulladuras o laceraciones del fruto, por lo tanto, se deben evitar sacudidas y movimientos fuertes al interior del vehículo; los vehículos deben estar provistos de carpas, preferiblemente blancas o de un color claro, que reflejen la radiación solar y no la absorban transfiriéndolo a la fruta. El sobrecalentamiento de la carga ocasiona deshidratación y pérdida de peso de los frutos, los vehículos deben permanecer en perfectas condiciones mecánicas y contar con toda la documentación actualizada; los conductores deben tener una capacitación mínima sobre el tipo de producto que transportan; de esta forma aceptarán las recomendaciones para protegerlo, relacionadas con velocidad, volumen y peso mínimo de la carga, cantidad de aire de las llantas, mezclas de productos, entre otras consideraciones.

Es recomendable el uso de camiones refrigerados, pues las fluctuaciones de temperatura provocan la condensación de agua sobre la cáscara de la fruta y esto favorece el deterioro patológico del aguacate, restandole vida comercial. Si las distancias son cortas, pueden utilizarse camiones con aislamiento térmico para conservar la temperatura del producto. El manejo de la temperatura durante el transporte debe ser más cuidadoso cuando se transporta aguacate con madurez de consumo, porque el producto es más sensible a los daños físicos y el efecto del incremento en la temperatura sobre el deterioro del producto es mayor.

Exhibición en el punto de venta

El punto de venta es el lugar donde el producto se exhibe al consumidor y este decide su compra. Es un lugar donde el producto se expone a la manipulación

de los consumidores, que con frecuencia lo toman en sus manos y presionan para determinar si ha alcanzado su madurez de consumo que se manifiesta como pérdida de firmeza. Para minimizar el efecto de la manipulación por parte de los consumidores, se puede limitar la cantidad de producto, acomodarlo en capas de forma ordenada y en un lugar accesible pero donde que no sea tan fácil tocar las frutas, lo anterior porque el consumidor tiende a presionar varias frutas, para posteriormente escoger la(s) que se quiere llevar a casa.

La exhibición a 5 a 13°C ayuda a conservar por un mayor tiempo la calidad del aguacate, aunque con frecuencia esta fruta se presenta bajo condiciones ambientales en los puntos de venta. El efecto de la exhibición a mayores temperaturas no es tan crítico en el punto de venta como en las etapas anteriores, porque los tiempos de rotación son del orden de 1 a 2 días, y el incremento en la temperatura favorece la maduración del fruto para su consumo. Sin embargo, si la exhibición en los puntos de venta es más prolongada, se corre el riesgo de aguacates sobremaduros o con deterioro patológico que pierden su valor comercial.

El concepto de calidad

Las normas de calidad para productos agrícolas frescos se establecen como apoyo a la comercialización de los mismos, de manera que el comprador y el vendedor hablen en los mismos términos.

En general el término calidad se puede definir como el conjunto de cualidades de un producto que ofrece al consumidor entera satisfacción por el precio que está dispuesto a pagar. Las características que en términos de calidad debe reunir una fruta son calidad comercial, calidad sensorial (organoléptica), calidad higiénica y de protección de la salud y calidad nutricional.

Calidad comercial

La calidad comercial comprende básicamente los aspectos de presentación externa, como apariencia general en términos de color, tamaño, forma, presencia de daños, raspaduras, variedad, etc. Otros aspectos como la limpieza del producto, relacionados con la no presencia de materiales extraños como residuos de hojas, tierra; la sanidad en cuanto a ausencia de plagas y enfermedades; la homogeneidad de una unidad de muestreo, son criterios muy importantes cuando se trata de calidad comercial.

Por su parte, al vendedor también le es útil utilizar las normas, porque esto le permite negociar mejor sus productos, y hasta lograr precios preferenciales diferenciados por calidad y se asegura que si se ajusta a tales normas va a evitar rechazos en las entregas o castigos en los precios.

Las normas de calidad para aguacate, incluyen como atributos de calidad el color propio de la variedad, la frescura, la sanidad, ausencia o tolerancia de defectos como daños mecánicos, manchas, daños por insectos y otros, así como los rangos de peso o calibre.

Las cadenas de supermercados han contribuido con el establecimiento de normas de calidad propias y a la vez han apoyado al productor para que implemente los cambios necesarios en sus fincas, con el fin de minimizar los riesgos de contaminación de las frutas en su etapa de producción y manejo poscosecha. Con ello, aseguran una calidad uniforme para los clientes y pueden identificar con relativa facilidad el origen de problemas que se pueden presentar con algunos productos, pues sus programas permiten identificar la procedencia y tratamientos a los que ha sido sometido durante su etapa de producción y comercialización.

Calidad sensorial

Es el conjunto de propiedades o características de un producto, que actúan como estímulo a los diferentes sentidos, afectados antes, durante y después del eventual consumo; en esa medida, determina que un alimento, sea o no consumido. Se refiere a las sensaciones que se experimentan al consumir un alimento y se relaciona con las impresiones gustativas, visuales, olfativas y táctiles. La calidad sensorial adquiere cada día mayor importancia, en una sociedad en la que al tener cubiertas sus necesidades nutricionales, el principal problema que plantea es elegir entre una oferta muy amplia de productos, principalmente por la satisfacción que le genera su consumo. En la percepción sensorial actúan los cinco sentidos, en diferente grado, aunque su evaluación se realiza en forma global.

Calidad nutricional

A medida que aumenta el nivel de vida y el conocimiento de la importancia de alimentarse bien, el consumidor ha tomado conciencia de las bondades de incluir las frutas en su dieta diaria. La calidad nutricional de las frutas se refiere tanto al aporte de nutrientes básicos, como a su aporte terapéutico. En este sentido, las frutas se adaptan perfectamente a las exigencias del mercado, ya que no solo constituyen un delicioso alimento, sino que contribuyen a conservar la salud y el bienestar de los consumidores; de hecho se incluye el término “nutracéuticos”, para describir los productos que reúnen tales características.

Calidad higiénica y de protección de la salud

Este concepto representa la sanidad e inocuidad del alimento y por lo tanto de ella se deriva su repercusión en la salud humana. Se trata igualmente de



las sustancias que están presentes en los frutos y que pueden ser perjudiciales para la salud, como: los contaminantes accidentales, los residuos de tratamientos fitosanitarios y las sustancias producidas por hongos y bacterias. La calidad higiénica y sanitaria, viene regulada en las reglamentaciones particulares de cada producto o grupo de productos, de forma tal que su cumplimiento garantiza la ausencia de problemas y especifican los límites admisibles en las propiedades consideradas esenciales, para evitar aspectos nocivos sobre la salud de los consumidores. Con relación a la importancia del aguacate para la salud humana, éste representa un gran aporte, al contribuir a la eliminación del colesterol dañino (lipoproteínas de baja densidad), reducir el riesgo de desarrollar arterosclerosis y el nivel de los triglicéridos.

Los programas de calidad tienden a ser del tipo preventivo y no correctivo, de manera que se busca prevenir problemas en lugar de esperar que estos ocurran para tomar acciones correctivas. Los programas incluyen atributos de calidad deseables de los productos y adicionalmente aspectos de inocuidad, calidad en los procesos en el campo, la planta empacadora y puntos de venta.

Los programas de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, programas de selección de proveedores, manejo de plaguicidas, procedimientos de limpieza y desinfección y otros son necesarios para poder llevar al consumidor productos de buena calidad y seguros (inocuos). Todos estos programas incluyen una serie de registros que permiten identificar el origen del producto en todo momento y las prácticas que se realizaron en el campo y en el centro de acopio, para protección del consumidor, de los productores y empacadores. Los registros de estos programas son un respaldo del buen manejo de sus plantaciones y productos.

Factores precosecha que influyen en la calidad de las frutas

Existen diversos factores en la precosecha que tienen influencia sobre la calidad de las frutas en la etapa de poscosecha, la cual depende principalmente de factores como el microclima, la variedad, las prácticas de manejo agronómico, los controles fitosanitarios y el manejo de la cosecha que se implemente.

Los factores ambientales comprenden, entre otros: La temperatura, la luminosidad (duración, intensidad y calidad de la luz), la precipitación, el viento, las características del suelo y la humedad relativa, entre otros.

Los factores agronómicos más importantes, se refieren a aspectos como: Calidad del material de siembra, control de malezas, manejo de aspectos fitosanitarios, programa de fertilización, densidad de siembra, el sistema de riego, el drenaje y los sistemas de poda, entre otros. Todos estos factores influyen en una calidad adecuada en la cosecha; sin embargo, es importante determinar la influencia de cada uno de ellos en la calidad del producto, puesto que se relacionan entre sí.

Control de calidad del aguacate

Las normas de calidad para el aguacate generalmente incluyen la presencia o no de las siguientes características:

En Colombia los controles de calidad están reglamentados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, bajo las normas NTC 1248-2, NTC 1248-3 (Icontec, 1996) y NTC 5209 (Icontec, 2003), que establecen las definiciones, condiciones de cosecha y almacenamiento, requisitos mínimos de calidad, madurez, clasificación, disposiciones referentes al calibre, tolerancias y presentación para las

variedades Booth 8, Choquette, Fuerte, Hass, Lorena, Trapp, Trinidad y Santana. Una relación de los parámetros de calidad se muestra en las **Tablas 2 y 5**.

Desde esta perspectiva, resalta la importancia de la participación del productor en todo programa de calidad, pues además de los atributos que él considera importante en la calidad de los productos frescos que tiene, debe tomar en cuenta otros que exigen sus compradores y los distintos actores de la cadena de comercialización.

El agricultor debe conocer más sobre el destino de su producto, a la vez que debe comprender mejor cómo, las prácticas que realiza, favorecen o perjudican los atributos de calidad y la inocuidad del mismo, los cambios que sufre éste desde que sale de su finca, hasta que llega al consumidor y cuáles son las prácticas y registros que debe llevar. Esto le permite ingresar y permanecer en mercados más competitivos, que aseguren la compra de su producto; además, manejarlo mejor y constituirse como un proveedor confiable por la calidad de los productos que ofrece, a la vez puede disminuir las pérdidas y el rechazo de su producto y hacer un mejor uso de los recursos con que cuenta (mano de obra, agroquímicos, equipos).

Tabla 5. Características físicas promedio, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

variedad	longitud (mm)	Diámetro (mm)	Relación (L/D)	Forma	Peso (g)	Cáscara (mm)
Hass	88,6	66,4	1,3	ovoide	197,0	1,45
Fuerte	119,5	76,2	1,6	pisiforme	334,1	0,84
Booth 8	106,8	84,9	1,3	ovoide	387,4	1,41
Trinidad	99,4	90,1	1,1	esférico	410,2	0,72
Lorena	128,9	94,5	1,5	pisiforme	457,6	0,85
Trapp	137,4	94,5	1,5	pisiforme	552,2	1,11
Choquette	130,5	99,2	1,3	ovoide	662,4	1,53
Santana	159,7	97,1	1,6	pisiforme	683,4	1,41

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.

En el caso de materiales criollos se deben escoger de acuerdo a las mejores características fisicoquímicas y de proceso, como rendimientos de pulpa, contenido de materia seca y de aceite. Lo anterior se explica en que el rendimiento en planta, el cual es primordial para el desarrollo de un agronegocio, viene determinado principalmente por las características de los materiales, en este caso el rendimiento en pulpa y el contenido de materia seca, lo que determina la productividad y la calidad, así mismo el contenido de aceite define la cremosidad característica de la pulpa de aguacate y de gran aceptación por el consumidor (Sandoval *et al.*, 2010) (**Tabla 6**).

Tabla 6. Características fisicoquímicas de materiales criollos de aguacate, seleccionados en el departamento del Tolima por Sandoval *et al.* (2010).

MUNICIPIO	PARÁMETRO					
	Peso (g)	Rendimiento (% pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)	pH	Acidez
Alvarado	577	75-14-11	26,30	11,10	6,44	0,09
	400	69-22-9	31,62	8	6,16	0,06
Chaparral	495	67-21-12	25	14,43	6,10	0,06
	633	76-17-7	23	10	6,25	0,05
Fresno	546	60-21-19	21	8,45	6,33	0,08
	518	73-20-7	29,31	8,69	6,44	0,19
Mariquita	577	77-10-13	30,77	6,43	6,15	0,11
	434	68-20-12	23,97	8,5	6,40	0,05
Rovira	335	54-30-26	39	11,72	6,11	0,17
	450	68-20-12	32,81	9,88	6,17	0,06

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.



En la **tabla 7** se resumen los parámetros de calidad recomendados para la selección de los mejores materiales de aguacate, el contenido de pulpa refleja que frutas sobresalientes deben poseer un rendimiento mayor al 70%, lo que garantiza un excelente rendimiento en planta y por lo tanto un mayor beneficio económico. Otro de los parámetros, es el contenido de materia seca, el cual en el área de agroindustria, es fundamental en productos como la pulpa y guacamole, los cuales dependen en gran manera de la textura final del producto y que es proporcionada de manera directa por este parámetro, el límite mínimo es de 20%; con lo cual muchos aguacates de origen Antillano se descartan debido a que presentan muy frecuentemente una textura acuosa.

Tabla 7. Parámetros para selección de materiales de aguacate criollo para fines agroindustriales.

Rendimiento de pulpa	>70%
Contenido de materia seca	>20%
Contenido de aceite (b.s)	>10%

De forma similar se establece un valor mínimo del 10% de rendimiento para aceite, el cual a pesar de ser bastante exigente, pretende lograr una clasificación lo más rigurosa posible de los materiales a procesar.

Control de calidad del producto terminado

El producto terminado debe ser analizado teniendo en cuenta que las características microbiológicas de productos procesados están normalizadas, se aceptan ciertos niveles de presencia de unidades formadoras de colonia (UFC) de algunos microorganismos (MO) que comúnmente pueden desarrollarse en este tipo de alimento. Las determinaciones más usuales son la de mesófilos, coliformes, esporas de clostridium sulfito reductor, hongos y levaduras. El nivel de estos MO permitidos en las mitades y/o pulpas dependerá del tipo de proceso de conservación, los niveles de recuentos de microorganismos aceptados por la Norma Colombiana se observan en la **Tabla 5**.

Tabla 8. Recuento máximo de microorganismos en productos alimenticios.

	Buena *	Aceptable
Mesófilos UFC/g	20.000	50.000
Coniformestotales UFC/g	>9	9
Coniformesfecales UFC/g	>3	>3
Esporas clostridium		
Sulfitoreductor UFC/g	>10	>10
Hongos/levaduras UFC/g	1.000	3.000

* Índice máximo permisible para identificar el nivel de calidad.

Agroindustria

Angélica Sandoval Aldana
Freddy Forero Longas
Jairo García Lozano

Pulpa de aguacate

Generalidades

El método de conservación que ha tenido los mejores resultados corresponde a la pulpa de aguacate congelada, la cual se puede utilizar como base de productos tipo salsa, para rodajas de papas y galletas saladas, entre otras. Algunas pulpas que se comercializan en la actualidad, presentan un elevado nivel de aditivos estabilizantes como: gomas, alginatos, polifosfatos y otros que reducen el desarrollo microbiano, como el sorbato y benzoato de sodio o potasio. En conjunto estos aditivos pueden alcanzar niveles superiores al 20%, lo que reduce el porcentaje de aguacate en la mezcla, bajando la calidad del producto final. Sin embargo, esto va en contra de la preferencia del consumidor por productos naturales o con baja adición de aditivos. (Figura 21)

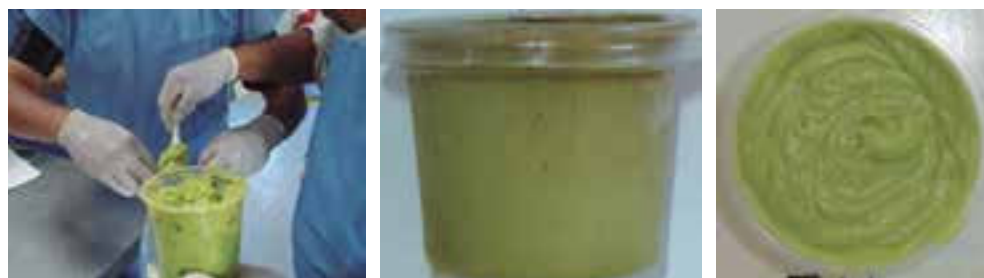


Figura 21. Pulpa de aguacate homogenizada.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Sin embargo, es posible agregar una mezcla de conservantes como ácido cítrico, ácido ascórbico y vitamina E (α-tocoferol), que en combinación con tratamientos de temperatura, han demostrado alta eficiencia en el control de la oxidación de la pulpa y en los cambios organolépticos y fisicoquímicos del producto durante la conservación.

El color de la pulpa se mantiene, en general, inalterable durante todo el almacenamiento,

en las variedades criollas y mejoradas mientras permanecen congeladas. Este comportamiento se explica porque el almacenamiento a una temperatura de -18°C , reduce notablemente la velocidad de las reacciones químicas y se paralizan casi completamente las reacciones metabólicas celulares, lo cual indica que se puede inhibir la acción de la polifenoloxidasas (PPO) y la transformación de taninos del aguacate, que se visualizan como cambios en la coloración del producto (Figura 22).



Figura 22. Oxidación de pulpa de aguacate durante el almacenamiento.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

La Polifenol oxidasa, PPO, es una de las enzimas más estudiadas en la industria de los alimentos ya que es la responsable de las reacciones de pardeamiento enzimático en frutas y verduras. Una de las razones por las cuales es importante su estudio es por que comercialmente es indeseable, ya que modifica las propiedades sensoriales, nutricionales y en general de calidad que perjudica la comercialización de un producto.

Las pulpas almacenadas a temperatura de -18°C conservan durante más tiempo sus características iniciales; sin embargo, su calidad comienza a disminuir después de tres meses en almacenamiento. Otro de los inconvenientes, es la significativa pérdida de textura que ocurre después de la descongelación debido a la destrucción celular, la cual se manifiesta por una pérdida de consistencia y por la presencia de una fase líquida, variando según la naturaleza de los tejidos congelados. Así, las variedades de aguacate cuyas paredes celulares sean menos gruesas y estén formadas de pequeñas células, resisten mejor la acción combinada de congelar y descongelar, que aquellos tejidos formados por largas y finas paredes.

En el proceso de industrialización del aguacate por congelación, el pardeamiento enzimático causado por la PPO es el principal problema de calidad, ya que el aguacate es un sustrato muy susceptible. La enzima altera la apariencia

e induce cambios en el aroma y sabor. Por esto, la congelación de frutos sensibles a pardeamiento necesita un tratamiento preliminar, el cual puede ser la inactivación de la enzima mediante un tratamiento térmico (escaldado); sin embargo, este método produce en el aguacate la liberación de algunos compuestos aromáticos y sabores desagradables debido a procesos de enranciamiento del aceite presente.

Otra forma de inactivar la enzima es por medio de agentes antioxidantes como el ácido ascórbico y el ácido cítrico, lo cual es posible debido a que el pH de actividad óptima de la PPO se sitúa entre 6,0 - 6,5, por lo que con pH cercanos o menores a 3,0, su actividad se reduce. Para procesos de congelamiento se requiere de envases suficientemente herméticos con el fin de prevenir la transferencia de agua con el entorno.

En la pulpa congelada, el agua está fuertemente retenida en forma de cristales de hielo y por lo tanto no se encuentra disponible para los microorganismos, además limita la acción de las enzimas. La rancidez es un problema común en casi todas las investigaciones acerca de la conservación de pulpa de aguacate debido a la dificultad en la eliminación total del oxígeno dentro del envase.

Para lograr óptimos resultados es necesario considerar que la congelación sólo se puede utilizar en la medida que existan instalaciones adecuadas para el proceso, en virtud a que el producto se debe mantener sin interrupción a una temperatura de almacenamiento de -18°C , hasta el momento del consumo. En la **Tabla 10** se presentan los tiempos de vida útil promedio (días), para pulpa de aguacate adicionada con ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.02% p/p) y Vitamina E (0.022% p/p), almacenada bajo atmósfera normal.

Tabla 9. *Tiempos de conservación (días) de pulpas bajo atmósfera normal*

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
Tiempo de conservación (días)					
Criollos	4	16	22	132	125
Hass	4	11	21	132	127
Santana	2	11	19	130	125
Fuerte	3	9	17	130	126
Booth 8	2	9	19	130	125

El uso del vacío y la formulación de aditivos potencia el efecto conservante en todas las variedades, además presenta un efecto crioprotector a temperaturas de -29 °C como se observa en la **Tabla 11**, donde se resume el tiempo de conservación de pulpa adicionada con la mezcla de antioxidantes, la cual presenta la mayor vida útil adicionando ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.04% p/p) y Vitamina E (0.044% p/p), almacenada bajo atmósfera normal.

Tabla 11. *Tiempos de conservación (días) en pulpas bajo empaque al vacío.*

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
Tiempo de conservación (días)					
Criollos	16	24	149	208	250
Hass	15	25	139	208	256
Santana	10	24	130	205	246
Fuerte	8	18	127	203	235
Booth 8	8	18	129	203	235

Guacamole

En el diseño y desarrollo de productos y procesos agroalimentarios, es frecuente acudir a las herramientas estadísticas de diseño para la valoración y optimización de mezclas de varios componentes e ingredientes, que nos permitan generar productos novedosos con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores. Para la formulación del guacamole por lo tanto es posible la adición de mezcla de especias (producto en polvo como ají, cebolla, ajo, sal) y utilizando como respuesta la aceptación sensorial general, la cual es función de las proporciones utilizadas. Las formulaciones de guacamole desarrolladas se presentaron posteriormente a una evaluación sensorial con el fin de determinar el grado de aceptación, prueba realizada por jueces no entrenados pero consumidores habituales del producto, con el fin de medir la verdadera aceptación del producto.



La evaluación sensorial es el análisis que se realiza a los productos a través de los sentidos, los cuales perciben, integran e interpretan las características organolépticas del producto. En este caso se trabaja con un panel de consumidores los cuales utilizan métodos subjetivos para realizar su evaluación, es decir que la decisión se basa en sus gustos e inclinaciones. Por lo tanto se utilizan pruebas de grado de satisfacción o escalas hedónicas, las cuales contemplan los dos grados extremos de aceptación desde me gusta mucho, hasta me disgusta mucho. Estas pruebas se denominan de aceptación y son utilizadas principalmente con el fin de identificar la respuesta que tiene el consumidor (preferencia y/o aceptación) hacia un producto específico.

Durante el desarrollo de un producto se deben ejecutar diferentes pruebas de aceptación para evaluar el producto en general y de esta forma permitir que los posibles consumidores entren en contacto con él. La formulación de la pregunta correspondiente permite identificar el grado de aceptación hacia que tanto gusta el producto o que tan aceptable es para el consumidor.

La formulación del guacamole se basa en la pulpa procesada con el mejor tratamiento que incluye la adición de antioxidantes, conservantes y especias en diferentes proporciones. Para cada análisis sensorial se realiza una ficha que incluye la descripción del objetivo de la prueba a realizar, especificando las condiciones de la muestra y su presentación a los consumidores; de la misma forma se realiza un análisis de los consumidores diferenciando el rango de edad, el sexo y la frecuencia de uso del producto para identificar afinidad con la prueba (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Ficha para el análisis sensorial pruebas de aceptación mezclas de guacamole.

1. Selección de Producto

a. Objetivo de la prueba:

Determinar la aceptación general para muestras de guacamole con diferente concentración de especias (ají, ajo, cebolla).

b. Selección de la muestra.

c. Variables: Variación en la cantidad de ajo, ají, cebolla. La concentración de sal se mantiene constante igual al 1% (p/p).

d. Productos: Selección entre 12 diferentes mezclas de guacamole de acuerdo al diseño experimental, máxima adición de ajo y cebolla el 1%, el ají máxima adición 0.5%.

e. Razón: Aceptación de los consumidores varía de acuerdo a apreciaciones y gustos.

2. Información de la muestra

a. Condición de la muestra:

Pulpa de aguacate procesada con antioxidantes y adicionada con sal, ajo, ají y cebolla.

b. Cantidad: Se preparan de cada muestra 100 g para repartir entre los consumidores.

c. Temperatura: La muestra se mantiene a 15°C.

3. Presentación de la muestra

a. Cantidad: A cada evaluador se le presentan 8 g de guacamole en copas desechables de 25 cm³.

b. Codificación: Cada muestra esta codificada con tres dígitos los cuales se anotan en los recipientes plásticos para identificación.

c. Tamaño de la muestra: A cada evaluador se presentan 3 diferentes muestras.

d. Presentación: En bandejas plásticas se acomodan las 3 muestras, el respectivo formato de evaluación, un lápiz, galletas de soda y un vaso de agua.

e. Orden de las muestras: De acuerdo al orden establecido en el formato de evaluación. La evaluación la realizan 3 panelistas por muestra.

4. Sujetos

a. Rango de edad: 20% entre 20 – 30 años, 80% entre 30 – 55 años.

b. Sexo: 50% hombre, 50% mujeres.

c. Uso del producto: El guacamole es el acompañante típico para asados, verduras y empanadas.

c. Frecuencia de consumo del producto: 6 o más guacamoles en el año.

Posterior al almacenamiento durante tres meses en condiciones de congelación (-18°C) se realiza un nuevo análisis sensorial, con el fin de evaluar el cambio en tres características muy importantes para el consumidor, como son color, sabor y textura respecto al producto en fresco, ya que durante el período de almacenamiento se pueden presentar cambios que afectan el grado de aceptación; por ejemplo, el color se vuelve más pálido, los sabores de los ingredientes se acentúan y el cambio en la textura debido al proceso de congelación-descongelación, disminuyen la aceptación del producto.

Se realizan pruebas finales de aceptación con la colaboración de agricultores, a los cuales se les presentan tres formulaciones para que ellos seleccionen la de mayor aceptación. En promedio, la mezcla de mayor aceptación no contaba con ají en su formulación, lo que puede explicarse en que la cocina colombiana no tiene una alta tradición en el uso de ají en altas cantidades, como si es posible encontrar en otras culturas, como la mexicana o la hindú.

El proceso para obtención de pulpa y/o guacamole se presenta a continuación (Figura 23), donde se detallan cada una de sus etapas.

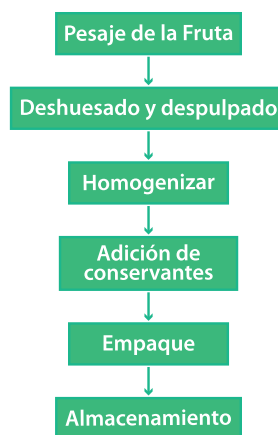


Figura 23. Diagrama de flujo para procesamiento de pulpas y/o guacamole.



Operaciones de proceso

Corte: Por eficiencia, los operarios se disponen en grupos que se encargan, unos de cortar la fruta y otros de separar la pulpa y la semilla (Figura 24).



Figura 24. Preparación de la fruta para la obtención de guacamole. Foto: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Pelado: El pelado es una operación que permite una mejor presentación del producto, al mismo tiempo favorece la calidad sensorial al eliminar material de textura más firme y áspera al consumo, se pueden usar dos métodos (Figura 25).

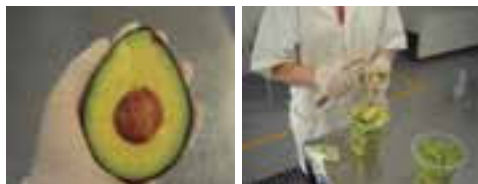


Figura 25. Separación y corte de fruto para producción de pulpa y/o guacamole.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Homogenizado: La pulpa de aguacate libre de todo elemento extraño, es colocada en un mezclador tipo batidora con el fin de disminuir el tamaño de los trozos dando una mejor apariencia a la pulpa, evitando una rápida separación de los componentes presentes en ésta y así generar una textura más fina. Esta

operación al igual que el corte y pelado debe efectuarse en el menor tiempo posible, debido a que la pulpa sometida a homogenización sufre una alta aireación, lo cual puede deteriorarla al aumentar la acción de las enzimas presentes, que causan una oxidación acelerada (Figura 26).



Figura 26. Homogenización de pulpa de aguacate y/o guacamole. Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

El tipo de mezclador a utilizar en lo posible no debe estar provisto de cuchillas fijas (tipo licuadora), debido a que estas causan una mayor destrucción, lo que reduce el tiempo de vida útil del producto. Se puede trabajar con procesadores móviles que facilitan el mezclado homogéneo, puesto que en esta etapa también se deben adicionar los productos que buscan aumentar la estabilidad y duración de la pulpa de aguacate. En primera instancia, se debe agregar el ácido cítrico grado alimentario (2,5 g ácido cítrico/kg pulpa), con lo cual se reduce el pH, factor que limitará el crecimiento de microorganismos; posteriormente se adiciona ácido ascórbico (400 mg x kg pulpa) y vitamina E (440 mg/kg pulpa).



El tiempo de mezclado recomendado es de 5 minutos para el caso de variedades con pulpas altamente viscosas como Hass, Booth 8, Santana y Criollos. Para variedades como Lorena, Papelillo y Choquette, con 3 minutos se alcanza la consistencia adecuada; si se usan cuchillas, estos tiempos deben ser reducidos en aproximadamente 1.5 minutos. La velocidad de mezclado estará en función del equipo utilizado, debiéndose realizar pruebas a fin de estimar este parámetro.

Si se desea producir guacamole, en esta etapa es donde se agregan las diferentes especias: una formulación básica incluye la adición de sal (1% p/p), ajo (1% p/p) y cebolla (0.5% p/p), proporciones en peso; si el producto va a permanecer en condiciones de congelación, se adiciona monoestearato de glicerilo, en proporción de 0.75% (p/p). El guacamole se envasa en tarrinas plásticas o en empaques al vacío, lo que prolonga el tiempo de vida útil, preferiblemente en tamaños personales máximo de 200 g.

Envasado: Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente; esto se logra mediante su empaqueo con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas. En busca de darle vistosidad, economía y funcionalidad a los empaques, se recomienda el uso de bolsas de alto calibre, que permitan el sellado al vacío. La pulpa se debe disponer en la bolsa de tal forma que no se presenten espacios vacíos, los cuales se convierten en puntos de inicio para el deterioro del producto. La bolsa se coloca en una balanza hasta alcanzar el peso deseado. Para darle funcionalidad a este tipo de producto, se recomienda emplear empaques con capacidades de 250, 500 y 1.000 g, con lo cual se cubre la gama de tamaños personales, familiares y empresariales.

Almacenamiento: El producto terminado se almacena en un ambiente refrigerado o de congelación; para el primer caso, se sugiere una temperatura máxima de entre 2 – 4°C, con lo cual se obtiene una vida útil de 15 días, a temperaturas de congelación entre –10 y –5°C, la vida útil se garantiza por 4 meses mínimo, estos tiempos de conservación deben ser tenidos en cuenta, para efectuar la venta del producto (**Figura 27**).



Figura 27. Empaque de pulpa de aguacate y/o guacamole.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Etiquetado: Cada una de las bolsas debe estar marcada, bien sea en forma de membrete o con una etiqueta; esta información debe contener como mínimo los siguientes datos: Fabricante, variedad, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, ingredientes y peso (**Figura 28**).



Figura 28. Producto terminado y almacenamiento.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García



Prototipo de empaque

Para las pulpas se presentan dos posibles tipos de empaque, en presentación de atmósfera normal y en empaque al vacío. El prototipo de empaque 1, es un recipiente plástico con tapa, el prototipo 2 es bolsa PET. Para el guacamole se presenta un empaque al vacío, en bola PET, con capacidad de 250 a 500 g.

Prototipo empaque 1 – pulpa



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cilíndrica
Material	Tarrina
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Normal
Etiqueta	Impresa
Cierre	Tapa plástica

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca comercial	Contenido
Fabricante	Fecha de Vencimiento
Ciudad-Departamento- País	Lote Fabricación
Página Internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	

Prototipo empaque 2 – pulpa



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

Prototipo empaque – guacamole



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

Equipo requerido para el procesamiento

El inicio del proceso piloto de obtención de pulpa de aguacate en términos de equipos (**Tabla 12**), requiere una baja inversión, puesto que en el mercado se consiguen ayudantes de cocina que funcionan como homogenizadores por un costo aproximado de doscientos mil pesos (\$200.000). Así mismo se requiere de una empacadora pequeña, tamaño familiar por un costo que oscila entre los trescientos mil pesos (\$300.000), el empaque viene en rollos de 30 m, el tamaño del empaque para pulpas en presentación de 500 g es aproximadamente de 20 cm de longitud por 15 cm de ancho.

En el proceso escalado se requiere una mayor inversión, el pelado se realiza manualmente pero pueden utilizarse

despulpadoras para retirar la semilla, la cuales presentan un costo aproximado de quince millones de pesos (\$15.000.000), posteriormente se realiza la homogenización; en esta etapa se adicionan los conservantes por lo que se debe garantizar un excelente mezclado sin dañar la consistencia cremosa de la pulpa la cual es muy apetecida por los consumidores; esta etapa puede realizarse en una marmita con un agitador especial, que en el mercado puede tener un costo aproximado de dieciocho millones de pesos (\$18.000.000), finalmente se requiere el empaque a vacío, esta empacadora presenta un costo de doce millones de pesos (\$ 12.000.000) (**Figura 29**). El valor de los equipos a comprar se obtuvo de cotizaciones del año 2013.

Tabla 12. Equipos para procesamiento de pulpas de aguacate.

Escala piloto (50 kg de fruta o menos)	Escala industrial (500 kg o más de fruta)
Homogenizador (ayudante de cocina)	Despulpadora industrial
Empacadora a vacío tamaño familiar	Homogenizador
	Empacadora a vacío industrial



Figura 29. Procesamiento a escala de pulpa aguacate y/o guacamole.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García





Uso de diferentes materiales de aguacate para el procesamiento de pulpas y guacamole

Para obtener una pulpa y un guacamole de buena calidad, se requiere el uso de aguacates con un alto contenido de materia seca, este parámetro permite obtener pulpas con una consistencia "cremosa" lo cual es muy apreciado en la percepción del consumidor. Un nivel medio de aceite previene un rápido deterioro de la pasta por autoxidación de los lípidos, el rendimiento en pulpa partiendo del fruto fresco, no debe ser inferior al 65%, el contenido de fibra no es tan crítico como en las mitades, pero se prefieren cultivares con un nivel medio, el color de la pulpa es más llamativa cuando se encuentra en la gama del verde.

Aceite de aguacate

Generalidades

El contenido de aceite de una variedad de aguacate en particular puede cambiar considerablemente según la zona agroclimática donde se cultive, debido a que algunas condiciones ambientales facilitan la acumulación de compuestos grasos. Se deben cosechar los frutos en su estado de madurez óptimo para permitir el máximo rendimiento en la extracción, considerando al mismo tiempo los posibles riesgos debido a presencia de plagas y enfermedades.

No se recomienda para el proceso de extracción mezclar frutos sobremaduros con el grueso de la cosecha, ya que estos favorecen la oxidación del aceite final. Para la selección del material vegetal a procesar se debe considerar la composición química, pues el rendimiento está determinado por el contenido de aceite presente. A nivel mundial en los

resultados obtenidos de la investigación de Corpoica, la variedad Hass presenta una mayor superioridad, sin embargo algunos materiales criollos deben ser estudiados pues su composición presenta posibles ventajas competitivas.

El aguacate, dependiendo de la variedad y madurez alcanza en la pulpa niveles de hasta 25% de aceite, con valores promedios de 15 - 19%, lo que permite lograr rendimientos de alrededor de 10% de fruta fresca. La composición del aceite crudo de aguacate contiene alrededor de un 80 - 85% de ácidos grasos insaturados así como un importante nivel de materia insaponificable. Debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, se ha comparado la calidad nutricional del aceite de aguacate y de oliva a nivel cualitativo y cuantitativo, existiendo numerosos estudios sobre los beneficios del consumo de ambos aceites. Se reconoce que ayuda a reducir las lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo), también ayuda a reducir el contenido de triglicéridos en la sangre y por lo tanto disminuye el riesgo de desarrollar arteriosclerosis.

Constantemente se han estudiado una serie de métodos para la extracción del aceite de frutos de aguacate, donde el objetivo primordial siempre ha sido el obtener el mayor rendimiento sin dañar su calidad; la extracción por solvente puede dar los mejores resultados, sin embargo los residuos químicos pueden ser un riesgo para la salud del consumidor, de la misma forma las temperaturas aplicadas durante el proceso de recuperación pueden destruir algunos de los nutrientes presentes en el aceite.

Factores que influyen en el contenido de aceite

El cultivar

Existe un gran número de variedades de aguacate disponibles, pero solo aquellos cultivares con el contenido más alto pueden ser considerados para la extracción de aceite. El análisis del contenido de aceite indica que variedades como Hass, presentan un contenido de aceite entre 25 - 30%. Como el aceite de aguacate se encuentra principalmente en la pulpa o porción comestible, es importante seleccionar los cultivares que presenten un alto porcentaje de pulpa, así como aquellos con semillas pequeñas y con mínimo contenido de cáscara.

Madurez

Durante la maduración el contenido de aceite de la fruta gradualmente se incrementa y el contenido de agua disminuye. Por lo tanto, se ha encontrado una correlación muy estrecha entre el contenido de aceite y de agua en el aguacate, por lo que existe una práctica común de cosechar los frutos cuando alcanzan como mínimo un 8% de contenido de aceite; posteriormente la fruta continúa con su ciclo de maduración.

Métodos utilizados para la extracción de aceite

La extracción de aceite de aguacate se ha realizado desde hace muchas décadas; sin embargo, su uso es predominantemente para la industria cosmética, debido a la alta estabilidad del aceite y a su mayor contenido en vitamina E; para esta industria la extracción química (con solvente) o de alta temperatura, es aceptable.



Figura 30. Extracción Soxhlet.

Foto: A. Sandoval, F. Forero y J. García



Figura 31. Extracción Soxhlet.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

La extracción con solvente está basada en la extracción con éter de petróleo, en un extractor Soxhlet de material seco, como se muestra en las Figuras 30 y 31. El uso de solventes para la extracción a escala comercial ha sido cuestionado debido a la contaminación ambiental que causa y adicionalmente, la remoción de residuos químicos del aceite no es del 100%, con lo cual se afecta la calidad final del mismo. A pesar de las desventajas antes mencionadas, este método es el mejor para la recuperación total del aceite contenido en la pulpa del aguacate, por eso estos resultados se utilizan como patrón de referencia para la comparación entre procedimientos de extracción.



Recientemente se han venido desarrollando industrias de extracción de aceite con fines alimenticios trabajando dos técnicas, principalmente: El prensado y la centrifugación en frío. Históricamente, la extracción por presión es el procedimiento más antiguo y utilizado para obtener diferentes tipos de aceite, como el de oliva. El equipo requerido, consiste en prensas hidráulicas a las cuales ingresa una pasta previamente preparada en capas finas sobre discos de material filtrante denominados cachos. Para la extracción de aceite utilizando esta técnica (**Figura 32**), se requiere que la pasta presente un alto contenido de humedad, así como la presencia de un alto porcentaje de materias sólidas incompresibles (hueso), condiciones que facilitan el drenaje de las fases líquidas a través de la torta.

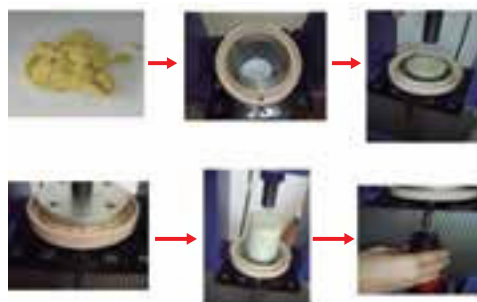


Figura 32. Extracción de aceite de aguacate por prensado.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

El proceso de extracción mecánica tipo centrífuga (**Figura 33**) tiene como fin separar el aceite del resto de la fruta, aprovechando las diferencias en el peso específico de las diversas fases, por efecto de decantación posterior a la adición de agua, el aceite se separa en una corriente diferente. La fuerza centrífuga hace que la torta se acumule en la parte interna del cilindro, por lo que en operaciones por lotes se hace necesario detener el proceso para retirarla. Una vez finalizado el procedimiento, se guarda el aceite

en tanques de acero inoxidable y en un ambiente inerte, para asegurar su calidad. En el procesamiento por centrifugación se han realizado diversos estudios variando condiciones de proceso como temperatura, adición de sal y velocidad de centrifugación (revoluciones por minuto, rpm).



Figura 33. Extracción de aceite de aguacate por centrifugación.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Para la extracción de aceite se debe considerar la aplicación de enzimas que permiten una mayor rendimiento de extracción, sin alterar las propiedades intrínsecas; actualmente en Chile y otros países se ha optimizado el rendimiento de los procesos mecánicos para extracción de aceite, utilizando enzimas con actividades pectolíticas, hemicelulíticas y/o celulíticas, aplicadas en la industria alimenticia, principalmente para la maceración de frutos, extracción de aceites esenciales y comestibles, gracias a su habilidad de romper la estructura de la pared celular y facilitar la liberación de aceite. El papel de las enzimas es muy específico, comercialmente existen diversas casas matrices que las fabrican y especifican las condiciones de uso, siendo muy importante el tiempo y la temperatura de incubación, la concentración de la enzima y el pH. Resultados de estudios realizados por Corpoica, confirman que la aplicación de enzimas incrementa el rendimiento en la extracción de aceite de aguacate.

Características fisicoquímicas y nutricionales

El aceite de aguacate es uno de los más delicados en cuanto a su vida de anaquel, debido a su composición tan particular (alto contenido de vitamina E), que lo hace susceptible a degradación por factores como la luz y la temperatura, entre otros. El color en el aceite es principalmente derivado del contenido de clorofilas, lo cual lo hace atractivo para comidas gourmet y productos cosméticos, al dar a estos derivados una apariencia más natural.

El aceite de aguacate es reconocido por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, por lo que ha llegado a superar en calidad al aceite de oliva y es la razón de su actual demanda a nivel mundial, tanto para el sector culinario, como para el cosmético. En orden decreciente los ácidos grasos contenidos en la pulpa de aguacate son ácido oleico, linoléico y linolénico (**Figura 34**).



Figura 34. Control de calidad en aceites de aguacate.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Los análisis químicos del aceite de aguacate demuestran que contiene una amplia gama de compuestos benéficos para la salud. El alfa-tocoferol, que se ha relacionado con la reducción de las enfermedades cardiovasculares, se encuentra aproximadamente en una

cantidad de 12 a 15 mg/g de aceite en el producto obtenido por prensado en frío. Los niveles de beta-sitosterol fueron aproximadamente de 4,5 mg/g de aceite. Los fitoesteroles (incluyendo b-sitosterol) inhiben la absorción intestinal de colesterol en el ser humano, disminuyendo los niveles plasmáticos de colesterol total y de LDL, y pueden prevenir el cáncer de colon, mama y próstata.

En la naturaleza existen unos 40 ácidos grasos distintos. Los ácidos grasos poliinsaturados contenidos en el aceite de aguacate, son linoléico, linolénico y octadecadienoico; los monoinsaturados presentes, palmitoleico, oleico y eicosanoico.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega 3, mantienen el equilibrio de las grasas en la sangre, inhiben los mecanismos de agregación plaquetaria, por lo que inciden de manera positiva como agentes preventivos del riesgo vascular y son lípidos fundamentales para el desarrollo y funcionamiento favorable del sistema nervioso central. Se está investigando los posibles beneficios de este ácido graso, en una variedad de enfermedades crónicas incluyendo el cáncer, artritis reumatoide, disfunción cognoscitiva y especialmente en enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega -6 reducen los niveles de colesterol LDL (colesterol malo), pero también los del HDL (colesterol bueno), por lo que debe existir una buena relación en la ingesta entre los ácidos grasos omega 3 y omega 6 de manera que produzcan un efecto favorable en la salud humana. Una proporción adecuada entre los omega-3 y 6 contiene una alta proporción de ácido linolénico (omega-3) en relación al ácido linoléico (omega-6). Este equilibrio es básico para el metabolismo de las prostaglandinas que son moléculas



importantes para regulación de la función cardíaca, gastrointestinal, hormonal, nerviosa y el equilibrio de los fluidos en el organismo.

El ácido palmítico y el ácido esteárico, son los ácidos saturados más abundantes; los ácidos oleico y linoleico son los más abundantes entre los insaturados.

En la **Tabla 13**, se observa un grupo de aguacates, donde se desatacan por su alto contenido de ácidos insaturados, los materiales criollos de Chaparral (70,09%), Fresno (69,84%) y Mariquita (64,98%); por lo anterior estos materiales de aguacate deben ser estudiados ya que ofrecen un mayor valor agregado al consumidor.

Operaciones de proceso

En la **Figura 35** se presenta el diagrama requerido para la obtención de aceite de pulpa de aguacate, utilizando centrifugación con pretratamiento enzimático; de esta forma, se garantizan rendimientos de extracción superiores al 90%; sin la adición de enzimas el rendimiento disminuye hasta el 60%, para el procesamiento, se parte de la pulpa homogenizada.

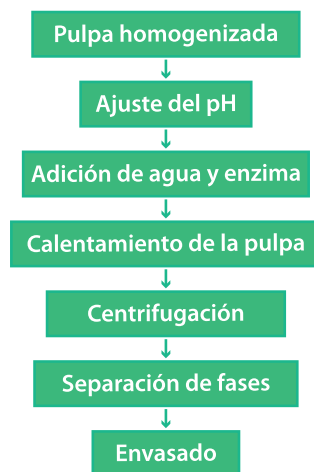


Figura 35. Diagrama de flujo para obtención de aceite.

Dilución con agua: Se realiza la dilución con el fin de facilitar la separación de las fases de la pulpa durante el proceso de centrifugación.

Tratamiento enzimático: Para que la enzima adicionada actúe con mayor efectividad se requiere ajustar el pH hasta un valor de 5,0. Posteriormente se adiciona la enzima y se deja actuar incubando a una temperatura de entre 30 y 50°C. Lo anterior garantiza un alto rendimiento.

Tabla 13. Composición de ácidos grasos de aceite, extraídos de materiales de aguacate.

Municipio	Nombre	Ácidos oléico-linoléico linoléico (%)	Ácidos eláidico esteárico (%)	Ácido láurico (%)	Ácido palmitoléico (%)	Ácido palmítico (%)	Ácido mirístico (%)	Ácido araquidónico (%)
Chaparral	Criollo	70,09	1,60	0,05	0,10	0,03	27,87	0,23
	Criollo	65,09	1,83	0,07	0,36	0,00	32,44	0,21
Fresno	Criollo	69,84	2,08	0,04	0,08	0,04	27,68	0,20
	Lorena	69,09	1,91	0,06	0,12	0,06	28,36	0,40
	Hass	68,11	1,36	0,06	0,11	0,03	29,93	0,22
	Hass	65,66	1,37	0,12	0,51	0,04	30,41	0,24
	Hass	65,01	1,53	0,05	0,08	0,03	33,02	0,25
Mariquita	Fuerte	73,76	1,89	0,06	0,11	0,03	23,96	0,17
	Criollo	64,98	2,40	0,03	0,08	0,03	32,20	0,22

Centrifugación: Las centrifugas utilizadas en la extracción de la enzima son equipos horizontales, también cono-cidos como “Decanter”, en donde se separan dos fases, una oleo-acuosa y los residuos o torta del proceso. La separación se realiza a altas velocidades. Posteriormente se requiere una segunda centrifugación, con el fin de separar el agua del aceite, esta segunda separación se realiza en centrifugas verticales. (Figura 36).

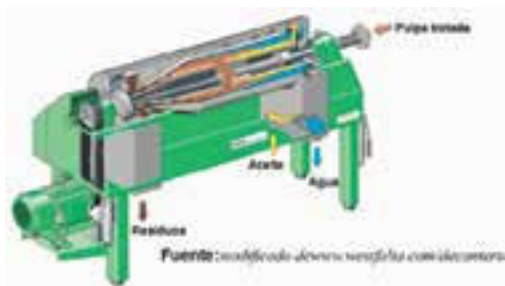


Figura 36. Clarificador horizontal para obtención de aceite por centrifugación.

Envasado: El empaque del aceite de aguacate debe hacerse en frascos de vidrio, de color oscuro para garantizar y conservar la calidad del producto por más tiempo, debido a que su alto contenido de vitamina E lo hace muy susceptible a oxidación, lo que provoca sabores rancios y cambios notorios en color.



Prototipo empaque – aceite

ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Cristal violeta
Capacidad	250 ml y 500 ml
Alto etiqueta	138 mm
Ancho etiqueta	33 mm
Cierre	Rosca

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca comercial	Contenido
Fabricante	Fecha de Vencimiento
Ciudad-Departamento-País	Lote Fabricación
Página Internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	





Equipo requerido para el procesamiento

El montaje de una línea de proceso para extracción de aceite de aguacate exige la compra de equipos especializados, debido a que los procesos requieren mayor precisión para lograr la correcta separación de la fase oleosa presente en la pulpa de aguacate. En la **Figura 37** se presenta en forma general, el montaje de una planta para extracción de aceite. El proceso requiere que la fruta entre sin piel al proceso, posteriormente con un tornillo sin fin se retira la semilla y se transporta hasta un homogenizador; la siguiente etapa se realiza en un nuevo tanque, donde se adiciona agua y se ajusta el pH.

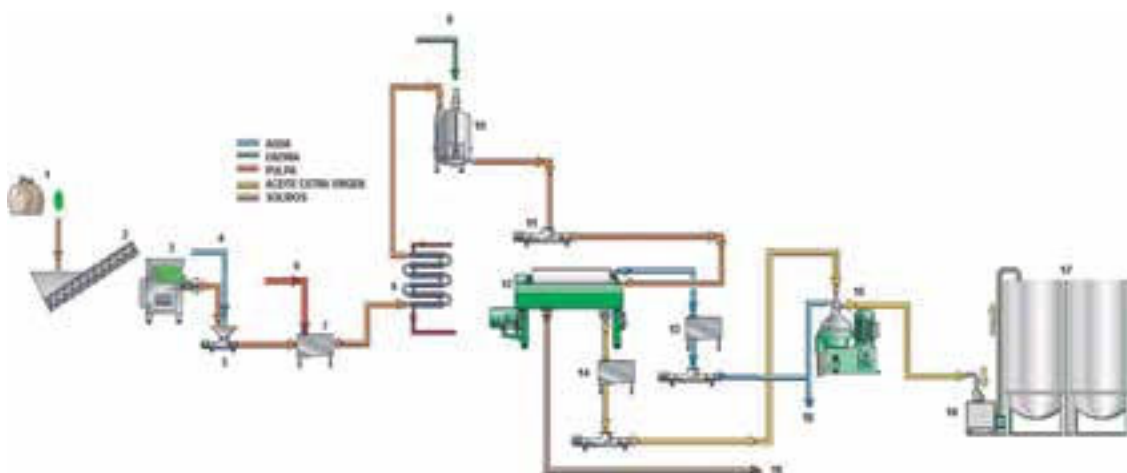


Figura 37. Mapa de proceso para extracción de aceite aguacate.

En este mismo tanque se realiza el tratamiento enzimático con un calentamiento durante 2 horas. Esta nueva mezcla se lleva a la centrífuga horizontal y la fase oleoacuosa resultante se transporta a otro separador y posteriormente se almacena en tanques de acero inoxidable, para su envase final. Las líneas de proceso correspondiente al proceso graficado se enumeran a continuación:

1. Fruto sin cáscara
2. Tornillo sinfín
3. Homogenizador
4. Adición de agua
6. Ajuste de pH
8. Intercambiador de calor
9. Enzima
10. Tanque de mezcla
11. Bomba
12. Centrífuga horizontal (Decanter)
15. Clarificador
- 5, 16. Bomba
- 7, 13, 14, 17. Tanques de acero inoxidable
18. Residuo Clarificado
19. Corriente de residuos sólidos (Torta)

Se puede trabajar con equipos prototipo para procesos a menor escala, en este caso se requiere de una despulpadora y un homogenizador, en la línea de proceso de pulpas. El equipo principal es una centrífuga horizontal la cual puede costar alrededor de ochenta millones de pesos (\$80.000.000), finalmente una envasadora de líquidos, la cual tiene un precio de treinta y cinco millones (\$35.000.000).

Al trabajar un proceso continuo, se requiere la inversión de dos bombas de desplazamiento positivo para el transporte de los líquidos, las cuales presentan un costo aproximado de quince millones de pesos (\$15.000.000).