

Cosecha, poscosecha, **transformación** de mango y aprovechamiento de biomasa residual



Cosecha, poscosecha, **transformación de mango** y aprovechamiento de biomasa residual

Autores

María Cristina García Muñoz

Yajaira Romero Barrera

Kelly Johana Pedroza Berrío

Ángela María Arcila Cardona



Cosecha, poscosecha, transformación de mango y aprovechamiento de biomasa residual. /
María Cristina García Muñoz [y otros tres] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024.

98 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye fotografías, gráficos y referencias.

ISBN e-Book: 978-958-740-804-1

1. *Mangifera indica* 2. Cosecha 3. Tecnología poscosecha 4. Agroindustria 5. Aprovechamiento del
desecho 6. Fisiología vegetal. I. García Muñoz, María Cristina II. Romero Barrera, Yajaira III. Pedroza Berrío,
Kelly Johana IV. Arcila Cardona, Ángela María.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9, vía Espinal-Chicoral, Tolima. Código postal 733520, Colombia.

Esta publicación es resultado de investigación del proyecto
“Desarrollar, validar y divulgar tecnologías que reduzcan
pérdidas postcosecha en cadenas de producción de
frutas y hortalizas de importancia para la Región Central”.
Financiado por la Región Administrativa y de Planeación
Especial (RAP-E) Región Central.

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

Publicado: abril de 2025

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Andrés Castillo Brieve

Diseño: Mónica Cabiativa Daza

Diagramación: Janduy Barreto Páez

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Citación sugerida: García Muñoz, M. C., Romero Barrera,
Y., Pedroza Berrío, K. J., & Arcila Cardona, A. M. (2025).
*Cosecha, poscosecha, transformación de mango y
aprovechamiento de biomasa residual*. Corporación
Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA.
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7408041>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable
de las opiniones y de la información recogida en el
presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva
y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea
este propio o de terceros, declarando en este último
supuesto que cuentan con la debida autorización de
terceros para su publicación. Igualmente, expresan que
no existe conflicto de interés alguno en relación con los
resultados de la investigación propiedad de tales terceros.
En consecuencia, los autores serán responsables civil,
administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o
demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de
autor u otros derechos que se vulneren como resultado
de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Línea de atención al cliente: 01800 012 1515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co

Contenido

Agradecimientos	9
Los autores	11
Introducción	13
1 Generalidades	17
Producción	19
Características físicas y composición química	20
Aspectos generales de fisiología poscosecha del mango	22
Cambios durante la maduración	28
Recomendaciones para el control de la respiración y la transpiración	30
2 Cosecha	32
Momento óptimo de cosecha	33
Planificación de cosecha	37
Desarrollo de la cosecha	41

3	Poscosecha	48
	Recepción	49
	Selección	49
	Preenfriamiento	50
	Lavado	50
	Secado	50
	Clasificación	51
	Tratamientos de desinfección	54
	Encerado	55
	Empaque	56
	Transporte	58
	Almacenamiento	60
	Comercialización	60
4	Transformación	63
	Alternativas agroindustriales del mango	65
	Trozos de mango	66
	Pulpa	67
	Mermelada	69
	Deshidratación	71
	Néctar	74
	Requerimientos microbiológicos para los productos alimenticios	76
5	Aprovechamiento de residuos	78
	Tipos de procesos para el aprovechamiento de la biomasa residual	81
	Valorización biológica y química	81
	Aprovechamiento de biomasa residual de plátano y mango	84
	Referencias	92

Lista de figuras

Figura 1	Banco de germoplasma de mango en el C I Nataima de AGROSAVIA	18
Figura 2	Comportamiento nacional en el área sembrada y producción de mango en Colombia, 2018-2021.....	19
Figura 3	La respiración, el consumo de reservas y la pérdida de calidad de los productos cosechados.....	24
Figura 4	Transpiración del fruto durante la poscosecha.....	25
Figura 5	Mango deshidratado.	26
Figura 6	Cambios ocasionados por la maduración	29
Figura 7	Cosecha de mango.....	33
Figura 8	Indicadores de madurez en mango.	35
Figura 9	Instrumentos para determinar indicadores de madurez de manera objetiva.	36
Figura 10	Variedades de mango en las que se observan sus diferencias en forma, tamaño, color y estado de madurez.....	38
Figura 11	Herramientas de cosecha.....	39
Figura 12	Empaques que provocan daños al mango.....	40
Figura 13	Canastilla plástica recomendada para la comercialización de mango.	40
Figura 14	Cosecha de mango con tijeras.....	42
Figura 15	Pérdidas de mango por caída del árbol durante su cosecha o por sobremadurez.....	43
Figura 16	Cosecha de mango en árboles muy altos de variedades no mejoradas	43
Figura 17	Látex en mango que se oscurece al contacto con el aire	44
Figura 18	Cosecha del mango con pedúnculo corto y drenado de látex.....	45
Figura 19	Daños en mangos en árbol por pedúnculo remanente.....	45

Figura 20	Cosecha del mango con pedúnculo mayor de 5 cm.....	46
Figura 21	Cosecha del mango	47
Figura 22	Diagrama de operaciones poscosecha en la cadena de mango.	49
Figura 23	Lavado de mango	51
Figura 24	Mangos clasificados por variedad y estado de madurez.....	51
Figura 25	Mango filipino en tres tamaños o calibres	52
Figura 26	Mango filipino en tres estados de madurez	52
Figura 27	Categorías de mangos	53
Figura 28	Empaques de mango que facilitan la clasificación	56
Figura 29	Transporte de mango sin protección contra la lluvia o los rayos de sol	58
Figura 30	Transporte de mango con personal.....	59
Figura 31	Calidad y disposición del mango encontrado en diferentes mercados tipo fruver	62
Figura 32	Diagrama de flujo para producción de mango en trozos	66
Figura 33	Acondicionar el mango para su procesamiento.....	65
Figura 34	Preparación de mango en trozos.....	67
Figura 35	Diagrama de flujo para producción de pulpa de mango	68
Figura 36	Despulpadora semiindustrial	68
Figura 37	Diagrama de flujo para producción de mermelada de mango ...	69
Figura 38	Diagrama de flujo de producción de mango deshidratado	72
Figura 39	Deshidratador solar de mango con energía solar pasiva y fotovoltaica	74
Figura 40	Diagrama de flujo para producción de néctar de mango.....	75
Figura 41	Modelo de economía	79
Figura 42	Biomasa residual de plátano y mango	85
Figura 43	Harina de la semilla del mango.....	89

Lista de tablas

Tabla 1	Área y producción promedio anual de mango por departamento en Colombia	20
Tabla 2	Características físicas de mango filipino, yulima, hilacha y manzano	21
Tabla 3	Composición química de mango filipino, yulima, hilacha y manzano	21
Tabla 4	Composición promedio de mango en 100 g de parte comestible	22
Tabla 5	Protocolo hidrotérmico establecido por la aphis usda para el control de la mosca de la fruta en mango	54
Tabla 6	Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para pulpa de mango y productos transformados	77
Tabla 7	Contenido de pulpa, cáscara y semilla de mango de dos variedades y en dos estados de madurez.....	85
Tabla 8	Composición nutricional de la biomasa residual de plátano y mango.....	86



Agradecimientos

Esta publicación se deriva de los resultados e información obtenidos en desarrollo del Convenio 2172, “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para desarrollar, validar y divulgar tecnologías que reduzcan pérdidas postcosecha en cadenas de producción de frutas y hortalizas de importancia para la Región Central”, ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA y financiado por la Región Administrativa y de Planeación Especial (RAP-E), Región Central. Agradecemos a la Asociación de Productores de Mango (Mangovipaz) por su permanente interés, compromiso y apoyo en las diferentes actividades realizadas en campo; así como al equipo técnico y administrativo del Centro de Investigación (C. I.) Nataima, el C. I. Tibaitatá y la sede central de AGROSAVIA, por el apoyo permanente para responder a los diferentes compromisos establecidos en el proyecto, como este manual.





Las autoras

María Cristina García Muñoz

Correo: mcgarcia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7099-4838>

Ingeniera química, especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, máster en Diseño de Procesos y Productos, de la Universidad de Wageningen, Países Bajos, y doctorado en Microbiología y Biotecnología de la Universidad de SupAgro, Francia. Máster en Administración de Empresas de la Universidad Católica de San Antonio de Murcia, España. Capacitación en Aprovechamiento de Biomasa Tropical en la Universidad de Ryukyus, Japón; Biología y Tecnología Poscosecha en Volcani Center de Israel; Poscosecha y Productos Mínimamente Procesados de la Universidad de Cartagena, España, y de la Universidad de Wageningen, Países Bajos. Ha trabajado en reducción de pérdidas en poscosecha y generación de valor, mediante la generación de recomendaciones y diseño de herramientas para la cosecha, acondicionamiento, empaque, transporte y almacenamiento de productos hortofrutícolas; en el diseño y desarrollo de productos y procesos de transformación en las cadenas frutícolas y de cacao, achira, caña panelera, con enfoque en garantizar la calidad y manejo energético del sistema. Ha presidido por varios años el Comité Técnico de Normalización de Frutas, Raíces y Tubérculos frescos y es la líder del Grupo de investigación A1, en Innovación Tecnológica en Procesos Agroindustriales para el desarrollo rural.



Yajaira Romero Barrera

Correo: yromero@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6512-7307>

Ingeniera en Producción Biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander y Máster en Estadística Aplicada de la Universidad del Norte, con una destacada trayectoria científica que incluye artículos de investigación, capítulos de libro y manuales, y colaboración como especialista en la obtención de dos materiales vegetales. Trabajó durante seis años en el Centro de Investigación Caribia de AGROSAVIA, participando en proyectos relacionados con hortalizas, frutales y métodos de muestreo de poblaciones biológicas. Desde 2014 está vinculada a la Dirección de Investigación y Desarrollo, donde forma parte del Equipo Extendido de Estadística – Nodo Central y lidera la iniciativa del sistema de información de libros de campo y laboratorio. Actualmente se desempeña como Investigadora Máster Asociada en la Red de Innovación de Hortalizas y Aromáticas, enfocándose en proyectos de muestreo de poblaciones biológicas, estudios socioeconómicos, y en la planificación, ejecución y análisis de experimentos.

Kelly Johana Pedroza Berrío

Correo: kepdroza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5342-5868>

Ingeniera agroindustrial y magíster en Ciencia y Tecnología Agroindustrial, egresada de la Universidad del Tolima. Estudiante de doctorado en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible en la Universidad Surcolombiana. Profesional de



apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Tiene experiencia en la caracterización fisicoquímica y funcional de arracacha, albahaca y frutales, principalmente en mango, maracuyá, cacao; en valorización de subproductos y residuos del proceso poscosecha y transformación del cacao, mango y albahaca, y en caracterización de los bancos de germoplasma de la nación, principalmente en mango, maní y ajonjolí.

Ángela María Arcila Cardona

Correo: aarcila@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7353-5207>

Bióloga con doctorado en Ciencias Biológicas-Entomología. Directora del grupo de investigación en Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT). Gestora de Innovación de la red de Frutales e Investigadora PhD Asociada de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia de 17 años en investigación en cultivos frutales en Colombia y sus líneas de investigación han sido en biología y ecología de insectos, ecología del paisaje y especies invasoras, control biológico, monitoreo y manejo integrado de especies plaga en frutales.





Introducción

El mango, la piña, la papaya y el aguacate son las cuatro frutas tropicales de mayor preferencia y mercado en el mundo. El mango, llamado “el rey de las frutas”, es conocido por su pulpa jugosa, firme, dulce, de textura suave, color brillante, con un importante contenido de vitaminas, minerales, fibra y compuestos funcionales de interés para la salud.

El mango es originario de Asia, particularmente de India. Este país es el mayor productor mundial con cerca de 25 millones de toneladas en 2024, seguido de lejos por China, Indonesia, Pakistán, México y Brasil, con producciones de 3,8, 3,6, 2,7 y 2,4 millones de toneladas respectivamente. No obstante, el mayor exportador es México, el cual aporta cerca de 40 % de las exportaciones de mango, seguido por Filipinas y Pakistán, mientras que el mayor importador es Estados Unidos, con un mercado creciente que puede ser una oportunidad para Colombia.

El mango fue introducido por los españoles a México en el siglo ^{xvi} y posteriormente se extendió al Caribe, mientras que a Brasil fue traído por los portugueses. En Colombia, es una de las frutas de mayor producción y consumo, aunque 55 % de su producción se concentra en los departamentos de Tolima, Cundinamarca, y Magdalena. Esta cadena representa la principal fuente de ingresos para una gran cantidad de familias campesinas, y constituye una fuente de nutrientes de interés para la seguridad alimentaria y nutricional de la población. Sin embargo, el mango también es reconocido por las altas pérdidas que presenta durante su transporte y comercialización. Al igual que la gran mayoría de cadenas de frutas y hortalizas en el país, tiene altas pérdidas en los eslabones de abastecimiento. No se tienen cifras exactas de las pérdidas en mango, pero según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2016), 65 % de las pérdidas de alimentos corresponden a frutas y hortalizas y más de 60 % se presenta en poscosecha. El alto contenido de



azúcares, la baja acidez y la elevada cantidad de agua hacen del mango una fruta altamente perecedera, lo cual, sumado a las condiciones inadecuadas de manipulación desde su cosecha hasta la entrega al consumidor, ocasiona altas pérdidas. Adicionalmente, tiene una producción estacional, lo que da lugar a una sobreproducción que el mercado no puede absorber. Un volumen importante se pierde, pues los estándares de calidad requeridos por el comprador se elevan y esto causa rechazo de la fruta de buena calidad o bajos precios debido a la mayor oferta y a las condiciones que aumentan las pérdidas de producto y que además incrementan los problemas fitosanitarios en las regiones de producción. Estas pérdidas no solo afectan el ingreso de los productores, sino que ponen en riesgo la sostenibilidad de la cadena, dado que los productores se ven obligados a buscar otras alternativas de ingresos ya sea en otros cultivos, ya sea migrando a las grandes ciudades en busca de mejores oportunidades. Por otra parte, en el corto, mediano y largo plazo, las pérdidas de los servicios ecosistémicos utilizados en la producción de los frutos que no alcanzan al consumidor, contribuyen al cambio climático y presionan la frontera agrícola.

Lo anterior justifica el trabajo en la reducción de pérdidas de la cadena como una alternativa para mejorar su sostenibilidad. En el presente manual se proponen dos alternativas para reducir las pérdidas en la cadena de mango. La primera se dirige al mercado en fresco, para el cual se presentan una serie de recomendaciones enfocadas en el manejo de cosecha y poscosecha. La segunda está dirigida a los mercados de alimentos procesados. Para esto se exponen alternativas de transformación del mango en productos de mayor vida útil que permitan acceder a nuevos mercados, aprovechando y valorizando la biomasa residual que se deriva de la fruta no cosechada y rechazada por el mercado debido a su incapacidad de absorber toda la oferta.





Generalidades

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta tropical de la familia Anacardiaceae (García Lozano, Abaunza & Rivera, 2017). Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1650 metros de altitud y cuenta con más de 200 ecotipos reportados (García Lozano, Abaunza & Rivera, 2017). Entre las variedades más comercializadas en el país, se encuentran las criollas como el mango común, el mariquiteño, el chancleto, el vallenato, el de azúcar, y variedades mejoradas o mangos de mesa como Tommy Atkins, Yulima, Kent, entre otros. El Centro de Investigación (C. I.) Nataima de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuario – AGROSAVIA cuenta con el banco de germoplasma de mango, donde se conservan estas variedades, junto con muchas otras al servicio del país (figura 1).



1. Generalidades



Figura 1. Banco de germoplasma de mango en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

Producción

En Colombia, los departamentos con mayor área sembrada son Cundinamarca, Tolima y Magdalena, los cuales representan el 68 % del área total sembrada en el país (tabla 1). La zona centro, constituida por Cundinamarca y Tolima, está conformada en su mayoría por pequeños productores (80 %) y en menor proporción por productores medianos (20 %). La producción de estos dos departamentos se destina al mercado nacional en fresco (80 %) y el restante 20 % a la agroindustria de jugos, salsas, cocteles, deshidratados y vinos principalmente (Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2013).

De acuerdo con las evaluaciones agropecuarias municipales (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2023), Colombia reportó 38.581 hectáreas sembradas de mango en 2021, las cuales aumentaron 19 % desde 2018. Tolima registró un crecimiento de 55 %, mientras que Magdalena creció 24 % en área sembrada. En el mismo periodo 2018-2021, la producción también aumentó 28 %, al pasar de 301.283 a 386.999 toneladas (figura 2).

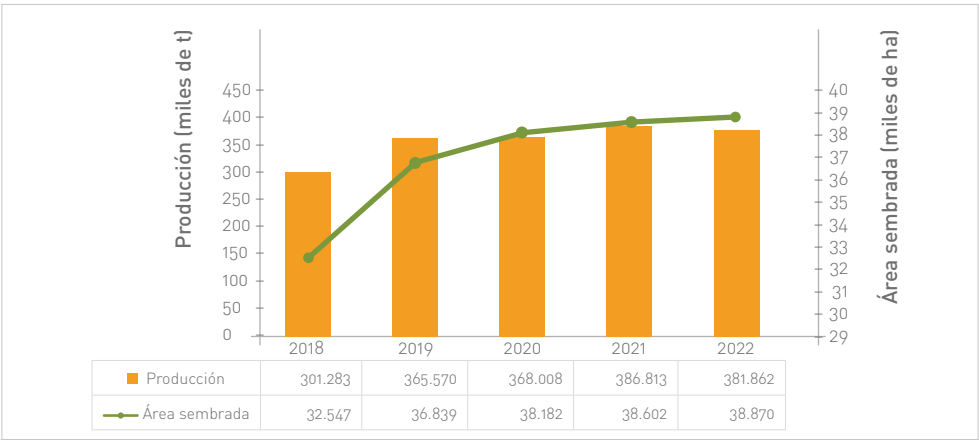


Figura 2. Comportamiento nacional en el área sembrada y la producción de mango en Colombia, 2018-2021.

Fuente: Rodríguez & Guavatá (2023)

Tabla 1. Área y producción promedio anual de mango por departamento en Colombia

Departamento	Área sembrada (hectáreas)	Producción (toneladas)	Participación (producción)	Participación (área)
Cundinamarca	10.096	102.492	26,0%	26,0%
Magdalena	5.246	63.735	16,0%	14,0%
Tolima	6.527	58.093	15,0%	17,0%
Córdoba	3.636	36.259	9,0%	9,0%
Atlántico	2.516	33.627	9,0%	7,0%
Bolívar	2.427	27.045	7,0%	6,0%
Antioquia	3.002	23.509	6,0%	8,0%
Cesar	2.444	19.059	5,0%	6,0%
Sucre	491	5.594	1,0%	1,0%
Cauca	532	4.943	1,0%	1,0%
Huila	385	4.150	1,0%	1,0%
Santander	337	2.512	1,0%	1,0%
Valle del Cauca	251	2.257	1,0%	1,0%
La Guajira	330	1.926	0,0%	1,0%
Nariño	247	919	0,0%	1,0%
Norte de Santander	37	422	0,0%	0,0%
Boyacá	52	245	0,1%	0,1%
Otros	26	210	0,1%	0,1%
Total	38.581	386.999	100,0%	100,0%

Fuente: Rodríguez & Guavatá (2023), con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales (UPRA, 2023)

Características físicas y composición química

El mango es considerado una de las frutas más atractivas por sus características de sabor, aroma, color, y por su alto valor nutricional. La pulpa es fuente de azúcares reductores, aminoácidos, compuestos aromáticos, pectina, vitaminas, antocianinas, carotenoides, ácido ascórbico, quercetina y mangiferina



de interés para la salud (Lauricella et al., 2017; Lebaka et al., 2021). La cáscara y la semilla presentan contenidos significativos de almidones, grasa, fibra, micronutrientes, polifenoles y carotenoides, entre otros (Sumaya-Martínez et al., 2012, 2019), pero estas partes suelen descartarse por desconocimiento de su potencial de uso en diferentes industrias, lo que da lugar a problemas ambientales y sanitarios.

Las tablas 2 y 3 indican las características físicas y la composición química de las especies de mango más comunes cultivadas en El Espinal, Tolima, mientras que la tabla 4 presenta la composición promedio reportada por otros autores.

Como se puede observar en la tabla 2, la variedad o tipo de mango determina las características físicas y de composición. No obstante, la composición también es afectada por prácticas culturales, como la fertilización y el riego.

Tabla 2. Características físicas de mango filipino, yulima, hilacha y manzano

Mango	Filipino	Manzano	Yulima	Hilacha
Peso (g)	1137	610	630	190
Diámetro (cm)	128	226	122	92
Longitud (cm)	149	240	160	114
Firmeza (kgf)	5,7	17,9	4,7	5,6
Total	38.581	386.999	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Composición química de mango filipino, yulima, hilacha y manzano

Mango	Filipino	Manzano	Yulima	Hilacha
Humedad (%)	84,64	79,35	83,37	78,85
Proteína (%)	2,49	2,37	2,74	2,85
Extracto etéreo (%)	1,65	1,36	1,43	1,14
Ceniza (%)	2,38	1,91	2,07	5
Carbohidratos (%)	8,84	15,01	10,39	12,16

Fuente: Elaboración propia



Tabla 4. Composición promedio de mango en 100 g de parte comestible

Parámetro	Unidad	Contenido	Parámetro	Unidad	Contenido
Energía	Kilocalorías	60	Ácido fólico (vitamina B9)	Microgramos	43
Carbohidratos totales	Gramos	15	Colina	Miligramos	7,6
Azúcares	Gramos	13,7	Vitamina C	Miligramos	36,4
Fibra	Gramos	1,6	Vitamina E	Miligramos	0,9
Proteína	Gramos	0,82	Vitamina K	Miligramos	4,2
Equivalente de vitamina A	Equivalentes de retinol (ER)	54	Calcio	Miligramos	11
Beta-caroteno	Miligramos	640	Hierro	Miligramos	0,16
Luteína y zeaxantina	Microgramos	23	Magnesio	Miligramos	10
Tiamina (vitamina B1)	Miligramos	0,028	Manganeso	Miligramos	0,063
Riboflavina (vitamina B2)	Miligramos	0,038	Fósforo	Miligramos	14
Niacina (vitamina B3)	Miligramos	0,069	Potasio	Miligramos	168
Ácido pantoténico (vitamina B5)	Miligramos	0,197	Sodio	Miligramos	1
Piridoxina (vitamina B6)	Miligramos	0,119	Zinc	Miligramos	0,09

Fuente: Gómez Peña y Guzmán Nariño (2019)

Al comparar la información de las tablas 3 y 4, se puede observar que los frutos de mango de las variedades evaluadas en Espinal presentan mayor contenido de proteína que la composición promedio del mango reportado por Gómez Peña y Guzmán Nariño (2019), de acuerdo con la base de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

Aspectos generales de fisiología poscosecha del mango

El mango es climatérico, lo que desde el punto de vista práctico significa que el fruto, aunque se coseche en estado verde, puede continuar su proceso de maduración. Esta es una ventaja ya que permite tener una ventana más amplia para su cosecha y comercialización. No obstante, el momento óptimo de cosecha depende del estado de madurez, del comportamiento fisiológico en las condiciones específicas de temperatura y humedad en poscosecha, de su manipulación durante esta misma etapa, y también de otros factores, como requisitos y tipo de mercados, distancia a estos y logística disponible para llevar a cabo la cosecha y poscosecha, entendida esta



última como el acondicionamiento, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización.

El mango, al igual que cualquier otra fruta y hortaliza, es un tejido vivo que, una vez retirado de la planta, continúa sus procesos metabólicos vitales, los cuales le permiten mantener su calidad y en el caso de los productos climatéricos, continuar su proceso de maduración antes de iniciar la etapa de senescencia o envejecimiento, en la cual se demerita su calidad hasta la pérdida total. Por lo tanto, lo que se busca a lo largo de la poscosecha es proveer condiciones a la fruta para que continúe desarrollando sus procesos vitales y retrasar o ralentizar los procesos de senescencia y así prolongar la vida útil y la calidad (Kader & Saltveit, 1987). Entre los procesos vitales que los frutos continúan desarrollando están la respiración y la transpiración, de gran importancia en la conservación de la calidad de los productos hortofrutícolas una vez cosechados (Wills et al., 1996). Conocer el modo como se desarrollan estos dos procesos y los factores que los afectan permite diseñar o seleccionar las condiciones más adecuadas para que el producto llegue al mercado con las características preferidas por los consumidores.

Respiración

Mediante este proceso, el fruto utiliza las reservas alimenticias, principalmente azúcares, que haya logrado acumular mientras estuvo unido a la planta. Con ayuda del oxígeno, transforma estas reservas en energía, agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2), como se observa en la siguiente ecuación:



Azúcares + Oxígeno $\rightarrow$ Agua + CO_2 + Energía

Parte de la energía liberada es utilizada para el desarrollo de las funciones metabólicas vitales del fruto, mientras que la energía sobrante es liberada en forma de calor. Esta última aumentará la temperatura del fruto y del lugar donde se encuentra si no se cuenta con ventilación para remover el calor producido por la respiración (Wills et al., 1996). El dióxido de carbono (CO_2) liberado se puede medir para determinar la tasa o intensidad respiratoria del producto, y se expresa como miligramos (mg) o mililitros (mL) de CO_2 producidos en una hora y por cada kg de producto (mg o mL CO_2 /kg/h). Se considera que un producto presenta una alta intensidad respiratoria cuando produce más de 20 mg CO_2 por cada kg/h.



La intensidad respiratoria depende de variedad, estado de madurez y temperatura de almacenamiento o del transporte. Algunos autores reportan valores de intensidad respiratoria del mango bastante diferentes: 35 y 80 mL $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ para mangos almacenados a 10 y 20 °C respectivamente (Cantwell & Suslow, 2002); y 13, 26 y 60 mL $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ para mangos almacenados a 4, 25 y 30° C respectivamente (Zapata Montoya et al., 2018). López Ciro (2001) reportó los valores más altos (35 y 250 mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$), mientras que Siller-Cepeda et al. (2009) encontraron que los mangos de maduración tardía presentan menor intensidad respiratoria (15 mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$), y los de maduración intermedia y precoces tienen valores más altos (75 mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$). Estos resultados indican que el mango, una vez retirado del árbol, comienza a utilizar sus reservas alimenticias rápidamente para poder mantener sus tejidos vitales, madurar y conservar su calidad. Sin embargo, conforme respira, agota sus reservas y libera energía, lo que conduce a su rápido deterioro. De aquí que, si no se disminuye su intensidad respiratoria, el fruto madurará en corto tiempo, pero también se deteriorará posiblemente antes de alcanzar al consumidor final (figura 3). Por lo anterior, todo el manejo del fruto durante la etapa de poscosecha debe ser cuidadosamente diseñado o planeado para reducir la intensidad respiratoria sin afectar el proceso de maduración y mantener la calidad durante mayor tiempo.

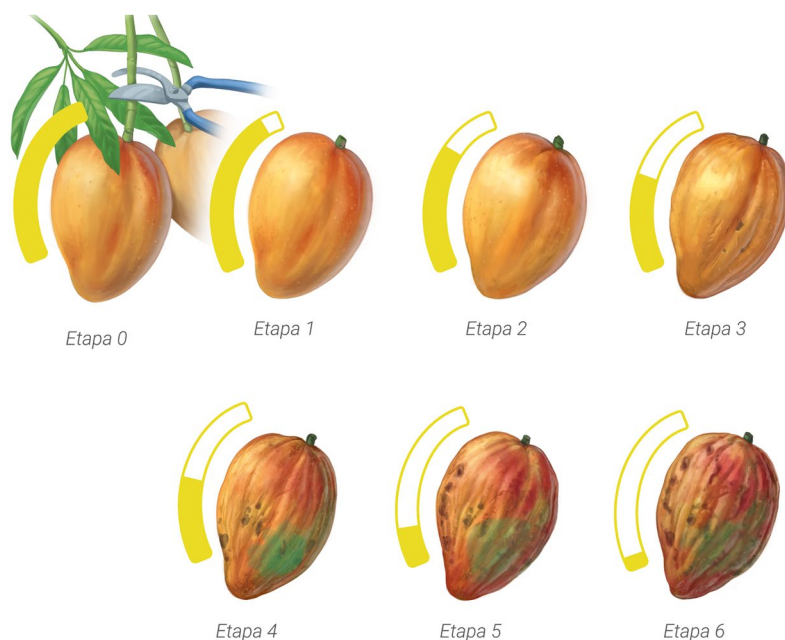


Figura 3. La respiración, el consumo de reservas y la pérdida de calidad de los productos cosechados.

Fuente: Elaboración propia

Transpiración

Es el proceso por el cual el producto pierde agua, debido a la diferencia en el contenido de humedad con respecto al ambiente circundante (figura 4). Este proceso es similar al secado de la ropa al aire libre. Si el aire tiene baja humedad relativa, y se extiende ropa mojada, el agua fluirá de la ropa hacia el aire hasta secarse. Lo mismo sucede con los frutos, cuyo contenido de agua puede superar el 80 % de su peso, y si los frutos se almacenan o transportan sin ningún tipo de protección, quedando expuestos o en contacto con aire de baja humedad relativa (generalmente entre 35 y 65 %), se produce un flujo de agua en forma de vapor desde el fruto hacia el aire, que los deshidrata, afecta su apariencia, deteriora su calidad y aumenta las pérdidas (figura 5).

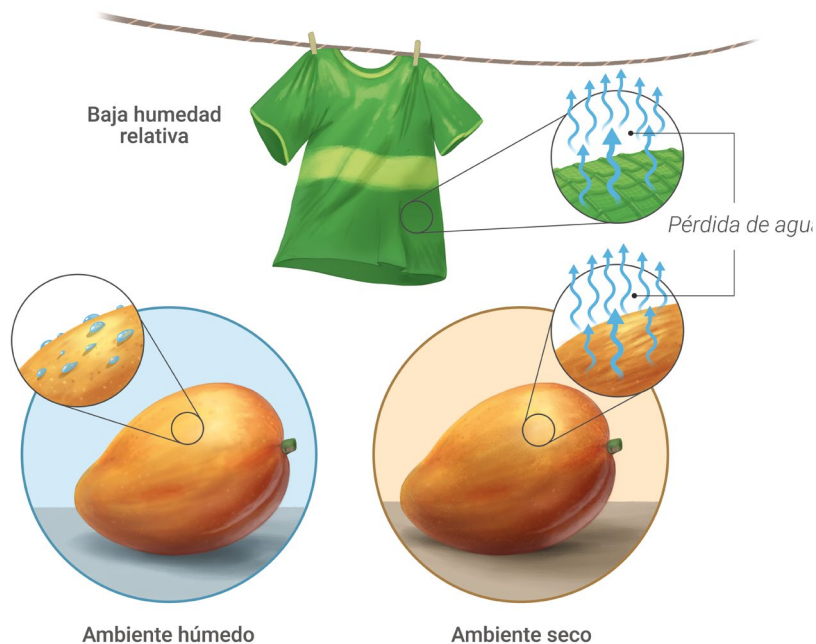


Figura 4. Transpiración del fruto durante la poscosecha.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, la respiración y transpiración son dos procesos fisiológicos vitales y de alta incidencia en la vida útil del mango. Estos procesos deben ser controlados para mantener la calidad del producto hasta su entrega al consumidor, y reducir así las pérdidas que se presentan en la cadena de abastecimiento.

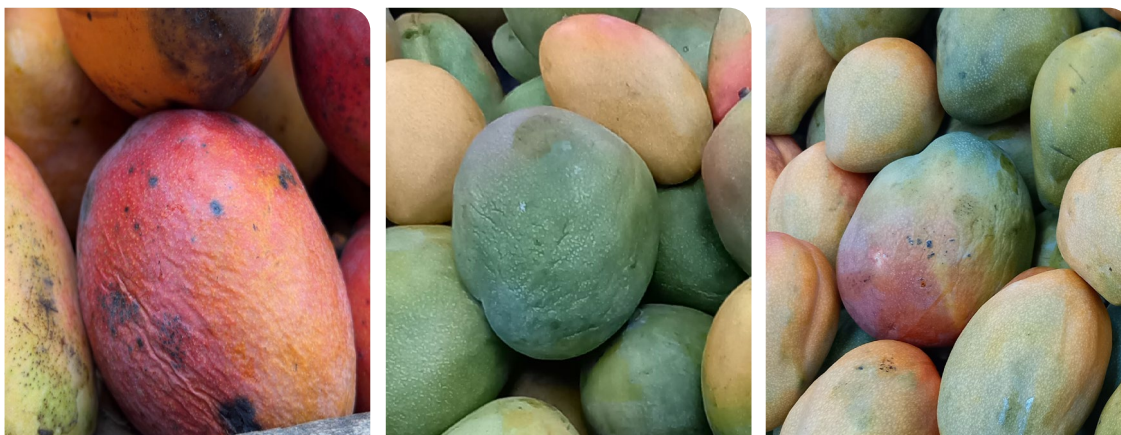


Figura 5. Mango deshidratado.

Foto: Marlon Yesid Barreto y María Cristina García

Factores que afectan la respiración y la transpiración

Para controlar los dos procesos, es necesario conocer los factores que los afectan. Existen factores *intrínsecos* o propios del producto y *extrínsecos* o externos al producto (Wills et al., 1996).

Factores intrínsecos. En este grupo se encuentran, entre otros, el tipo de producto y tejido, el área superficial, el tamaño, el estado de madurez y la variedad.

- **Área superficial.** Frutas u hortalizas con áreas superficiales grandes presentan mayor intensidad respiratoria que las de áreas superficiales más pequeñas. Ejemplo: hortalizas de hoja como la lechuga tienen mayor tasa de respiración que la zanahoria.
- **Tamaño.** Frutos pequeños de la misma especie y variedad, bajo las mismas condiciones de almacenamiento, respiran más rápido que los frutos grandes.
- **Estado de madurez.** Frutos verdes o en estados tempranos de madurez presentan tasas de respiración más altas que los maduros. Sin embargo, los frutos climatéricos, como el mango, incrementan su intensidad respiratoria hasta cuatro veces al iniciar su proceso de maduración, así como la producción de etileno, conocido como el gas de la maduración, que acelera este proceso. Por esta razón, también es importante retardar o reducir la producción de este gas, si se quiere incrementar la vida útil del fruto.

También se debe evitar la mezcla de frutas maduras y verdes porque el proceso fisiológico de unas puede acelerar el de las otras, llevándolas a todas a un rápido deterioro. No es recomendable, por tanto, empacar y almacenar frutos pequeños con grandes o frutos verdes con maduros, ya que los pequeños y verdes respirarán más rápido, lo que incrementará la intensidad respiratoria de todos. De acuerdo con esto, la clasificación por tamaño y por estado de madurez puede ayudar a controlar los procesos de respiración y retardar el deterioro.

- **Estado general del fruto.** Frutos con daños como magulladuras, cortes o abrasión, presentan tasas de respiración más altas que los sanos. Por lo tanto, los que tengan algún tipo de daño no deben ser empacados ni almacenados junto con frutos sanos, dado que los primeros tienen mayor intensidad respiratoria y llevan a los otros a un rápido deterioro.
- **Producción y sensibilidad al etileno.** Los productos climatéricos se caracterizan por un aumento fuerte en la tasa de respiración cuando comienzan a madurar. El etileno es un gas presente en los frutos que da inicio al proceso de maduración cuando alcanza cierto nivel de concentración, con lo cual también se produce un aumento importante en la respiración (Wills, et al., 1996). El mango está catalogado como un fruto de producción baja de etileno, pero de alta sensibilidad a este gas. Esto significa que, si el mango verde es almacenado o transportado junto con frutas como el maracuyá, de muy alta producción de etileno, estas últimas acelerarán el proceso de maduración del mango, así como su respiración, llevándolo a su deterioro en corto tiempo. Por lo tanto, es importante controlar también la concentración de este gas y planear muy bien el transporte y almacenamiento con productos compatibles que no aceleren el deterioro.

Factores extrínsecos. La temperatura es el factor de mayor peso en el control de la respiración, y ejerce un marcado efecto sobre la transpiración. Tiene influencia directa en estos dos procesos, ya que entre mayor temperatura, mayor intensidad respiratoria y de transpiración, lo que acelera el deterioro y por consiguiente reduce el tiempo de vida útil del fruto. Esto confirma la reducción de la temperatura como la medida más efectiva para conservar alimentos hortofrutícolas.

Un segundo factor es la humedad relativa del ambiente. A menor humedad relativa, mayor tasa de transpiración y por ende más pérdida de peso y deterioro de la apariencia y calidad del fruto. Cuando éste se expone al ambiente sin ninguna protección (recubrimiento o empaque) en condiciones



de baja humedad relativa, perderá humedad en forma de vapor de agua, lo que ocasionará su deshidratación y el deterioro de su calidad, particularmente de su apariencia, y aumentarán las pérdidas.

Otro factor para controlar es la composición de los gases alrededor del producto. La ecuación de la respiración muestra que la presencia de oxígeno favorece la respiración, y con ello el rápido deterioro, mientras que el CO_2 puede disminuirla. Por lo tanto, se debe reducir la exposición a altas concentraciones de oxígeno. Es por esta razón que los empaques y recubrimientos son utilizados como una medida de conservación de los productos hortofrutícolas, ya que constituyen una barrera entre el fruto y el oxígeno presente en el aire. Además, los empaques aumentan la concentración de CO_2 en su interior, con lo cual se disminuye la intensidad respiratoria y también la transpiración puesto que también se reduce la liberación de agua al ambiente.

En resumen, la respiración y la transpiración son dos procesos fisiológicos vitales para los frutos, pues les permiten madurar y mantener su calidad. Sin embargo, también los conducen a la senescencia y muerte en la medida en que estos procesos consumen reservas alimenticias y ocasionan pérdida de humedad.

En el caso de los frutos climatéricos, la respiración permite seguir su proceso normal de maduración, lo que mejora textura, sabor, aroma y color. Sin embargo, una vez alcanzado el máximo grado de madurez, la respiración y la transpiración también provocan senescencia y muerte.

Cambios durante la maduración

Durante este proceso, se producen diferentes cambios y reacciones al interior del fruto que dan lugar a las características que lo hacen llamativo para los consumidores (figura 6) (Kader & Saltveit, 1987). Todos estos cambios son impulsados por el incremento del gas etileno, que promueve muchos de estos cambios y estimula la respiración.

Los siguientes son los cambios más comunes y evidentes producidos durante la maduración (Gallo, 1997):

- Cambia el color, de verde a amarillo, naranja o rojo, dependiendo de la variedad.





Figura 6. Cambios ocasionados por la maduración. a. En el color de la piel; b. En el color de la pulpa.

Foto: Kelly Johana Pedroza B.

- Estos cambios de color se asocian al incremento de carotenoides (amarillos o naranjas) y a la degradación de la clorofila (colores verdes).
- Cambia el color de la pulpa, de verde claro a amarilla.
- Disminuye la firmeza y se incrementa la jugosidad.
- El contenido de almidón se reduce al desdoblarse para dar origen a los azúcares, lo cual aumenta el sabor dulce de la fruta.
- Los ácidos orgánicos se reducen, y esto disminuye el sabor ácido del mango.
- Dado el aumento del contenido de azúcares y la disminución de la acidez, la relación dulce-ácido aumenta y mejora el sabor.
- El contenido de compuestos volátiles crece y esto se traduce en un aroma más atractivo.

Maduración acelerada

El mango se puede cosechar verde, pintón o maduro, dado su carácter climático, y con un buen manejo durante su transporte y distribución se puede conducir a destinos distantes o acelerar su proceso de maduración si el mercado lo requiere. Temperaturas de 15 a 18 °C y una humedad relativa de 90 a 95 % favorecen la maduración natural del mango, aunque para

disminuir su acidez se requieren mínimo dos días más en condiciones de 21 a 24 °C. No obstante, en los procesos de comercialización y particularmente de exportación, son necesarios procesos rápidos de maduración en destino para reducir tiempos de almacenamiento, ya que entre mayor sea el tiempo, mayores los costos. Para la maduración acelerada, se recomienda tratar el mango con concentraciones de etileno cercanas a 100 mg/kg y asegurar concentraciones de dióxido de carbono por debajo de 1 %, con temperatura entre 18 y 22° C y humedad relativa de 85 a 90 %, aunque algunos autores señalan temperaturas de maduración de 29 a 31 °C (López Ciro, 2001)

Recomendaciones para el control de la respiración y la transpiración

Para prolongar la vida útil del mango y los demás productos hortofrutícolas, es importante reducir su velocidad de respiración y transpiración. Para esto es clave disminuir la temperatura, mantener el producto en ambientes de alta humedad relativa (entre 90 y 95 %) o protegidos con recubrimientos o empaques, a fin de reducir la pérdida de agua y evitar o limitar el contacto con el oxígeno.

La temperatura es el principal factor que se debe controlar, pues ejerce una fuerte influencia sobre la tasa de respiración, la transpiración y las demás funciones metabólicas o bioquímicas. Temperaturas altas aceleran la intensidad respiratoria, con lo cual el fruto libera mayor cantidad de energía en forma de calor, y esto a su vez aumenta aún más la temperatura del sistema o del cuarto de almacenamiento. Se trata de un ciclo en el que el aumento de temperatura por la energía liberada sube aún más la intensidad respiratoria, y esto libera más energía en forma de calor, lo que aumenta aún más la temperatura del sistema. En cada ciclo, se eleva aún más la temperatura, por lo cual se produce un rápido deterioro del fruto. Un aumento de 10 °C disminuye la vida útil hasta una tercera parte (de 9 a 3 días, por ejemplo). De manera similar, si la temperatura se reduce en 10 °C, la intensidad respiratoria se puede disminuir hasta una tercera parte, y por tanto el tiempo de vida útil del fruto aumentará casi tres veces (de 2 a 6 días, por ejemplo).

Con respecto al efecto de la temperatura sobre la transpiración, cuando el aire se calienta, su humedad relativa disminuye (Treybal, 1991), y esto hace que éste tenga mayor capacidad de remover el agua del fruto. En otras palabras, el aire puede deshidratar el fruto en menor tiempo. Esto incrementa las pérdidas no solo por la disminución en el peso del producto (debido a la pérdida del agua), sino también por el deterioro de su apariencia y calidad. Por lo



tanto, para reducir o evitar la transpiración, también se recomienda reducir la temperatura; así la humedad relativa del aire se incrementa y su capacidad de remover agua del fruto se reduce. También se aconseja utilizar empaques o recubrimientos que actúen como barreras contra la pérdida de agua del fruto.

El uso de empaques tiene otras ventajas para el control de la intensidad respiratoria. Limita la cantidad de oxígeno disponible en su interior, mientras aumenta la de CO_2 . Esto se explica porque, conforme respira, el fruto toma y agota el oxígeno del interior del empaque mientras libera el dióxido de carbono, cuya concentración va en aumento. Esta condición de concentración baja de oxígeno y alta de dióxido de carbono dentro del empaque reduce la intensidad respiratoria y favorece la conservación. El cambio en la concentración de oxígeno y dióxido de carbono al interior del empaque es una tecnología de conservación de alimentos conocida como *atmósferas modificadas*, cuyo desafío es encontrar el material que presente una permeabilidad adecuada al oxígeno, al vapor de agua y al dióxido de carbono (García Muñoz & Torres Riveros, 2002). En los últimos años se ha incrementado la investigación sobre las películas que sirven de empaque, y se les ha agregado un requisito adicional, que sean biodegradables, para que estén en línea con la sostenibilidad de estos sistemas agroalimentarios y no se utilicen plásticos provenientes de la industria petroquímica.

En resumen, para la conservación del mango se recomiendan temperaturas de 12 o 13 °C, humedad relativa de 90 a 95 %, concentración de CO_2 de 5 a 10 %, y O_2 de 3 a 5 %. Estas condiciones pueden cambiar con la variedad y estado de madurez, pero son útiles como referencia. Se debe tener presente que el mango es sensible al frío, de manera que temperaturas por debajo de 12 °C provocan daños de diferente tipo e intensidad. Estos daños dependen de la temperatura y del tiempo que el fruto dura expuesto al frío y al estado de madurez. Algunos síntomas del daño por frío son inhibición de la maduración, pérdida de sabor, manchas superficiales, frutos picados o escaldados, y oscurecimiento de las lenticelas.





Cosecha

La cosecha es una operación muy importante en la cadena de abastecimiento, pues en ella se consolidan todo el esfuerzo y los recursos puestos para obtener un producto de alta calidad (figura 7) (García Muñoz, 2008). Es necesario hacer una buena planeación de la cosecha, para que sea eficiente y eficaz, es decir, para que se realice en el menor tiempo posible, sin causar ningún tipo de daño al producto, buscando que todo lo cosechado satisfaga los requisitos del mercado, y para asegurar su venta en el momento y con el precio justo. La primera decisión que se debe tomar en la planeación es el momento de hacer la cosecha.



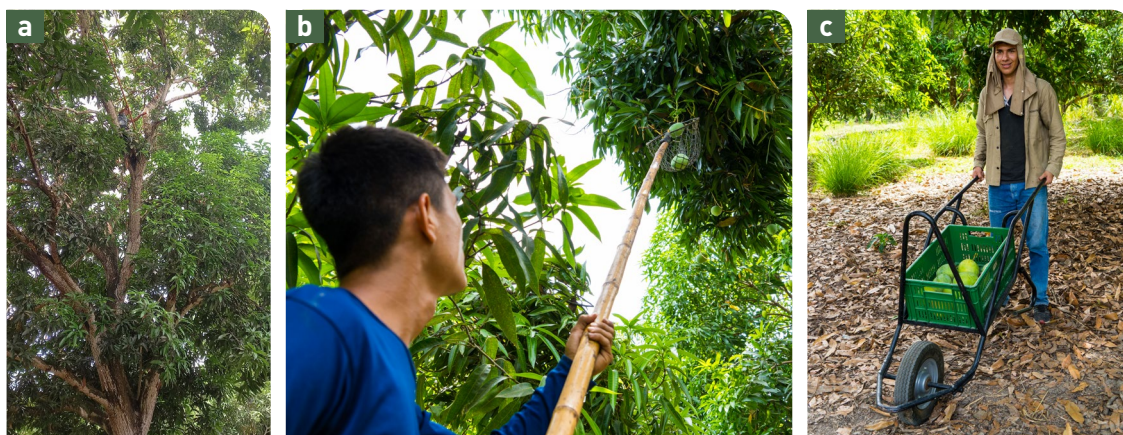


Figura 7. Cosecha de mango. a. En árboles altos; b. Con vara; c. Transporte en finca.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

Momento óptimo de cosecha

Para decidir cuándo cosechar, se deben tener en cuenta las condiciones del mercado, las características de la fruta y la logística con la que se cuente para la cosecha, el acondicionamiento, el transporte, la distribución y el almacenamiento (García Muñoz, 2008).

Mercado

El mercado del mango se distribuye entre el destinado para el consumo en fresco y el de procesamiento. Para ambos ya se tienen variedades identificadas. Este mercado tiene dos características particulares: 1) el consumo del fruto en estado verde o pintón es tan importante como en estado maduro, que es cuando desarrolla todo su color, aroma y textura, y 2) es un fruto climatérico, y esto le confiere una ventana más amplia de cosecha; puede cosecharse en diferentes estados de madurez para responder a los requisitos de los diferentes mercados. Aun así, para la distribución y la comercialización se prefiere el mango en estados tempranos de madurez. En estos estados, el fruto es más resistentes a la manipulación y a daños mecánicos como magulladuras, cortes y abrasión, lo cual reduce las pérdidas durante la comercialización. Así, es importante tener plenamente identificadas las exigencias o preferencias del mercado, con la venta y unos precios justos

Entre las condiciones del mercado que el productor debe conocer están la variedad requerida, el estado de madurez, el tamaño, el tipo de empaque y presentación, el volumen, el precio, el tipo de transporte, el lugar y hora de entrega. Para reducir la posibilidad de rechazo del producto por parte del mercado o de castigo en el precio por no cumplir con los requisitos establecidos, existen diferentes alternativas de negociación, como establecer contratos previos a la cosecha, de compra-venta, de “coseche y venda a la fija”, de venta de cosecha justo cuando el producto esté listo para colecta, entre otras opciones (García Muñoz & Aya Rodríguez, 2024). No obstante, el proceso de comercialización más popular en el país es la venta del producto ya cosechado. Esta es una de las causas de pérdida de alimentos. Como no existe un contrato previo o no se tiene asegurado un comprador, la comercialización es más compleja, el proceso de venta tarda más tiempo, los productores no reciben el precio justo, el producto se expone a condiciones adversas por largo tiempo y se acelera su deterioro (García Muñoz & Aya Rodríguez, 2024).

Si no se tienen acuerdos previos, una de las primeras acciones que se deben hacer antes de cosechar es informarse del mercado. Hay que consultar precios, plataformas de información de mercados, requerimientos de calidad, variedades, volúmenes transados. Luego se contactan los compradores potenciales para conocer o acordar las condiciones de la negociación. Las condiciones incluyen requisitos de cantidad, calidad, volumen, variedad, tamaño, estado de madurez, presentación (canastilla, bolsas, mallas, caja de cartón, capacidad), día y hora de entrega (a primera hora de la mañana o al final de la tarde), condiciones de transporte, precio y forma de pago (García Muñoz et al., 2024). Así se asegura la venta o se reduce en alto grado el riesgo de deterioro de la fruta por demoras en el proceso de venta y por condiciones no adecuadas. Además, se garantizan precios más justos.

Características de la fruta

Es importante conocer de manera precisa características de la fruta como indicadores de madurez y proceso de maduración. Las frutas climatéricas se cosechan regularmente en estados tempranos de maduración para que soporten mejor el manejo a lo largo de la cadena de abastecimiento, para que lleguen en el punto de madurez requerido por el mercado o para que lleguen aún verdes y en el mercado sean sometidas a condiciones de temperatura y humedad que les permitan alcanzar la madurez óptima (García Muñoz et al., 2024). Es importante conocer los indicadores de madurez y los factores que la afectan, para así determinar con mayor precisión el momento óptimo de cosecha, y las condiciones de manejo durante la poscosecha para satisfacer el mercado (López Ciro, 2001).



Indicadores de madurez

Son parámetros utilizados para conocer el estado de madurez de la fruta. Entre los más utilizados están los de tipo temporal, como el número de días desde la floración. Los de tipo físico son el color de la piel y la pulpa, llenado del fruto, peso, tamaño (figura 8), facilidad de abscisión o retiro del fruto, firmeza y textura (Gallo, 1997). Los de tipo fisiológico más utilizados son rendimiento de jugo, contenido de sólidos solubles y acidez. Existen también parámetros de tipo químico, como el contenido de sólidos solubles totales, acidez total y pH. Estos últimos se obtienen con pruebas destructivas que requieren de un equipo o instrumento de medición (figura 9), y aunque son confiables, todavía no son de fácil acceso para los productores. Entre todos estos indicadores, el color de la piel es posiblemente el más utilizado para determinar la madurez de la mayoría de las frutas. Finalmente, es importante tener en cuenta que los indicadores son influenciados por diversos factores, como variedad, clima, y prácticas culturales como fertilización y riego. Por esta razón, es recomendable utilizar al menos dos indicadores de madurez.



Figura 8. Indicadores de madurez en mango. a. Días desde la floración; b. Formación de hombros y tamaño; c. Color.

Fotos: María Cristina García Muñoz, y Marco Antonio Cárdenas Soler

Para el caso del mango, en particular para algunas variedades, el color de la cáscara o piel no es confiable, pues las coloraciones de las diferentes variedades abarcan gamas amarillas, naranjas y rojas, y en la mayoría el cambio del color de la cáscara no está asociado a la madurez. En algunas variedades, el tamaño y el color de las lenticelas pueden ser un indicador de madurez, ya que se hacen más evidentes conforme madura el mango, como en la variedad Kent. La firmeza es un buen indicador ya que disminuye a medida que el mango madura. Aunque existen instrumentos apropiados

para determinar este valor de forma precisa y objetiva, la prueba se puede hacer de forma manual. Aquí la capacitación del cosechador ayuda a reducir el grado de subjetividad y constituye un indicador práctico y confiable.

Los indicadores químicos son más confiables que los físicos o temporales, pero requieren establecer o conocer los valores de referencia de cada variedad, ya que algunas son más dulces o más ácidas que otras en los mismos estados de madurez y esto impide generalizar. Así, mientras que en variedades como Kent y Tommy se recomiendan valores mínimos de sólidos solubles de 14 °Bx, para cosecha, existen variedades criollas que no alcanzan estos valores ni en el estado de mayor madurez (figura 9).

Según lo anterior, para el mango se recomiendan el llenado de los frutos y la formación de los hombros como los indicadores de madurez más prácticos y confiables. Se pueden combinar con otros indicadores, como días desde la floración o color de piel en la zona del ápice. Entre las pruebas destructivas, el color de la pulpa, la firmeza y el contenido de sólidos solubles son buenos indicadores, aunque resultan menos prácticos que los no destructivos, antes mencionados.

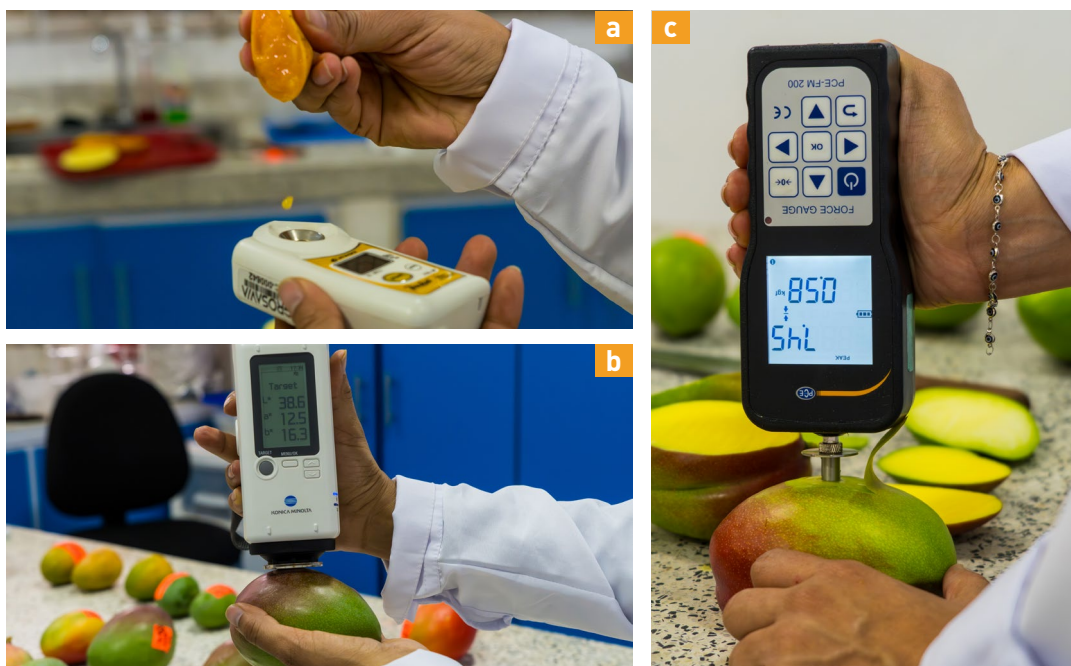


Figura 9. Instrumentos para determinar indicadores de madurez de manera objetiva.
a. Medidores de sólidos solubles totales; b. Color; c. Medidores de firmeza.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

El mango es un fruto climatérico y esto permite una banda más ancha de estados de madurez para cosecha. Sin embargo, un fruto cosechado homogéneo en cuanto a estado de madurez, tamaño y variedad, reduce su manipulación, facilita la logística de acondicionamiento y distribución, favorece su conservación y disminuye las pérdidas.

Una vez identificados los requisitos de mercado, la distancia al mismo, las vías de comunicación, la ruta, y fijadas las características que el fruto debe tener para su cosecha, se visita el lote y se determina el volumen o cantidad aproximada disponible para cosechar (García Muñoz et al., 2024). Con esta información ya se puede hacer una buena planificación para llevar a cabo las actividades de acondicionamiento, transporte y distribución hacia los mercados de destino, de manera adecuada y con la menor cantidad de daños.

Planificación de cosecha

Para iniciar este proceso, es importante que el responsable conozca muy bien las variedades cultivadas, los indicadores y el proceso de madurez del fruto, y la logística para su acondicionamiento. Esto permite hacer una buena planificación de la cosecha y llevarla adelante de manera eficiente y eficaz.

Conocer los indicadores de madurez de las variedades es un reto para los encargados de la cosecha. La figura 10 ilustra las diferencias en variedades, tamaño, forma y color que se pueden encontrar en los lotes de producción. Gran parte del éxito en la reducción de pérdidas en las cadenas de abastecimiento está en cosechar la fruta de la variedad requerida en el momento adecuado, de manera que al llegar al mercado satisfaga los requisitos de tiempo, madurez, sanidad y calidad.

La cosecha se planifica después de determinar el volumen aproximado de fruta disponible. La planificación inicia con el cálculo de la cantidad de personal, contenedores o recipientes de cosecha (canastillas plásticas, cajas de cartón), escaleras, herramientas (tijeras, gambias) e insumos (yodo agrícola, Mertec) que se requieren.

Las recomendaciones para una adecuada planificación de la cosecha se resumen a continuación (García Muñoz, 2008):

- **Alistar el personal.** Se debe asegurar que se contará con el personal suficiente para hacer la cosecha en el tiempo establecido (si será en una mañana, en uno o dos días). Antes de iniciar, la cuadrilla de



trabajadores debe ser instruida sobre las características que la fruta debe presentar, así como sobre el método de cosecha y los cuidados para evitar causarle algún tipo de daño al producto. Hay que poner énfasis en la importancia de esta tarea para asegurar la calidad y la vida útil de la fruta.



Figura 10. Variedades de mango en las que se observan sus diferencias en forma, tamaño, color y estado de madurez.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

- **Alistar los elementos y herramientas requeridas de cosecha.** Se debe tener al menos la cantidad mínima de elementos para la cosecha y deben estar en buen estado. Las herramientas de corte incluyen tijeras, gambias (utilizadas para cosechar frutos fuera del alcance de la mano), además de escaleras, contenedores de cosecha y empaques de comercialización. Las herramientas deben tener filo y es importante que todos los elementos en contacto con la fruta estén limpios y desinfectados (figura 11).
- **Preparar la solución para desinfectar periódicamente las herramientas de corte.** Estas soluciones pueden ser a base de tiabendazol, yodo agrícola o cloro en concentraciones cercanas al 0,5 % (García Muñoz et al., 2024).

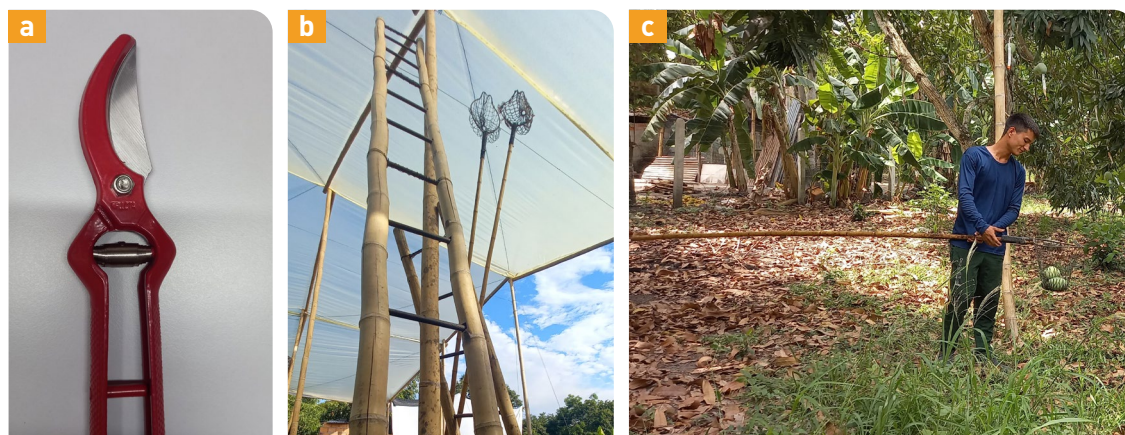


Figura 11. Herramientas de cosecha. a. Tijeras; b. Escaleras y gambia; c. Gambia con frutos cosechados

Fotos. María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

- Contenedores de cosecha.** Deben ser rígidos para soportar los esfuerzos mecánicos, como el peso de la fruta apilada, y evitar daños por compresión. Deben estar en buen estado, sin partes faltantes o cortantes que causen daño a la fruta. Sus superficies deben ser lisas, estar sin rugosidades que provoquen daños por abrasión a la fruta o que permitan la acumulación de suciedad y dificulten su limpieza y desinfección. Deben ser resistentes a la humedad y no absorber ni transferir aromas o sabores extraños (García Muñoz, 2008). El material tiene que ser de fácil limpieza y desinfección; además los contenedores deben lavarse antes de iniciar la cosecha. Los empaques de madera no son recomendados ya que absorben humedad. Tampoco se aconsejan los empaques flexibles de fibras naturales o sintéticas (figura 12) porque son difíciles de manipular y apilar. Además, no son rígidos y esto hace que la fruta contenida en ellos tenga que soportar el peso de la columna de fruta apilada encima, los impactos durante las operaciones de carga y descarga, y todos los esfuerzos propios de la manipulación durante la cadena de abastecimiento. Adicionalmente, son demasiado profundos, lo que también ocasiona daños por compresión a la fruta ubicada en la base. También permiten el contacto de la fruta con vectores contaminantes presentes en suelo y aire o en las superficies donde se deposita la fruta. Esto aumenta el riesgo de contaminación por patógenos que deterioran su calidad.
- Los empaques de comercialización deben seleccionarse de acuerdo con el tipo de producto que van a contener** (figura 13). Si los productos son pequeños o poco firmes como las bayas, se necesitan empaques de baja capacidad y en especial de baja profundidad. En el caso del

mango, se recomiendan canastillas plásticas de máximo 20 kg de capacidad. Al igual que los recipientes de cosecha, los empaques deben ser resistentes a la humedad; fáciles de limpiar y desinfectar; deben facilitar la manipulación del producto, su monitoreo y control; no deben generar ni transmitir sabores u aromas extraños; deben soportar el peso de la fruta y ofrecer una buena relación de la capacidad o peso que puede albergar con respecto al peso del empaque vacío. También deben ser resistentes a la manipulación, favorecer la ventilación del producto y un apilamiento estable y seguro.

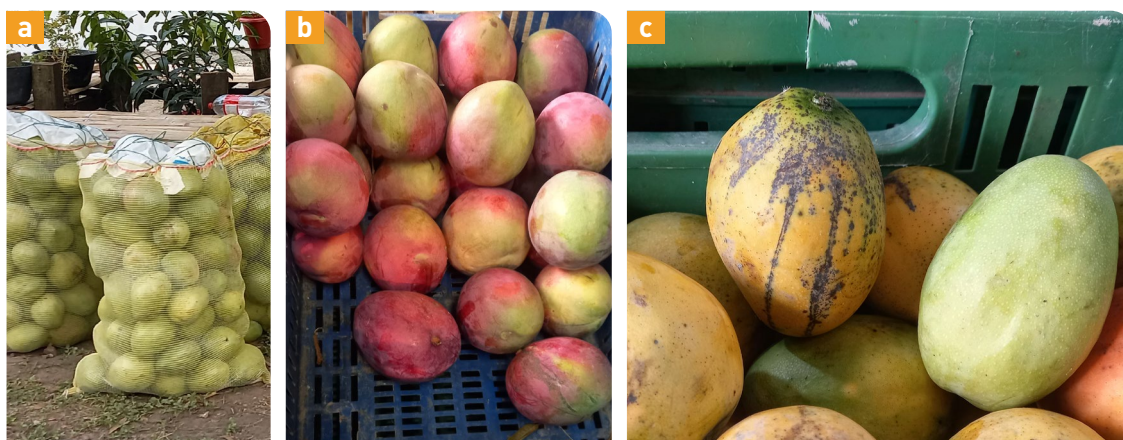


Figura 12. Empaques que provocan daños al mango. a. Empaques flexibles pueden causar magulladuras; b. Empaques rígidos de plástico sucios causan contaminación; c. Empaques rígidos rotos producen cortes y emisión de látex.

Fotos: María Cristina García Muñoz



Figura 13. Canastilla plástica recomendada para la comercialización de mango.

Foto: María Cristina García Muñoz

- **Cuarto de acopio.** Se debe contar con un lugar exclusivo y limpio para el acopio temporal de la fruta durante la jornada de trabajo o cosecha. Este lugar se usa exclusivamente para almacenar la fruta cosechada y protegerla de cualquier daño que demerite su calidad. Cualquier elemento o insumo ajeno al proceso deber ser retirado. El sitio tendrá la

capacidad de albergar toda la fruta cosechada y estará alejado de cualquier fuente de contaminación, como lugares de disposición de basuras o de aguas servidas. Debe ubicarse estratégicamente para facilitar tanto la entrada como el despacho de la fruta hacia los mercados correspondientes. El cuarto debe proteger a la fruta de la lluvia, de los rayos directos del sol y de las fuentes de contaminación transmitidas por el viento, por los animales o mascotas de la finca y por los que están en el suelo y arvenses. Por consiguiente, es importante que tenga paredes, techo, piso, estibas y puerta para controlar la entrada de personal y evitar la entrada de animales. Debe contar con una adecuada ventilación para remover el calor y así mantener la temperatura lo más baja posible, pero es importante que esta ventilación y que las ventanas estén protegidas para evitar la entrada de plagas como pájaros o insectos.

- **Contactar y asegurar un transporte adecuado.** Los vehículos de transporte deben tener carpa protectora, ventilación y estibas que protejan los contenedores de la fruta del contacto con el piso de la carrocera, pues hasta allí suben trabajadores sin desinfectar el calzado, y dejan microorganismos patógenos en el piso que pueden transferirse a la fruta. El vehículo debe estar limpio antes de cargar la fruta y no transportar ningún otro tipo de elemento o herramienta. Si transportan otros productos hortofrutícolas, deben ser compatibles en cuanto a intensidad de respiración y transpiración, producción y sensibilidad al etileno y a las bajas temperaturas, y finalmente no deben producir aromas que afecten la calidad organoléptica del mango.

Desarrollo de la cosecha

Una vez determinado el mercado de destino del producto y preparada la cosecha, se inicia el proceso. La cosecha de mango tiene algunas particularidades que es importante tener en cuenta desde el principio (Bernal E. et al., 2009; García Lozano, Abaunza & Rivera., 2017; García Lozano, Sandoval et al., 2017; Miranda-Lasprilla et al., 2020):

- Se cosecha en horas la mañana, una vez haya desaparecido el rocío, y no haber llovido en las últimas horas. La fruta se pone más turgente cuando llueve, por lo cual el látex sale con mayor velocidad después del corte, lo que aumenta el riesgo de manchado. Algunos autores indican que la afluencia de látex es mayor entre las 7:00 y 9:00 a. m. y recomiendan la cosecha fuera de esta franja de tiempo. Cosechar de acuerdo con las instrucciones dadas por el responsable, en cuanto a estado sanitario, tamaño y madurez del fruto. Así se reduce la manipulación,



se ahorra tiempo durante la selección y clasificación, y se reducen las pérdidas, pues se evita la cosecha de frutos que posteriormente no se podrán comercializar y deberán ser descartados.

- No se deben mezclar frutos con daños por plagas o enfermedades con los sanos. La enfermedad se puede dispersar a los demás frutos y con ello se incrementan las pérdidas. Las frutas con daños tampoco se deben dejar en el lote ya que allí se convierten en foco de dispersión de enfermedades o de plagas como la mosca de la fruta.
- La cosecha con tijeras (figura 14) reduce los daños en el fruto. Dado que el mango se cosecha verde o pintón, la torsión del pedúnculo para desprenderlo del árbol no resulta fácil y puede causar daño mecánico o por manchado de látex. Las tijeras evitan o reducen este tipo de daños y facilitan la cosecha, aunque es importante desinfectarlas periódicamente para evitar la dispersión de enfermedades en el lote.



Figura 14. Cosecha de mango con tijeras. a. Con pedúnculo largo; b. Con pedúnculo corto.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marlon Yeison Barreto Galeano

- Cuando los frutos están lejos del alcance de la mano se debe utilizar la gambia, herramienta que consta de una vara con una cuchilla y una bolsa o red en el extremo. Con ella se puede cortar el pedúnculo y recibir el mango en la red, para evitar que caiga al suelo y sufra daños por impacto y contaminación (figura 15). Las pérdidas de mango por explosión (que deja la pulpa expuesta) son comunes en las regiones productoras de Tolima y Cundinamarca, pues en gran parte de sus cultivos se manejan árboles de gran altura, por lo cual, si no se cosechan a tiempo, caen del árbol y se explotan. Además, se dificulta su cosecha ya que el trabajador debe escalar el árbol y con ayuda de la gambia cosechar los

frutos ubicados en la parte más alta (figura 16). Los trabajadores por lo general no utilizan ningún tipo de arnés, razón por la cual el riesgo de caída es alto, así tengan experiencia en la labor.



Figura 15. Pérdidas de mango por caída del árbol durante su cosecha o por sobremadurez.

Fotos: María Cristina García Muñoz

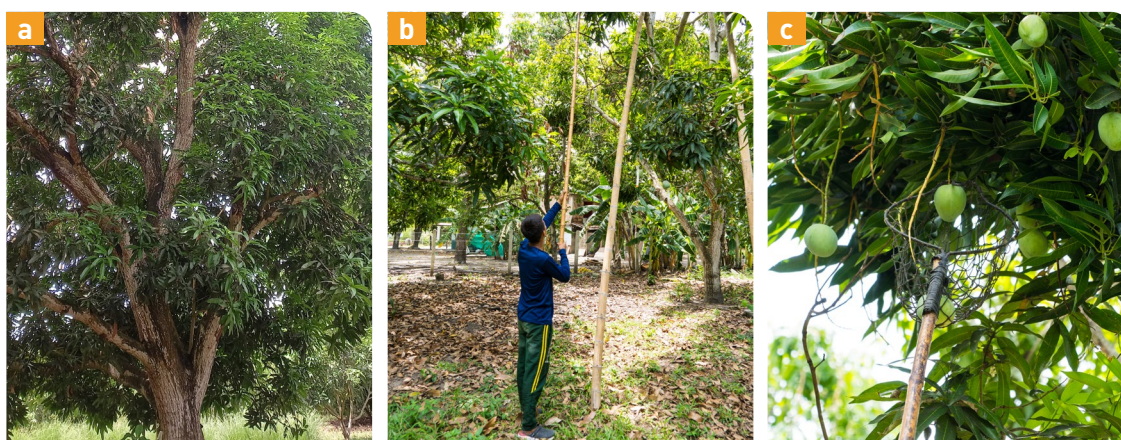


Figura 16. Cosecha de mango en árboles muy altos de variedades no mejoradas. a. Subido en el árbol y con gambia; b. Desde el suelo con ayuda de la gambia; c. Acercamiento de recolección con gambia.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

- En algunos países, cuando existe una producción alta de mango y no se encuentra al alcance de la mano, se acostumbra extender una red o malla alrededor del árbol y sujetarla a los extremos de las ramas bajas (del mismo árbol o de otros contiguos) para luego sacudir el árbol y hacer que los mangos caigan en la red. Sin embargo, en Colombia esta práctica no se utiliza y de hacerlo, se limitaría mucho la cosecha de frutos en estados tempranos de madurez, ya que en estos casos no se separan tan fácilmente del árbol.

2. Cosecha

- Entre las particularidades y dificultades que presenta la operación de cosecha está el látex que emite el fruto cuando es separado del árbol (figura 17). Esta resina se endurece y oscurece al entrar en contacto con el aire y cuando cae sobre el mango produce unas manchas que demeritan su apariencia y debilitan la cáscara, por lo cual el fruto queda más expuesto al desarrollo de plagas y enfermedades. Por lo anterior, es necesario tomar medidas para evitar que el látex manche el fruto, tanto el cosechado como el que permanece en el árbol.

Existen diferentes opciones para evitar el manchado por látex, las cuales requieren infraestructura y espacio para el drenado de esta resina y para su posterior disposición en los contenedores o canastillas de cosecha. Las diferentes opciones están determinadas por la longitud del pedúnculo con la que se corta o cosecha el mango.



Figura 17. Látex en mango que se oscurece al contacto con el aire, lo que produce manchas y debilita la cáscara.

Fotos: María Cristina García Muñoz

Si el mango se corta con un pedúnculo corto, de 2 cm o menos, se debe girar inmediatamente hacia abajo (figura 18) y disponerlo en mesas de drenado por unas horas, con el pedúnculo en dirección hacia abajo para que el látex drene sin manchar el mango. Sin embargo, si el pedúnculo remanente en el árbol queda muy largo, puede provocar daños por rozaduras en los frutos que permanecen en el árbol (figura 19) o provocarles manchas por el látex que destila.

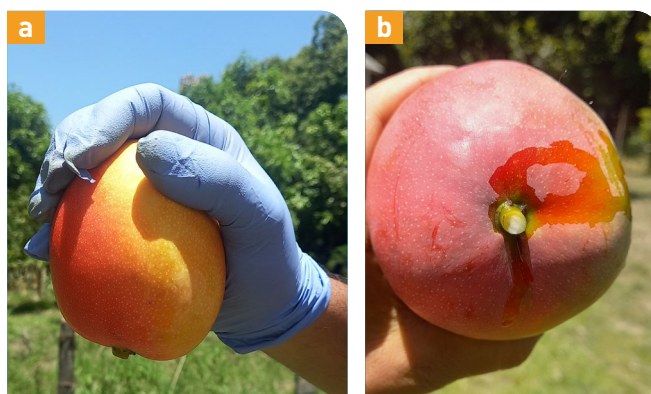


Figura 18. Cosecha del mango con pedúnculo corto y drenado de látex.
a. Girado hacia abajo para evitar mancha de látex; b. Manchado por drenaje de látex.

Fotos: María Cristina García Muñoz



Figura 19. Daños en mangos en árbol por pedúnculo remanente, por su emisión de látex o por la resina que destila el fruto cosechado.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler



Figura 20. Cosecha del mango con pedúnculo mayor de 5 cm.

Foto: María Cristina García Muñoz

Otra opción consiste en cortar el pedúnculo con una longitud mayor de 5 cm (figura 20). Con esto, la emisión del látex es lenta y permite ubicar el fruto sobre la mesa de drenado entre 4 y 20 horas, dependiendo de la variedad y hora de cosecha. Luego se recorta el pedúnculo a 0,25 cm y se dispone en la canastilla para continuar el proceso de acondicionamiento.

Una tercera opción consiste en cortar el pedúnculo desde el raquis para no afectar los mangos restantes tanto por caída del látex como por daño mecánico. El mango cosechado debe dejarse por cerca de 12 a 24 horas, en campo o en cajas de recolección, y evitar el daño entre ellos por el pedúnculo. Posteriormente el pedúnculo se corta a 0,25 cm y se puede continuar con el proceso de acondicionamiento (figura 21).

- Mientras el mango drena, debe dejarse a la sombra y sobre superficies limpias y desinfectadas para evitar que aumente su temperatura y se acelere su proceso de deterioro. Esto también impide que se contamine con patógenos del suelo o de las superficies en contacto con la fruta. Tan pronto el mango haya dejado de drenar, se pasa a las canastillas o contenedores de cosecha y se lleva al punto de acopio. En esta operación de drenado se pueden ir separando los mangos por tamaño y estado de madurez. Así se ahorra tiempo y manipulación de la fruta y se facilita el tratamiento.
- Los frutos en estado verde pueden soportar los daños mecánicos mejor que los maduros, pero si se golpean durante la cosecha, una vez maduros estos impactos se harán evidentes en forma de magulladuras que demeritan la calidad, facilitan la entrada de organismos patógenos, aceleran la respiración y transpiración y causan rápido deterioro, reducción

de precio y pérdida total. De ahí que, aun cuando los mangos se cosechen verdes, se debe procurar un manejo cuidadoso para evitar cualquier tipo de daño.



Figura 21. Cosecha del mango. a. y b. Con corte del pedúnculo desde el raquis en mangos verdes o maduros; c y d. Con corte posterior a menos de 1 cm para evitar daños entre los mangos por el pedúnculo.

Fotos: Kelly Johana Pedroza Berrío y María Cristina García Muñoz

- Los organismos patógenos están presentes en el ambiente, en las superficies de paredes y mesas, y en cualquier elemento que no esté desinfectado. También se encuentran en los mismos frutos que vienen de campo, a la espera de las condiciones que faciliten la infección del producto, para su posterior multiplicación y difusión hacia otros frutos. Es importante, por consiguiente, no causarle ningún tipo de herida a la cáscara, pues esto ocasionaría un orificio o debilitamiento en la barrera de protección del mango, por donde los patógenos podrían acceder a la pulpa y multiplicarse, ocasionando un deterioro en corto tiempo.
- Por lo anterior, el proceso de limpieza y desinfección es crucial para reducir al máximo la pérdida de la fruta por daños biológicos. Sin embargo, estas operaciones se deben acompañar de un manejo cuidadoso que reduzca al máximo cualquier tipo de herida o daño que merite la calidad. Esto es, precisamente, lo que se busca con las operaciones de acondicionamiento en la etapa de poscosecha.



3 |

Poscosecha

Esta fase tiene como objetivo mantener la calidad de la fruta cosechada desde su retiro de la planta hasta su entrega al consumidor. Incluye operaciones de acondicionamiento, transporte, distribución y comercialización. El acondicionamiento incluye selección, limpieza, desinfección, clasificación, empaque y operaciones adicionales en algunos casos, como encerado o tratamientos cuarentenarios o fitosanitarios (si los países de destino lo exigen) para el control, por ejemplo, de la mosca de la fruta.

El mango cosechado es acondicionado en la finca o en la central de empaque, aunque en el primer caso las operaciones se realizan de manera más artesanal. El objetivo es el mismo: proteger la fruta para mantener su calidad hasta la entrega al consumidor. La figura 22 presenta un diagrama de flujo de las operaciones que se llevan a cabo durante la poscosecha.



Las operaciones se presentan en el orden en que normalmente se realizan. Es decir, una vez el mango llega a la central de acondicionamiento, se recibe y selecciona, se reduce su temperatura para retardar la degradación, se lava y desinfecta. El Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas del USDA (APHIS), exige primero clasificar el mango por peso y tamaño, y someterlo a las condiciones de temperatura y tiempo establecidos en el protocolo desarrollado por la misma entidad para el control de la mosca de la fruta. Luego continuar con las demás operaciones de acondicionamiento, como encerado, empaque, almacenamiento, transporte y distribución.



Figura 22. Diagrama de operaciones poscosecha en la cadena de mango.

Fuente: Elaboración propia

Recepción

Una vez la fruta llega al centro de acondicionamiento, se debe registrar el peso, la variedad, la fecha y el lote de procedencia de la fruta, para tener una mejor trazabilidad de lo cosechado.

Selección

Consiste en separar los frutos que no son aptos para ser comercializados, por presentar defectos físicos, mecánicos, o daños biológicos o fisiológicos que puedan causar o acelerar el deterioro de los demás. Los frutos no aptos para el mercado en fresco, pero sin daños que afecten la inocuidad, se pueden destinar a procesamiento.



Preenfriamiento

Se realiza para reducir la tasa de respiración y las reacciones de deterioro de la fruta, lo que aumenta la vida útil del producto durante su almacenamiento o comercialización. Se puede utilizar aire frío con una humedad relativa de 85 a 95 % para enfriar la fruta sin causar su deshidratación. Otra opción de amplio uso consiste en sumergir el mango en agua fría. Esta alternativa ofrece una mayor velocidad de enfriamiento, evita la deshidratación del producto y tiene menor costo que el proceso con aire. Además, puede aprovecharse para hacer la limpieza del fruto, y aunque la operación exige agua potable para evitar contaminación de la fruta, esta puede tratarse con cloro y reutilizarse.

Lavado

Esta operación tiene como fin remover todo el material ajeno a la fruta, como arena, tierra adherida, residuos orgánicos (restos de ramas, hojas, insectos, papel, pelos, etc.). La remoción de estas impurezas puede hacerse mediante aspersión con agua a presión o por inmersión en tanques de agua agitados para mejorar la eficiencia (figura 23). Al agua se le puede adicionar algún tipo de detergente permitido para alimentos, para facilitar el retiro de las impurezas y con esto aumentar la eficiencia de la operación posterior de desinfección. También se recomienda adicionar alumbre (sulfato de aluminio), para remover o evitar el manchado de látex y ayudar a cicatrizar el pedúnculo. El lavado puede cumplir las dos funciones: preenfriar el mango y retirar las impurezas o suciedad. El agua utilizada para cualquier tratamiento debe tratarse con cloro para eliminar cualquier microorganismo contaminante. Se recomienda utilizar hipoclorito de sodio, de manera que la concentración en el agua sea de 10 a 20 ppm de cloro activo, y además revisar el pH para asegurarse de que esté entre 6,5 y 7,0. Para esto es útil contar con una cinta para medir el pH, que es económica y práctica.

Secado

Una vez lavadas las frutas, se pasan por máquinas secadoras para remover la humedad. Estas máquinas emplean aire caliente por un minuto aproximadamente. También se pueden utilizar rodillos de espuma que sequen el fruto y lo trasladen a la siguiente operación. Si el volumen de fruta es pequeño, se puede dejar secar al ambiente y con ventilación forzada o natural.





Figura 23. Lavado de mango.

Foto: Marlon Yeison Barreto Galeano

Clasificación

Consiste en separar los mangos en grupos de características similares, según variedad, tamaño, estado de madurez y categoría de calidad.

- **Variedad.** Los mangos para comercializar deben ser de la misma variedad a menos que se indique lo contrario en el empaque o el comercializador haya solicitado una mezcla de variedades. Esto último, sin embargo, no es recomendable, pues cada variedad puede requerir condiciones específicas de manejo y conservación, y en tal caso la mezcla acelera el deterioro de algunas variedades (figura 24).



Figura 24. Mangos clasificados por variedad y estado de madurez.

Foto: María Cristina García Muñoz y Marco Antonio Cárdenas Soler

- **Tamaño.** Los mangos, al igual que muchas otras frutas, se clasifican por calibre (figura 25). Este puede expresarse como peso, diámetro ecuatorial o como número de mangos por unidad de peso (por caja de 2 o 10 kg, por ejemplo). Cada variedad tiene su propia escala de tamaño. Algunos, como el filipino (figura 25), tienen pesos entre 600 y 1.200 g, mientras que otros como el hilacha pesan de 100 a 250 g (García Lozano, Abaunza y Rivera, 2017), de modo que los mangos grandes de variedad filipina son muy diferentes a los grandes de variedad hilacha.



Figura 25. Mango filipino en tres tamaños o calibres: grande, mediano y pequeño.

Foto: María Cristina García Muñoz y Kelly Johana Pedroza B.

- **Estado de madurez.** Los mangos se deben clasificar por estado de madurez (figura 26), ya que los maduros requieren condiciones diferentes de conservación y manejo que los verdes o pintones. Los primeros son más resistentes al frío y presentan menores tasas de respiración y transpiración, pero son más susceptibles a daños mecánicos, por lo cual, en las cajas o empaques, deberían disponerse mangos con estado de madurez similar.



Figura 26. Mango filipino en tres estados de madurez: a. Verde; b. Pintón; c. Maduro.

Fotos: María Cristina García Muñoz

- **Categoría de calidad.** Esta clasificación se realiza tomando como parámetro la ausencia o presencia de defectos. De acuerdo con esto, los mangos se clasifican como *extra*, *primera* y *segunda* (figura 27). Los mangos de categoría extra deben lucir frescos y estar limpios, enteros, bien desarrollados; con la forma, color y sabor característicos de la variedad; ser de consistencia firme, con pedúnculo de máximo 1,0 cm, exentos de humedad exterior y libres de descomposición. También deben estar prácticamente libres de defectos, aunque se permiten algunos menores que no afecten su apariencia. El tamaño no es un parámetro de calidad, pero algunos mercados tienen exigencias particulares en este sentido para la categoría extra. Los de categoría primera deben cumplir los mismos requisitos de la extra, pero admiten más defectos menores de piel, color o forma que no afecten la pulpa ni el estado general (figura 27).



Figura 27. Categorías de mangos. a. Extra; b. Primera; c. Segunda; d. Apto para procesamiento.

Fotos: María Cristina García Muñoz

Finalmente, la categoría segunda alude a todo mango que presente defectos evidentes de la piel, sin que afecten la pulpa. Se aceptan manchas, magulladuras leves, defectos de forma, quemaduras por el sol, cicatrices provenientes de daños biológicos o mecánicos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2005; Norma Técnica Colombiana [NTC] 5139:2023, 2023) (figura 27).

Es importante recalcar que la calidad no se asocia al tamaño. Puede existir un mango pequeño de calidad extra o uno grande de calidad segunda.

Tratamientos de desinfección

Este tratamiento no es tan común en el mango destinado al mercado nacional. Si luce limpio y en buen estado y se manipula de manera que se eviten o reduzcan los riesgos de daño o contaminación por microorganismos, es posible obviar esta operación y pasar directamente a la clasificación. En caso de existir riesgo o presencia de enfermedades en el lugar de producción, es recomendable realizar la desinfección. Para esto, pueden utilizarse diferentes soluciones desinfectantes disponibles en el mercado, basadas en ácidos orgánicos o en tiabendazol, y se deben seguir las recomendaciones de la etiqueta. No obstante, para el control de la mosca de la fruta, se exige el tratamiento hidrotérmico de desinfección, durante el cual el mango se somete a alta temperatura por un tiempo determinado por el tamaño y la forma del fruto, y de acuerdo con el protocolo establecido por el APHIS (tabla 5). Este tratamiento es requisito para acceder al mercado de Estados Unidos y a todos aquellos países libres de mosca de la fruta, y también es efectivo contra la antracnosis.

Tabla 5. Protocolo hidrotérmico establecido por la APHIS USDA para el control de la mosca de la fruta en mango

Forma del mango	Peso fruta (g)	Tiempo requerido (min)
Redondeado	≤500	75
	501-700	90
	701-900	110
Plano	≤375	65
	376-570	75

Fuente: National Mango Board (2010)



Se recomienda añadir un funguicida (tiabendazol, benomilo, imazalil, procloraz) en combinación con el tratamiento hidrotérmico.

En esta operación también es importante el manejo cuidadoso para no golpear el mango, dañar sus lenticelas o causar magulladuras, entre otros posibles daños. Una vez lavado y desinfectado, el agua remanente debe ser retirada dejando escurrir la fruta en condiciones ambientales o con ventilación forzada.

El enfriamiento del mango no debe ser inmediato, sino a temperatura ambiente o máximo a 21° C en las primeras 24 horas. Después de este tiempo, sí se puede enfriar hasta 13° C para no causarle daños por frío.

Encerado

Esta es una práctica muy común en cítricos que se ha extendido a otros frutos, dadas las ventajas que ofrece con una buena relación beneficio-costos. La operación tiene como fin recuperar la protección que ofrece la cera natural de las frutas, que se pierde por excesiva manipulación durante la cosecha y poscosecha, especialmente en el lavado. La cera recupera la protección contra la deshidratación, reduce la intensidad respiratoria, mejora el brillo y la presentación, y, por ende, aumenta la vida útil del fruto, así como su valor.

Existen ceras naturales y sintéticas que pueden aplicarse a los frutos, con la misma función que la cera natural que usualmente las recubre. Las naturales tienen una base de resinas o ceras, como laca y carnauba, mientras que las sintéticas son a base de polietileno (López Ciro, 2001).

Es importante seleccionar el tipo de cera más adecuado, el espesor y las condiciones de aplicación. El espesor determina el grado de protección de la fruta, así como la permeabilidad al vapor de agua, y al dióxido de carbono y oxígeno, que son los gases de respiración. Es necesario conocer el efecto de la cera y sus condiciones de aplicación sobre la intensidad respiratoria y de transpiración. Aunque se busca reducir la velocidad de estos dos procesos, no se deben eliminar completamente, ya que esto también conduciría a la fermentación o muerte de los tejidos, que igualmente demeritarían la calidad del producto y aumentan las pérdidas. La cera se aplica de manera homogénea sobre toda la superficie del fruto y luego se seca, para evitar que se caiga durante la manipulación y pierda su efectividad. Este secado se puede hacer con aire forzado a temperatura ambiente, a la sombra y en ambientes protegidos para evitar la exposición del fruto a condiciones adversas como alta temperatura, lluvia o fuentes de contaminación.



Empaque

Finalmente, la fruta se empaqueta en contenedores rígidos, de paredes lisas, no muy profundos, con ventilación, de fácil limpieza, desinfección y apilamiento. Así el fruto estará protegido de daños mecánicos por compresión, cortes o abrasión. Los contenedores deben permitir la remoción del calor y los gases de respiración para controlar el proceso de deterioro. Los empaques facilitan la manipulación, el monitoreo del producto y su clasificación por variedad, estado de madurez, categoría de calidad, tamaño o cualquier otro parámetro exigido por el mercado (figura 28). Los empaques no se sobrellenan para evitar daño de los frutos durante el apilamiento. Aunque el mango verde o pintón es más resistente, los daños ocasionados por inadecuada manipulación se harán igualmente evidentes con el tiempo. Se recomienda el uso de contenedores rígidos de baja capacidad, que protejan la fruta de estos daños mecánicos y además faciliten su manipulación, monitoreo y control.



Figura 28. Empaques de mango que facilitan la clasificación.
a. Por variedad; b. Por estado de madurez; c. Por categoría de calidad.

Fotos: María Cristina García Muñoz

Las cajas de madera, aunque han mejorado su diseño y ahora se fabrican con madera pulida, son difíciles de apilar de manera estable y absorben humedad, lo cual limita su lavado, desinfección y secado para ser reutilizadas. Se usan más para exhibición del mango destinado a comercialización que para transporte o almacenamiento.

Entre los contenedores rígidos, las cajas de cartón y de plástico son una buena opción y se usan a menudo para manipulación y comercialización de frutas ya que las protegen de cualquier tipo de daño mecánico. Además, son estables, ofrecen ventilación, facilitan el monitoreo, seguimiento y manipulación, y presentan una buena relación entre el peso que pueden soportar o transportar y el peso del empaque vacío. Las cajas plásticas tienen la ventaja de que se pueden limpiar y desinfectar para reutilizarlas, mientras que las de cartón usualmente son de un solo uso, aunque tienen la ventaja de ser biodegradables.

Para la comercialización, se recomiendan cajas de 10 kg de capacidad en mangos maduros o pequeños. Un mango maduro no puede empacarse en cajas profundas o muy grandes ni en contenedores flexibles. Los mangos verdes son más firmes y soportan mayor peso, sin sufrir daños por compresión, pero igual tienen un límite. Se pueden empacar en contenedores de hasta 20 kg de capacidad. En la figura 28c, se observa un mango que podría estar en categoría extra, pero que es clasificado de primera o segunda, lo que disminuye el precio pagado al productor, y esto debido a prácticas inadecuadas de cosecha y poscosecha, como golpes, escurrimiento de látex o pedúnculos largos, los cuales dan lugar a daños como cortes, magulladuras, abrasión o manchas.

En el mango para exportación, la caja de cartón es la recomendada, con frutos extendidos en una sola capa. Debe llevar la información básica en la etiqueta, como naturaleza del producto (variedad, envasador), identificación del exportador/ensavador, país y región de origen, y descripción comercial como calibre y peso neto en kilogramos. No obstante, se recomienda consultar la GTC 61:2024 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], 2024), documento guía sobre empaques o envases para frutas y hortalizas, a fin de determinar el empaque recomendado de acuerdo con el mercado de destino.



Transporte

Esta es una de las etapas de mayor importancia en la conservación de la calidad del mango y de cualquiera de las frutas (figura 29), por lo cual se recomienda:

- Programar esta actividad con la debida antelación para evitar demoras en el proceso de acondicionamiento y abastecimiento de la fruta y no exponerla a tiempos prolongados sin mayor protección. Esto significa contratar o asegurar la disponibilidad del vehículo a la hora justa, así como programar la ruta y conocer su estado, para evitar demoras o exposición a condiciones adversas por tiempos prolongados.
- Usar estibas para evitar el contacto de los contenedores con el piso de la carrocería, ya que puede estar contaminada con las botas de los operarios que cargan la fruta al vehículo.
- Limpiar o lavar la carrocería y cualquier elemento o superficie en contacto con la fruta.
- Programar la carga para que la fruta destinada a mercados más distantes se cargue primero, ya que será la última en descargarse.



Figura 29. Transporte de mango sin protección contra la lluvia o los rayos de sol.

Foto: María Cristina García Muñoz

- Transportar en las horas más frescas del día, a primera hora de la mañana o en las últimas de la tarde, y según la hora acordada de entrega en el mercado.
- Proteger la fruta de los rayos directos del sol, la lluvia, y facilitar su ventilación para evitar el aumento de la temperatura (figura 29) y el consecuente incremento de los procesos de respiración que aceleran su deterioro, y que además producen manchas en la cáscara que demeritan su apariencia.
- Llevar a cabo las operaciones de carga y descarga cuidadosamente para no golpear la fruta ni causarle daños mecánicos que produzcan magulladuras o cortes, demeriten su calidad y faciliten la infección por patógenos.



Figura 30. Transporte de mango con personal.

Foto: María Cristina García Muñoz

- Asegurar muy bien las pilas para evitar su caída durante el transporte. Instruir al conductor sobre el producto que lleva y los cuidados que requiere. Pedirle que evite los giros bruscos, que pueden ocasionar la caída de las pilas; que conduzca a baja velocidad por las carreteras terciarias principalmente o por cualquier vía sin capa de rodadura, para evitar la vibración de la carga y con ello daños por abrasión entre los frutos.
- Evitar estacionar el vehículo en lugares donde la carga quede expuesta a los rayos directos del sol.
- No transportar la fruta junto con otro tipo de productos hortofrutícolas que no sean compatibles y puedan transferirle aromas o sabores, ni permitir el transporte de personal junto con la carga (figura 30). Tampoco transportar la fruta con elementos ajenos como herramientas, materiales de construcción, insumos agropecuarios y otros.

Idealmente, estas operaciones deberían ser manejadas por empresas especializadas o al menos por personal capacitado. Sin embargo, esto no es común en el país y, en consecuencia, el manejo de la carga y descarga suele ser brusco, el apilamiento inestable en algunas ocasiones, el vehículo y la carga a menudo se exponen a condiciones adversas por tiempos prolongados, y la fruta se transporta con otro tipo de elementos.

Si no se cuenta con servicio especializado, al menos se debería capacitar al personal para mejorar el servicio y reducir las pérdidas.

Almacenamiento

Aunque en Colombia el almacenamiento no es común, dada la alta rotación del mango en la temporada de producción y la existencia de productos que lo pueden remplazar en época de escasez, no es usual el almacenamiento. Sin embargo, cabe anotar que el mango es un fruto climatérico y sensible al frío que requiere condiciones de temperatura estables y superiores a 12 °C, preferiblemente 13 °C, con una humedad relativa de 85 a 90 %. Bajo estas condiciones, puede alcanzar tiempos de vida útil de 2 a 3 semanas, siempre y cuando no presente ningún tipo de daño al entrar al almacén. Temperaturas inferiores producen daños como oscurecimiento de la pulpa, picado de la cáscara y mal sabor. Algunas variedades pueden ser más o menos resistentes al frío, por lo cual también es recomendable informarse sobre las condiciones apropiadas de la variedad de interés. En general, los frutos maduros resisten mejor el frío.

En la gran mayoría de países exportadores e importadores es común el almacenamiento bajo atmósferas modificadas o controladas. Para estos casos se recomiendan atmósferas de 5 a 10 % de CO₂ y de 3 a 5 % de O₂, combinadas con temperaturas de 13° C, con tiempos de vida útil de 2 a 3 semanas (Cantwell & Suslow, 2002).

Comercialización

En los comercios mayoristas y minoristas es importante minimizar los tiempos de descarga y disposición del producto en el lugar adecuado, tanto en la bodega de almacenamiento como en las góndolas donde se acomoda para exhibición. De esta forma se evita exponerlo a condiciones adversas de temperatura, humedad y vectores de contaminación. Cuando llega al comercio, el fruto debe inspeccionarse para determinar su calidad, ya sea para retroalimentar al transportador, ya sea para tomar medidas de conservación y minimizar



pérdidas. Disponer los frutos en un lugar limpio y ventilado, y no exponerlos a temperaturas altas o bajas. Los frutos muy verdes pueden dejarse en la bodega de almacenamiento, expuestos a temperatura ambiente o de 18 a 21° C para favorecer su maduración, o de 13° C para reducir su velocidad de maduración. No dejarlos cerca de sitios de carga y descarga, porque allí la cantidad de dióxido de carbono es alta y esto afecta la intensidad respiratoria y el aroma. Si se quieren madurar rápidamente, se pueden almacenar o exhibir junto con maracuyá, papaya, aguacate, uchuva o banano, frutos que producen etileno y aceleran el proceso de maduración.

Asegurarse de que las góndolas estén limpias y desinfectadas para garantizar ausencia de plagas. Los frutos maduros o que presentan daños como magulladuras no deben dejarse al fondo de las góndolas sino en la superficie, para que puedan venderse pronto y no ocurran daños mayores. Es importante no dejar los frutos presionados contra las paredes de la góndola, porque esto ocasiona magulladuras y cortes (figura 31a), y los que tengan algún daño biológico no deben exponerse junto con los sanos. Los mangos no deberían organizarse en pirámides, pues esta presentación no permite a los consumidores un fácil acceso a los frutos para observarlos bien, y además se corre el riesgo de que la pila se caiga cuando alguien quiera tomar una unidad de la mitad de la pirámide (figura 31b). Es mejor organizarlos en formaciones menos altas y más estables (figura 31c). Los frutos más grandes y verdes deben ir abajo y encima los pequeños y maduros.

No se deben exponer a los rayos directos del sol, para evitar las machas por sol, y el aumento de temperatura y de la intensidad respiratoria, lo que acelera los procesos de degradación.

Dado que el abastecimiento no se hace todos los días y muchos de los puntos de comercialización no cuentan con bodegas adecuadas para el almacenamiento del mango, es importante tener presente la rotación del producto, para comprar justo lo que se necesita con un pequeño margen y no tener que almacenar el mango con productos no compatibles o bajo condiciones de temperatura y humedad inadecuadas.

Se debe inspeccionar periódicamente la fruta para observar su estado y retirar la que tenga daños por plagas y enfermedades. Se recomienda tener termómetros en estos lugares de exhibición para un mayor control de las condiciones de la fruta en las góndolas, utilizar nebulización o ventilación y evitar bombillos o fuentes de calor cerca.



3. Poscosecha

Se aconseja ubicar la fruta clasificada por variedad, categoría de calidad, o al menos por estado de madurez y tamaño. Así se reduce la manipulación por parte de los consumidores, y se disminuyen los daños por magulladuras, cortes y contaminación.

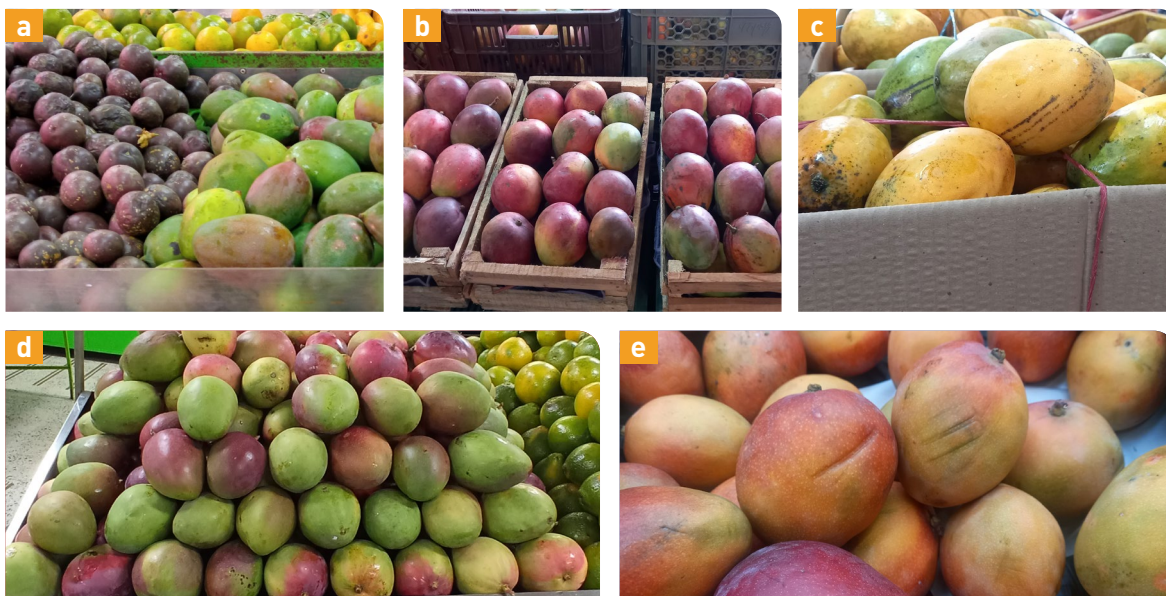
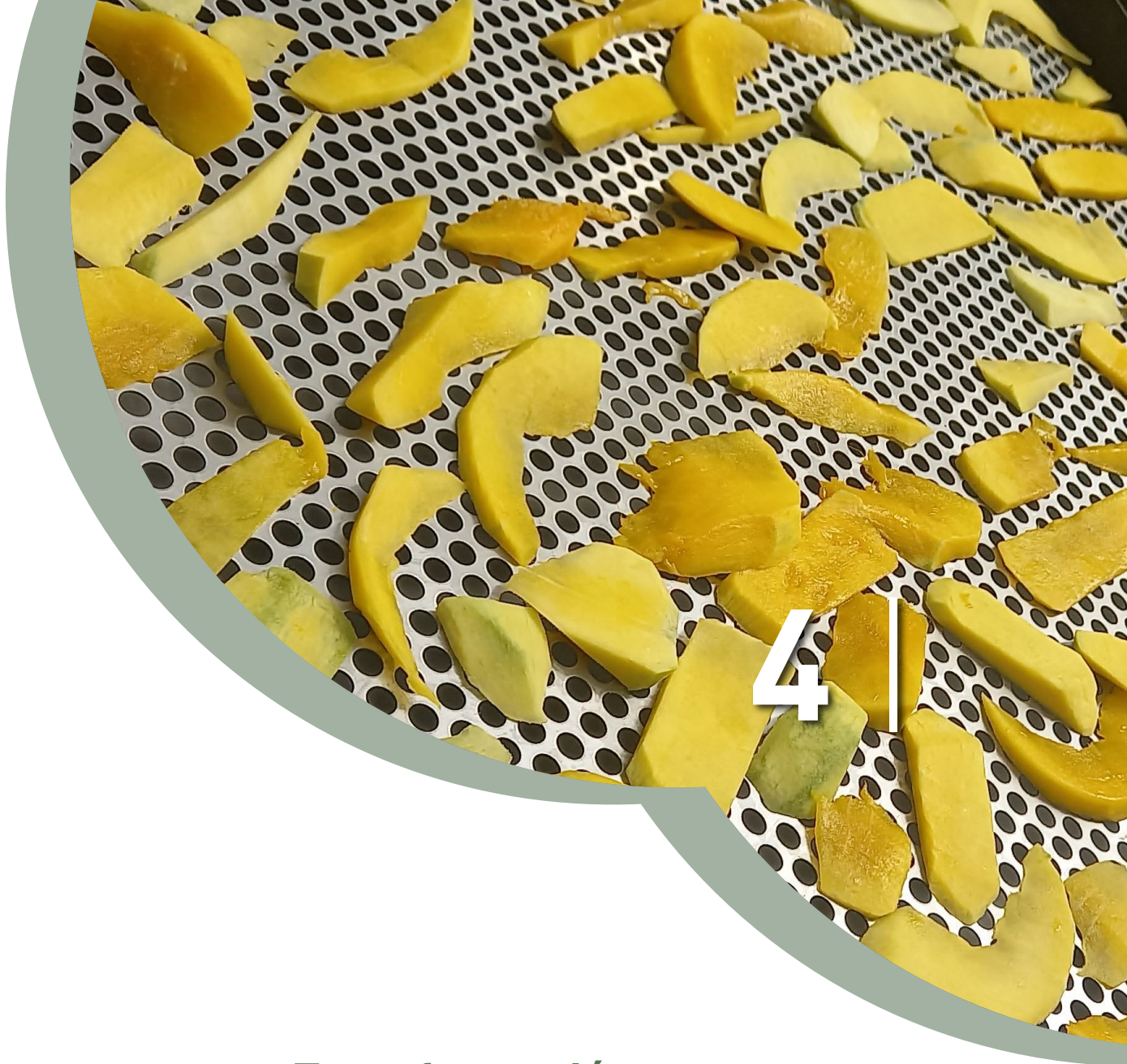


Figura 31. Calidad y disposición del mango encontrado en diferentes mercados tipo fruver. a. Mangos distribuidos de manera homogénea en la góndola; b. Mangos en cajas de madera; c. Mangos exhibidos en caja de cartón; d. Mangos dispuestos en pirámides en las góndolas, con mayor riesgo de daños. e. Daños mecánicos ocasionados por tallado debido a inadecuada disposición en la góndola.

Fotos: María Cristina García Muñoz



Transformación

El mango es una fruta muy apetecida por su aroma, color, sabor y textura, pero su alto contenido de agua y azúcares y su bajo contenido de ácidos, todo esto sumado a su alta intensidad respiratoria, lo hacen un fruto perecedero, es decir, de corta vida útil. Debe ser comercializado rápidamente y manipulado cuidadosamente para no causarle heridas o daños que aceleren su deterioro, y en lo posible someterlo a tratamientos de conservación que extiendan su vida útil. Aunque existen diferentes métodos de conservación, el bajo precio que alcanza en los picos de producción no hace viable estos tratamientos y ni siquiera justifica la cosecha del fruto, por lo cual las pérdidas son muy altas.



Esta situación provoca altas pérdidas. Los mangos no solo corren el riesgo de sufrir daños que impiden su comercialización en fresco, sino que algunos simplemente no se cosechan porque los costos no son cubiertos por el precio pagado al productor. Ante esto, la transformación se convierte en una alternativa para reducir pérdidas y valorizar la producción. El mango se puede transformar en una gran cantidad de productos con diferentes características, presentaciones, procesos de obtención, pero ante todo con mayor vida útil y mayor valor. Esto permite ofrecer un amplio abanico de posibilidades para su comercialización y reducir pérdidas poscosecha que pongan en riesgo la sostenibilidad de la cadena.

El procesamiento de alimentos es uno de los sectores más estratégicos de la industria alimentaria. Les da valor agregado a los productos, aumenta su vida útil, conserva su calidad y disponibilidad, y reduce las pérdidas poscosecha. Así mismo, se ha avanzado en innovación de procesos de producción, en desarrollo de productos y en tecnologías más eficientes y sostenibles, como respuesta a la alta demanda de consumo de productos mínimamente procesados, saludables y funcionales. Las frutas son una importante fuente de nutrientes esenciales, de compuestos bioactivos y de fibra dietética (Slavin & Lloyd, 2012). Sin embargo, tienen periodos cortos de vida útil para consumo en fresco. Esto hace necesario buscar alternativas de transformación agroindustrial que permitan tener una oferta constante a lo largo del año y contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta tropical de alta demanda en el mundo por su jugosidad, sabor exótico y valor nutricional. Es fuente de vitaminas, minerales, polifenoles, aminoácidos, y compuestos funcionales y aromáticos de gran atracción para los consumidores (Lebaka et al., 2021). Aunque la participación de Colombia en las exportaciones de mango son bajas, sus volúmenes anuales de exportación han aumentado 39,6 % (Asociación Nacional de Comercio Exterior [Analdex], 2024). Actualmente, en el mercado se encuentran variedades criollas como los mangos común, mariquiteño, chancleto, azúcar, filipino y manzano, así como variedades mejoradas, conocidas como “mangos de mesa”, como los Tommy Atkins, Yulima, Kent y Keitt. Estos mangos se producen en el país de manera estacional, razón por la cual las pérdidas son muy altas en los meses de alta producción, cuando se rechaza bastante fruta pese a tener buena calidad, porque la demanda no puede absorber toda la oferta. Por lo anterior, es necesario ampliar el mercado, buscar otras formas de presentación de mayor valor y vida útil, más llamativas para los consumidores y con una oferta más estable a lo largo del año. En este capítulo se presentan diferentes productos procesados de mango, desde los mínimamente procesados hasta los más elaborados, a fin de



ofrecer una amplia gama de posibilidades para todos los gustos, capacidades e intereses, que contribuyan a fomentar y potenciar la agroindustria del mango.

Alternativas agroindustriales del mango

El mango es una fruta multifuncional, se consume en fresco, verde o maduro, en diversas presentaciones, con otras frutas o en ensaladas, deshidratado para consumo directo o como parte de otras preparaciones o productos, y también se puede transformar en jugos, néctares, postres, salsas, mermeladas, entre muchas otras presentaciones, que se pueden producir en todo tipo de escala, desde la familiar hasta la industrial, y que son del gusto de la gran mayoría de población, sin distinción de género, edad, cultura. En cualquier proceso o preparación, sin importar la escala, se deben llevar a cabo operaciones básicas de *acondicionamiento* o preparación del mango para su transformación. Las operaciones de acondicionamiento son recepción, selección, lavado, desinfección y clasificación. A continuación, se describe cada una.

- **Recepción.** Al igual que en el acondicionamiento para el mercado en fresco, aquí se debe recibir la fruta, pesarla e identificar la variedad y las demás características que permiten tener una trazabilidad. Lo anterior incluye la finca o lote de origen, la fecha de cosecha y la hora de llegada.
- **Selección.** La materia prima proveniente de la cosecha es inspeccionada para remover de la línea de proceso la que tenga daños que afecten la inocuidad y sea inviable para el procesamiento.
- **Clasificación.** En esta etapa, la fruta se separa en grupos según su estado de madurez, ya que la mezcla de variedades dificulta la estandarización del producto y del proceso. Cabe recordar que los frutos sobremaduros aumentan el riesgo de deterioro y disminuyen la vida útil. En algunos casos es útil la clasificación por tamaño puesto que la homogeneidad permite estandarizar las condiciones de operación así como los equipos de procesamiento.
- **Lavado.** En esta operación se elimina cualquier tipo de elemento extraño, suciedad, polvo, insectos adheridos al fruto. Es recomendable usar agua mezclada con hipoclorito (por cada litro de agua se adicionan 20 mL de hipoclorito comercial).
- **Desinfección.** En este proceso, se busca reducir la carga microbiana presente en la cáscara y evitar la propagación de enfermedades que



puedan pasar a la pulpa. La fruta lavada se sumerge en una solución de tiabendazol al 0,05 % o en soluciones a base de ácidos orgánicos para la desinfección (García et al., 2024). Además, como la cáscara se utiliza en algunos procesos, también se debe garantizar su inocuidad.

Estas son las operaciones de acondicionamiento del mango necesarias para cualquier proceso de transformación. Por lo tanto, no se describirán nuevamente cuando se aborden los diferentes procesos en los que toman parte. Solo se mencionarán en el diagrama de operaciones correspondiente a cada uno de los productos procesados descritos.

Trozos de mango

Este es uno de los productos que clasifican como alimentos mínimamente procesados. Se obtienen de frutas enteras sometidas a cambios físicos y que conservan la frescura y las propiedades fisicoquímicas (Melo & Quintas, 2023).

El mango en trozos es un producto de fácil preparación que requiere cuatro operaciones adicionales al acondicionamiento: pelado, deshuesado, troceado y empaque. En las figuras 32 a 34 se describen las operaciones para obtener trozos de mango.



Figura 32. Diagrama de flujo para producción de mango en trozos.

Fuente: Elaboración propia

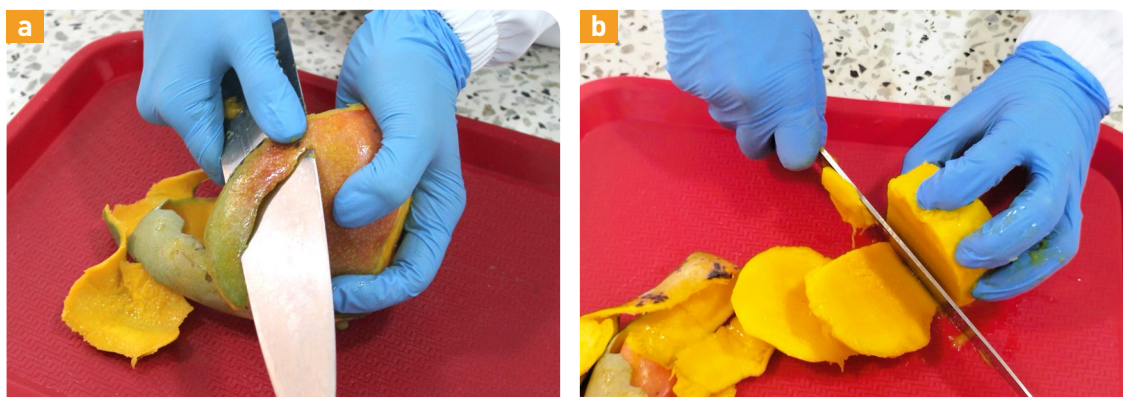


Figura 33. Acondicionar el mango para su procesamiento. a. Pelado; b. Deshuesado.

Fotos: Kelly Johana Pedroza B.

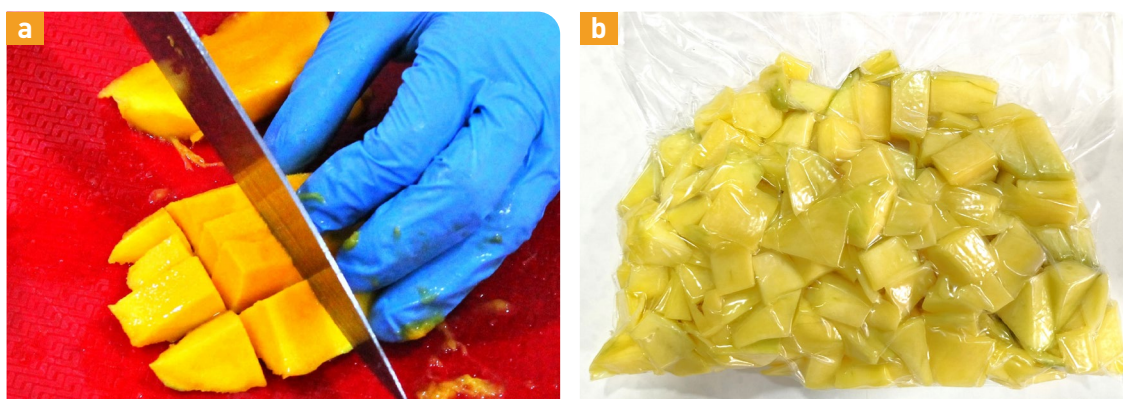


Figura 34. Preparación de mango en trozos. a. Corte de pulpa ; b. Trozos empacados al vacío.

Fotos: Kelly Johana Pedroza B.

Pulpa

La pulpa es uno de los productos procesados más comunes en el mercado. Tiene una demanda importante por la flexibilidad que ofrece para preparaciones como jugos, mermeladas, salsas, etc. El Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud, 2013) la define como el “producto obtenido por la maceración, trituración o desmenuzado y el tamizado o no de la parte comestible de las frutas frescas, sanas, maduras y limpias”.

La pulpa se obtiene a partir de frutos maduros, principalmente de variedades con alto contenido de fibra y sólidos solubles. En el diagrama de flujo de la figura 35 se indican las operaciones para obtener pulpa en el orden en que se deben llevar a cabo y luego se describe cada una.



Figura 35. Diagrama de flujo para producción de pulpa de mango.

Fuente: Elaboración propia

- **Acondicionamiento.** Integra los procesos de selección, clasificación, lavado y desinfección descritos anteriormente.
- **Escaldado.** Pretratamiento que garantiza la inocuidad. Ablanda la fruta e inactiva enzimas, las cuales pueden afectar color, aroma y textura. El escaldado se realiza en tanques de acero inoxidable; en ellos se calienta agua a 85 °C y se sumerge la fruta durante 10 a 15 minutos. Una vez terminado el escaldado, se reduce la temperatura con agua potable hasta que la fruta alcance la temperatura ambiente.

68



Figura 36. Despulpadora semiindustrial.

Foto: Kelly Johana Pedroza B.

- **Despulpado.** El mango escaldado se lleva a la despulpadora, equipo que separa la pulpa de la cáscara y el hueso o semilla. La despulpadora está compuesta por una tolva, un eje central con aspas y un tamiz de malla intercambiable para el despulpado de frutas con semillas de diferentes tamaños (figura 36). Las despulpadoras semiindustriales pueden procesar máximo 50 kg de fruta por hora. Para el mango se recomienda un tamiz o malla de 10 mm ya que así se consigue una textura suave.
- **Tamizado.** La pulpa se pasa por un colador de acero inoxidable y posteriormente se homogeniza en una licuadora industrial para garantizar que no se formen grumos.
- **Desairado.** Con esta operación se busca eliminar el aire que haya sido absorbido por la pulpa, pues el oxígeno del aire puede producir mucha espuma en las operaciones de empaque, y afectar el color y el contenido nutricional y funcional de la pulpa. Un calentamiento suave elimina el aire.

- **Pasteurización.** Favorece la conservación del producto al inactivar los microorganismos que hayan entrado durante los procesos productivos. Esto contribuye a mantener la calidad y la vida útil. Para lograrlo, la pulpa se somete a un calentamiento de 72 °C durante dos minutos (Barrón et al., 2021).
- **Empaque.** La pulpa pasteurizada se deja enfriar y una vez alcanza la temperatura ambiente, se almacena en bolsas de polipropileno con cierre hermético. Se recomiendan bolsas de calibre 2 para que soporten la baja temperatura y la manipulación propia de la cadena de distribución y comercialización.
- **Almacenamiento.** El producto se debe almacenar en cámaras de congelación que mantengan temperaturas de -18 a -24 °C.

Mermelada

Según Minsalud (2013), la mermelada es una

pasta de fruta semisólida para untar, preparada a partir de frutas enteras, pulpa de fruta, jugos concentrados de fruta, que puede contener trozos de fruta y/o piel, sometida a procesos de calentamiento y evaporación, adicionada de azúcar o edulcorantes calóricos o no calóricos o la mezcla de estos, con o sin adición de pectinas y aditivos permitidos en la legislación colombiana vigente. (p. 5)

La figura 37 indica cada una de las operaciones requeridas para elaborar mermelada, en el orden en que deben llevarse a cabo. El proceso es similar al de la pulpa (figura 35). La diferencia es que en la mermelada se añaden los pasos de cocción y envasado.

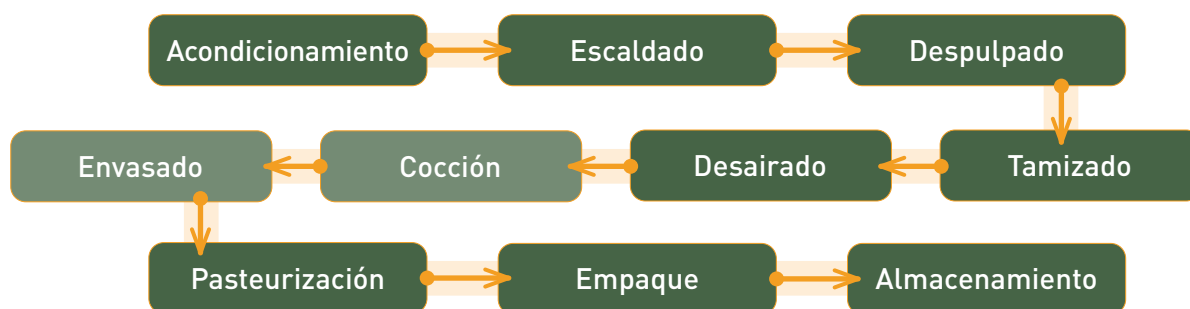


Figura 37. Diagrama de flujo para producción de mermelada de mango.

Fuente: Elaboración propia

Las materias primas necesarias para elaborar la mermelada son pulpa de mango, azúcar refinada, gelificante, acidulante, antioxidantes y conservantes. Los primeros dos son los componentes principales de la mermelada; el gelificante mejora la textura y aumenta la consistencia, y las tres últimas mejoran el sabor y aumentan la vida útil. A continuación, se describe de manera resumida cada una de estas operaciones con énfasis solamente en las operaciones de cocción y envasado, que son nuevas con respecto al proceso de la pulpa.

- **Acondicionamiento.** Integra los procesos de selección, clasificación, lavado y desinfección.
- **Despulpado.** Como su nombre lo indica, es la acción de la que se obtiene la pulpa. Se separa de la cáscara y del hueso o pepa. Se recomienda utilizar el tamiz de 10 mm, para garantizar una textura adecuada.
- **Tamizado.** La pulpa se pasa por un colador de acero inoxidable y se homogeniza en una licuadora industrial para garantizar que no se formen grumos.
- **Desaireado.** Busca retirar el aire de la pulpa para evitar cambio de color y formación de espuma, lo cual crea inconvenientes durante las operaciones de llenado y envasado. También evita la oxidación de compuestos nutricionales y funcionales.
- **Cocción.** Durante esta etapa se calienta la pulpa en un recipiente de acero inoxidable o marmita y se adiciona azúcar mientras se mantiene una agitación suave y constante hasta alcanzar una concentración total de azúcares (contenidos en la pulpa y adicionados) de 60 °Bx, es decir, de 60 g de azúcar por cada 100 g de mezcla. Para medir la concentración de azúcares se utiliza un refractómetro (Prada et al., 2024). Una vez alcanzada la concentración de 60 °Bx, se adiciona gelificante, acidificante, antioxidante y conservantes, y se continúa la cocción hasta alcanzar 68 °Bx. Estos aditivos se agregan de acuerdo con los lineamientos de buenas prácticas de manufactura (BPM) (Prada et al., 2024).
- **Envasado.** Una vez alcanzados los 68 °Bx, la mermelada se vierte en frascos de vidrio previamente lavados y esterilizados, con un embudo y dejando un espacio libre de aproximadamente 0,5 cm con respecto al cuello del frasco. Luego se cierran los frascos con una tapa metálica de rosca.



- **Pasteurización.** Para eliminar los organismos patógenos de la mermelada, los frascos se llevan a baño maría a 85 °C durante 15 minutos y luego se someten a choque térmico con baño de agua fría de 2 a 3 °C.
- **Almacenamiento.** Los frascos se almacenan a temperatura ambiente en lugares ventilados y limpios (Padilla et al., 2018).

Deshidratación

Este es un proceso muy antiguo de conservación de alimentos. Busca retirar el contenido de agua del producto para retrasar la degradación por efecto de microorganismos patógenos y agentes químicos. La deshidratación también reduce el volumen de las frutas y con esto su peso, lo cual facilita el almacenamiento y transporte y se reducen los costos de estas operaciones. Con esta disminución de la humedad, la vida útil de los productos se puede extender por varias semanas o meses para que estén disponibles en diferentes épocas del año y puedan llegar a diferentes mercados (Calín et al., 2020).

El mango tiene un alto contenido de agua y esto lo convierte en un fruto altamente perecedero. Por tanto, la deshidratación es una alternativa viable para aumentar su vida útil y reducir las pérdidas. Este proceso puede llevarse a cabo por diferentes métodos, pero dada la temperatura promedio de las regiones de producción y la oferta de radiación del sol, la deshidratación solar constituye una alternativa para valorizar la producción y aprovechar toda la biomasa residual que resulta de la sobreproducción de mango.

El proceso de deshidratación solar requiere tener en cuenta aspectos como el espesor de la muestra, el estado de madurez, y condiciones del aire como humedad relativa, temperatura y velocidad del aire. Para aumentar la eficiencia se puede combinar la energía solar pasiva con la energía fotovoltaica. La primera permite aumentar la temperatura del aire por la acción directa de los rayos del sol, mientras que la segunda convierte la radiación solar en energía eléctrica. Esta energía puede utilizarse para activar equipos de ventilación al sistema de deshidratación y así favorecer la deshidratación. En la figura 38 se muestra el diagrama de flujo para la producción de mango deshidratado y luego se describe el protocolo para el proceso de deshidratación solar.





Figura 38. Diagrama de flujo de producción de mango deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

- **Acondicionamiento.** Este proceso es muy exigente en cuanto a preparación del fruto, en especial para la clasificación, pues los frutos a deshidratar deben cumplir ciertas características básicas. La fruta se debe separar tanto por variedad como por estado de madurez, ya que cada variedad tiene características de textura diferentes que afectan la velocidad de deshidratación y la calidad final. Mangos con alto contenido de fibra, de baja firmeza, de alto contenido de azúcar o muy maduros, no se recomiendan para deshidratar puesto que exigen un protocolo diferente. Para la deshidratación solar se utilizan mangos firmes para que no pierdan la forma durante el proceso, por lo cual la presencia de fibra es importante, pero no debe ser excesiva para que la textura del producto final sea agradable para el consumidor. Mangos maduros o muy dulces, es decir, con alto contenido de azúcares, tienden a pardearse y a quedar adheridos al soporte una vez deshidratados, constituyéndose en pérdidas. Para reducir el pardeamiento se recomienda escaldar el mango como se mencionó previamente..
- **Pelado.** En esta etapa se elimina la cáscara de la pulpa de manera manual con ayuda de un cuchillo o un pelador.
- **Deshuesado y tajado.** Una vez pelado el mango, se taja buscando obtener tajadas de tamaño grande, de 6 a 9 mm de espesor. Entre más delgada sea la tajada, más rápida será su deshidratación, aunque no puede ser muy delgada para evitar que se adhiera a la malla o su textura no sea agradable al paladar.
- **Secado.** Las tajadas de mango se disponen sobre las mallas, dejando espacio entre ellas para permitir el paso del aire a través y sobre la malla. Es importante que las bandejas estén limpias, sin residuos de

mango adheridos o ningún otro material, pues esto bloquea el paso del aire y dificulta el retiro posterior de las tajadas.

AGROSAVIA diseñó un deshidratador solar, en el cual incluyó un sistema de renovación y agitación del aire alimentado por energía de origen fotovoltaico en los secadores convencionales tipo invernadero para mejorar el proceso de deshidratación. La cubierta de la cámara de secado está hecha en polycarbonato, con una mayor captación y transmisión de la radiación, lo cual permite alcanzar temperaturas altas en la cámara. El deshidratador consta de 18 bandejas de 1 m, distribuidas en dos filas de nueve bandejas dispuestas a diferente altura, con tres extractores laterales y seis ventiladores en la parte frontal para renovar el aire (figura 39). Mientras que los extractores expulsan el aire húmedo, los ventiladores inyectan aire nuevo al sistema. Adicionalmente, el deshidratador cuenta con un ventilador central que agita el aire para crear corrientes fuertes que aceleran la pérdida de agua de la fruta, y homogenizan la humedad del aire en el sistema, lo cual aumenta la eficiencia del secador y reduce el número de renovaciones de aire a lo largo del día, manteniendo temperaturas de 50 a 60 °C y baja humedad relativa. La figura 35 ilustra la estructura del deshidratador, y el sistema de ventilación y renovación del aire. La alimentación de las bandejas se hace por la parte externa del deshidratador, lo cual reduce las pérdidas de energía o calor al minimizar la necesidad de abrir la puerta. Se recomienda detener el proceso cuando las tajadas alcancen una humedad final cercana al 15 %, condición en la que presenta una textura agradable y una larga vida útil. Se puede llevar hasta el 7 %, para prolongar su vida útil, pero la textura se afecta. El deshidratador cuenta con registradores de temperatura y humedad relativa y un panel de control automático del sistema de ventilación y renovación del aire. Aunque este no es absolutamente necesario, facilita la operación del deshidratador sin tener que destinar a un operario para que esté pendiente de hacer las renovaciones y homogenización del aire. El sistema de renovación de aire, el de agitación, y el panel de control son alimentados por el sistema fotovoltaico instalado, el cual consta de un par de paneles solares de 1 m² y dos baterías de 12 V, 300 Ah y 2.500 A de descarga, lo cual lo hace un sistema totalmente sostenible.

- **Empaque.** Las rebanadas de mango deshidratadas se dejan enfriar y se empaquetan en bolsas de baja permeabilidad a la humedad y el oxígeno. Se prefieren empaques flexibles como bolsas *doypack* o *stand up* y *flow pack*, con cierres especiales para conservar la calidad del producto.





Figura 39. Deshidratador solar de mango con energía solar pasiva y fotovoltaica.

a. Lavado de bandejas; b. Vista externa del deshidratador; c. Vista interna con tajadas de mango; d. Bandeja con cáscaras de mango.

Fotos: María Cristina García Muñoz

- **Almacenamiento.** El espacio para almacenamiento debe mantenerse fresco y con una adecuada ventilación. Son recomendables temperaturas de 10 a 20 °C con una humedad relativa de 50 a 60 %.

Néctar

Según Resolución 003929 (2013), el néctar es un

producto sin fermentar, elaborado con jugo (zumo) o pulpa de fruta concentrados o no, clarificados o no, o la mezcla de estos, adicionado de agua, aditivos permitidos, con o sin adición de azúcares, miel, jarabes, o edulcorantes o una mezcla de estos. (p. 6)

Así mismo, los néctares de frutas

deben tener el color, aroma y sabor característicos del jugo (zumو) o pulpa de fruta, concentrados o no, clarificados o no o la mezcla de estos, acorde de la fruta que proceden. Se podrá hacer la adición de azúcares, mieles, jarabes, edulcorantes

calóricos o no o una mezcla de estos aditivos o aromatizantes, acorde con la normatividad sanitaria vigente. (Minsalud, 2013, p. 13)

En el mercado existe gran variedad de néctares de frutas, entre ellas de mango, en diferentes presentaciones y empaques que facilitan su consumo. En la figura 40 se muestra el diagrama de flujo y posteriormente se detallan los procesos para la producción de néctar de mango.

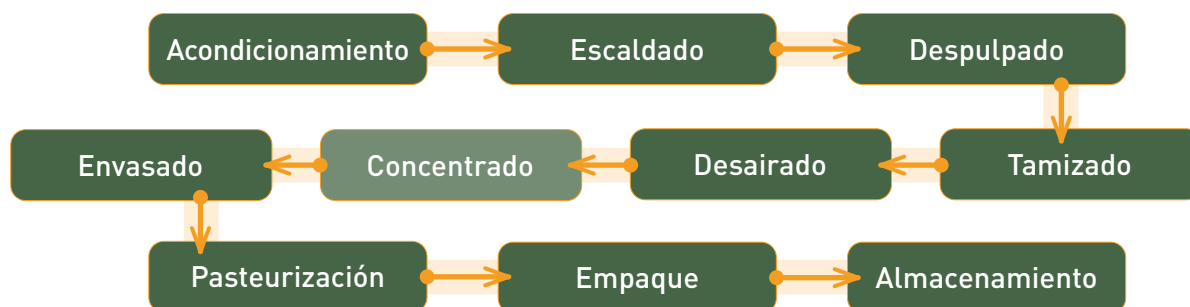


Figura 40. Diagrama de flujo para producción de néctar de mango.

Fuente: Elaboración propia

- **Acondicionamiento.** Integra los procesos de selección, lavado y desinfección.
- **Escaldado.** Se realiza con agua a 85 °C, en tanques de acero inoxidable en los que se sumerge la fruta durante un periodo de 10 a 15 minutos. Posteriormente se enfría con agua potable.
- **Despulpado.** Separa la pulpa de la cáscara y del hueso o semilla. Se utiliza un tamiz de 10 mm para garantizar una adecuada textura.
- **Tamizado.** La pulpa se pasa por un colador de acero inoxidable y luego se homogeniza en una licuadora industrial para asegurar que no se formen grumos.
- **Desairado.** Elimina el aire de la pulpa para evitar degradación de compuestos nutricionales y reducir la formación de espuma durante el empacado. Se hace con un calentamiento suave de la pulpa.
- **Concentración.** Durante el proceso de obtención del néctar se mezcla la pulpa de mango con agua, azúcar, ácido ascórbico y benzoato de

sodio, en un recipiente de acero inoxidable o en una marmita, y se somete a una temperatura de 80 °C hasta que alcance 15 °Bx. Luego se reduce la temperatura y se ajusta el pH entre 3,5 y 3,8 con una solución de ácido cítrico al 1 % (Padilla et al., 2018).

- **Envasado.** Una vez corregido el pH, el néctar se empaqueta caliente en envases de vidrio con tapa roscada. Otras opciones para el envasado de néctar son los empaques de capas compuestas de papel, aluminio y polietileno, que evitan el contacto con el medio externo y garantizan que las propiedades fisicoquímicas perdurarán durante la estadía en el anaquel (Malik et al., 2017).
- **Pasteurización.** Este proceso aumenta considerablemente los tiempos de conservación de los alimentos al eliminar gran parte de los microorganismos patógenos. Los frascos se llevan a baño maría a 85 °C durante 15 minutos y se someten a un choque térmico en baño de agua fría de 2 a 3 °C.
- **Almacenamiento.** Los frascos se almacenan a temperatura ambiente en estantes que permitan su correcta disposición, protección y ventilación. Para los casos en que se necesite refrigeración, se deben almacenar a temperaturas de 2 a 4 °C.

Requerimientos microbiológicos para los productos alimenticios

La elaboración de productos destinados a la alimentación debe cumplir con ciertos parámetros o requisitos que es imprescindible conocer antes de decidirse a incursionar en esta agroindustria. Estos requisitos establecen lineamientos y operaciones para los diferentes procesos de elaboración con el fin de garantizar la inocuidad del producto. El reglamento técnico consignado en la Resolución 3929 (2013), actualizada en 2020, enlista los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas frescas o los productos con procesos de transformación (Minsalud, 2013). En la tabla 6, se indican los requisitos para algunos de los productos de fruta de mayor consumo. Si la empresa de alimentos cuenta con un departamento de calidad, puede hacer sus propios análisis de cumplimiento de requisitos, o de lo contrario puede acudir a laboratorios u organismos acreditados para tal fin. En la tabla se incluyó los requerimientos para harinas y mezclas, pues con la biomasa residual del mango se pueden elaborar este tipo de productos.



Tabla 6 Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para pulpa de mango y productos transformados

Parámetro	n	c	m	M
Pulpa sin tratamiento térmico, sin congelación o congelada				
Mohos y levaduras	5	1	1.000 ufc/g	3.000
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10 ufc/g	
Salmonella	5	0	Ausencia/25 g o mL	
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	Ausencia/25g	
Pulpa pasteurizada congelada o sin congelación				
Aerobios mesófilos	5	2	500 ufc/g	800
Mohos y levaduras	5	1	100 ufc/g	200
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10 ufc/g	
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 mL	
Deshidratados				
Mohos y levaduras	5	1	10	100
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10	
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 mL	
Néctar				
Aerobios mesófilos	5	2	500	1.000
Mohos y levaduras	5	1	100	200
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10	
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 mL	
Esporas <i>Clostridium</i> sulfito-reductoras	5	0	<10	
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	Ausencia/25g	
Mermelada				
Mohos y levaduras	5	2	20	50
Té, hierbas aromáticas y mezcla de hierbas para preparar infusiones				
Aerobios mesófilos	5	2	10.000 ufc/g	10 ⁵ ufc/g
Mohos y levaduras	5	2	100 ufc/g	10 ³ ufc/g
Coliformes	5	2	<10 ufc/g	10 ² ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	5	2	<10 ufc/g	
Harinas y mezclas crudas				
Mohos y levaduras	5	2	3.000 ufc/g	5.000 ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10 ufc/g	
<i>Bacillus cereus</i>	5	2	500 ufc/g	1.000 ufc/g
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 g	
Harinas y mezclas precocidas				
Mohos y levaduras	5	2	1.000 ufc/g	2.000 ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10 ufc/g	
<i>Bacillus cereus</i>	5	2	300	1.000 ufc/g
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 g	
Harinas y mezclas precocidas				
Mohos y levaduras	5	2	100 ufc/g	300 ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	5	0	<10 ufc/g	
<i>Bacillus cereus</i>	5	0	<100 ufc/g	
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	Ausencia/25 g	

n: número de unidades a examinar; m: índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; M: índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad; c: número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M; < menor de.

Fuente: Ministerio de Salud y Protección Social [Minsalud] (2013)



Aprovechamiento de residuos

Las industrias agroalimentarias son uno de los segmentos del sector agrícola de mayor importancia por su aporte a la seguridad alimentaria y nutricional, tanto por la producción de alimentos como por la generación de ingresos para la población. Sin embargo, también traen altas pérdidas económicas y ambientales. Anualmente se producen cerca de 1,300 millones de toneladas de residuos (Kour et al., 2023), en su mayoría conformados por frutas y hortalizas (40-50 %), que se disponen en rellenos sanitarios, se incineran o se dejan en los lotes de producción, lo que tiene fuertes efectos fitosanitarios, ambientales, sociales y económicos. Entre los efectos ambientales están las pérdidas de recursos naturales utilizados en la producción; el incremento de la huella de carbono, ya que se liberan millones de toneladas de CO₂ durante el tiempo de descomposición y durante el transporte de estos residuos a los respectivos lugares



de disposición. Los efectos económicos y sociales afectan principalmente a los productores, quienes reciben menores ingresos, y a los consumidores, que tienen que pagar más por los alimentos, lo que reduce su accesibilidad para gran parte de la población (García & Aya, 2024), lo cual aumenta la inseguridad alimentaria del país. Adicionalmente, cuando los productos son dejados sin cosechar en los lotes de producción, se convierten en focos de contaminación y dispersión de plagas y enfermedades, como la mosca de la fruta, que reducirán aún más los ingresos de los productores en las cosechas posteriores. A esto se suma la mala calidad del aire por el aumento de gases de efecto invernadero, así como por el desarrollo y dispersión de microorganismos patógenos, condiciones que aumentan los problemas de salud de la población (Yaashikaa et al., 2022). Es importante poner énfasis en que estos abordajes del aprovechamiento de residuos deben incluir toda la biomasa residual proveniente de productos en buen estado no comercializados por el bajo precio ofrecido, o rechazados por parámetros estéticos, además de las partes no comestibles de los alimentos, como piel y semilla. Por su puesto, es prioritario trabajar para eliminar las causas que generan esta biomasa residual, y en alternativas para valorizarla. Así se pueden reducir los efectos mencionados y contribuir a la sostenibilidad del planeta. En pocas palabras, las nuevas tendencias y la conciencia ambiental y social están conduciendo al cambio del modelo de economía lineal por el de economía circular (figura 41) (Preciado-Saldaña et al., 2021), en la cual toda esta biomasa residual se destina a la generación de nuevos productos).

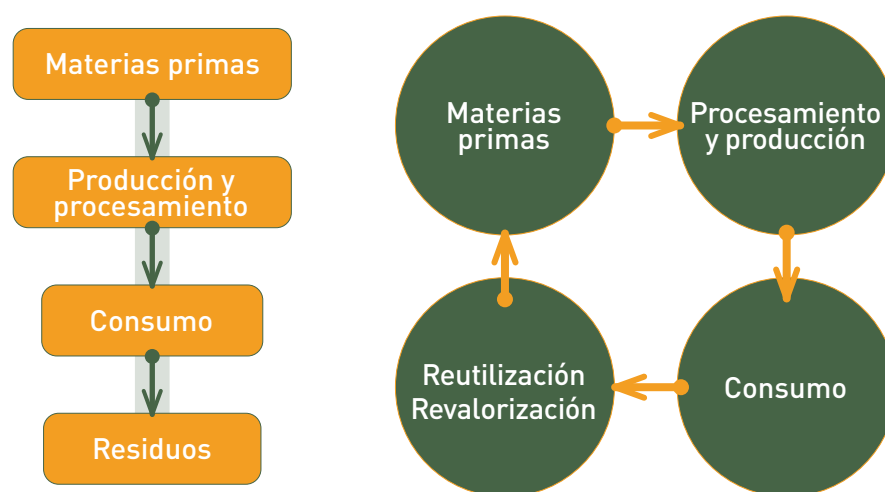


Figura 41. Modelo de economía. a. Economía lineal; b. Economía circular.

Fuente: Preciado-Saldaña et al. (2021)

El aprovechamiento y valorización de toda esta biomasa residual tampoco es fácil. Por el contrario, constituye todo un reto, pues la biomasa es diversa en su composición dada la variedad de especies de las que proviene y puede encontrar amplia aplicación en diversas industrias (alimentos, farmacológica, cosmética, textil, de papel, construcción, polímeros, energía, de agroinsumos, químicas, de combustibles). Pero los procesos de transformación e incorporación en estas diferentes industrias tienen que ser competitivos y sostenibles, para no seguir extendiendo las cadenas de producción y con ello los problemas.

Biomasa residual. La biomasa residual de productos hortofrutícolas está conformada por parte comestible y parte no comestible. La primera contempla todas las frutas y hortalizas que no son comercializadas por no cumplir con los requisitos exigidos o por sobreproducción que el mercado no alcanza a absorber. Esta última es posiblemente la que aporta la mayor parte de la biomasa residual. En el segundo grupo está toda aquella que no se puede consumir, como cáscaras de frutas, raíces y tubérculos (plátano, banano, coco, piña, yuca, arracacha u hojas del brócoli), además de los tallos y hojas de muchas de las plantas que dan origen a estos productos. Cabe mencionar que las hortalizas son cultivos transitorios y por tanto producen más biomasa no comestible en cada ciclo de producción en comparación con los árboles frutales.

Biomasa no comestible. Comprende hojas, semillas, tallos, ramas, cáscaras de la gran mayoría de especies hortofrutícolas, como semillas de aguacate y mango, cáscaras de plátano, yuca, cítricos, pedúnculos, cáliz. Las hojas y tallos de plantas y frutos están constituidos en su mayoría por compuestos lignocelulósicos (celulosa, hemicelulosa y lignina), y además tienen una fracción extractiva y de cenizas. Dada la gran cantidad de compuestos que se pueden obtener a partir de este tipo de biomasa residual con un modelo similar al de las refinerías de petróleo, se planteó y acuñó el término *biorrefinerías*, y de *segunda generación* para indicar que provienen del aprovechamiento de este tipo de biomasa residual (Cai et al., 2017). La celulosa y la hemicelulosa, los mayores componentes de la biomasa no comestible, constituyen la estructura de las paredes celulares de los vegetales. Estos dos componentes tienen amplia aplicación en la industria según su estructura. Mientras la celulosa se utiliza en la industria textil, de papel, química (éteres y ésteres de celulosa), y en la producción de azúcares fermentables, entre otras muchas, la hemicelulosa tiene mayor aplicación en la industria química, en la producción de xilitol, furfural, ácido acético (Sánchez Levoso, 2016; Prado-Acebo et al., 2024), compuestos que



son la base de una gran cantidad de productos. La lignina, más compleja en su estructura, también ofrece alta cantidad de alternativas en la industria, especialmente en la generación de compuestos aromáticos (Prado-Acebo et al., 2024), pero también en la producción de adhesivos, carbón activado, lignosulfonatos, entre otros. Los extractivos corresponden a compuestos orgánicos de bajo peso molecular que como su nombre lo indica, se pueden extraer con ayuda de solventes. Dada la gran variedad de orígenes de la biomasa, los extractivos también son diversos, pero posiblemente los más conocidos y de mayor interés son aquellos con actividad biológica, que pueden incluirse en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética. Finalmente, la “ceniza” está compuesta en su mayoría por minerales o sus óxidos (Flórez Montes & Rojas González, 2018).

Biomasa comestible. La gran mayoría de biomasa residual comestible de frutas y hortalizas está conformada por la pulpa, la cáscara, las semillas en algunos casos. Esta biomasa se caracteriza por tener contenidos de agua, almidones, azúcares en alta proporción, así como ácidos orgánicos, grasas, minerales, proteínas y compuestos funcionales de alto valor (vitaminas, polifenoles, ácidos orgánicos, aceites esenciales, enzimas, fibra dietética y no dietética, entre otros muchos compuestos) en menor proporción, pero con diversas aplicaciones en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica, entre otras.

Tipos de procesos para el aprovechamiento de la biomasa residual

De acuerdo con Abraham et al. (2007, citado en Yepes et al., 2008), la recuperación de recursos puede hacerse bajo tres aproximaciones: la valorización biológica y química, la obtención de combustibles (derivados de desechos) y la valorización térmica. Esta aproximación está en línea con lo propuesto por Flórez Montes y Rojas González (2018).

Valorización biológica y química

- **Valorización biológica.** Según Abraham et al. (2007, citado en Yepes et al., 2008), en este grupo se encuentran los que involucran fermentaciones anaerobia y aerobia, destinadas a obtener alcohol y abonos, como el compost y el lombricompost. Los abonos orgánicos



permiten la recuperación y aprovechamiento de todos los nutrientes extraídos del suelo, y también son mejoradores del suelo. De manera similar, la lombricultura ofrece fertilizantes orgánicos de alta calidad y proteína animal.

- **Valorización química.** Contempla todos aquellos procesos en que se obtienen o extraen productos de alto valor o interés, a partir de diferentes procesos no biológicos, como la producción de pectinas, fibra dietética, almidones, polifenoles, aceites esenciales, entre otros.
- **Pectinas.** Son compuestos utilizados ampliamente en la industria de alimentos como agente espesante, gelificante, texturizante, emulsificante, y estabilizante de suspensiones o emulsiones de aceite en agua. Las pectinas son uno de los constituyentes principales de la pared celular de frutos y vegetales, y las cáscaras de cítricos son ricas en este tipo de compuestos.
- **Fibra dietaria.** Es de amplia demanda, dadas las nuevas tendencias en el consumo de alimentos funcionales. Puede obtenerse de residuos para suplementar o complementar la dieta de la población y beneficiarse de todos los efectos sobre la salud que se han asociado a su consumo (Escudero-Álvarez & González-Sánchez, 2006; Masson, 2016).
- **Enzimas.** Existe una gran cantidad de enzimas con diferentes funciones. Están presentes en la mayoría de reacciones metabólicas de todas las frutas y hortalizas y también son la base de la biocatálisis en el mundo industrial, por lo cual tienen innumerables aplicaciones en diversas industrias, como en la fabricación de fármacos y compuestos para la industria química, de alimentos, biocombustibles, plásticos biodegradables. Posiblemente, las lipasas microbianas, por ser de alta importancia en la industria, sean las enzimas más conocidas obtenidas a partir de residuos agroindustriales. Cabe anotar que, en la recuperación y valorización de la gran mayoría de residuos, las enzimas desempeñan un papel determinante.

Los aceites esenciales también pueden clasificarse en este grupo. Se extraen de flores, hojas, frutos, cortezas, raíces o madera. Los residuos de todas las plantas aromáticas son ricos en estos compuestos, pero también frutas como los cítricos, en especial la cáscara o corteza del limón, rica en limoneno, aceite utilizado en la industria cosmética, para higiene personal o como disolvente orgánico, entre otras aplicaciones.



- **Polifenoles.** Cabe mencionar los flavonoides y los carotenoides, pigmentos presentes en frutas, hortalizas y nueces. Son reconocidos por su actividad antioxidante y se utilizan como suplemento alimenticio para animales y humanos. Aunque el contenido de sustancias fenólicas es un indicativo de la actividad antioxidante, es importante caracterizar estos polifenoles para determinar la acción biológica asociada. Muchos de ellos se han relacionado con la prevención de enfermedades crónicas (D'Archivio et al., 2010; Heiss, 2006; Van Duynhoven et al., 2010).
- **Procesos termoquímicos para la obtención de combustibles líquidos, sólidos o gaseosos.** Aquí clasifican todos aquellos procesos que conducen a la producción de bioetanol, biodiesel, biogás, hidrógeno, entre otros. Comprenden los procesos completos, no solamente el de adecuación y transformación de la biomasa, sino también las operaciones posteriores que se necesitan para obtener el producto final. Por lo tanto, procesos como los de transesterificación para obtener biodiesel también están incluidos en este grupo. Entre los retos tecnológicos, están los combustibles, que incluyen la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos o de biodiesel con el uso de microorganismos oleaginosos, a partir de residuos que ofrecen las condiciones adecuadas para su crecimiento, así como las operaciones de purificación y ajuste de parámetros, para asegurar que estos biocombustibles sean competitivos frente a los combustibles tradicionales.
- **Valorización térmica.** Alude a los procesos en los que la biomasa se puede utilizar para generar energía mediante combustión directa de la misma ya sea para la generación de vapor mediante el uso de calderas o en incineradores sometiendo a procesos de pirólisis y termólisis.

En Colombia, la gran mayoría de biomasa residual se destina a la producción de compost, alimentación animal y energía. Muchos de los residuos de materiales fibrosos se usan para la producción de artesanías y papel, aunque últimamente su uso se ha ampliado al campo de materiales de diferente aplicación. No obstante, es importante acentuar la investigación en otras formas de aprovechamiento y valorización de esta biomasa residual, de manera que apunte más al modelo de economía circular o al menos a uno más sostenible ambiental y socialmente. El aprovechamiento de los compuestos bioactivos posiblemente es el de mayor interés para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética para obtener harinas, pigmentos, pectinas, aceites o fibra con algún tipo de actividad biológica, o para suplementar alimentos con minerales, vitaminas o polifenoles con actividad biológica comprobada. Aunque existe la



materia prima y la tecnología, es necesario apuntar a procesos más sostenibles para el aprovechamiento de la biomasa.

De acuerdo con lo anterior, y dada la necesidad de trabajar en la reducción de pérdidas de alimentos y en mejorar la seguridad alimentaria y nutricional, esta sección se enfoca en aquellas alternativas relacionadas con las industrias alimentaria y agrícola, para buscar soluciones al alcance de los productores pequeños y la agroindustria. En esta sección se presentan alternativas para la valorización de biomasa de frutas que puedan incorporarse a la formulación de alimentos, como mejoradores de su perfil nutricional y funcional. Entre los estudios que se han llevado a cabo en este campo se pueden mencionar la obtención de bioproteínas y antioxidantes a partir del pepino, ácidos grasos, flavonoides, compuestos fenólicos, enzimas y proteínas con base en residuos de papaya (Vásquez et al., 2022), mientras que la incorporación de harina proveniente de residuos de piña en la formulación de galletas ha aumentado el contenido de fibra dietaria (Jose et al., 2022). La biomasa residual de leguminosas como el frijol, así como de la industria del aguacate, han aumentado el contenido de proteína en diferentes productos (Preciado-Saldaña, 2022), convirtiéndose en una importante fuente de este compuesto nutricional, cuya falencia predomina en gran parte del territorio nacional.

Aprovechamiento de biomasa residual de plátano y mango

La biomasa residual está constituida por frutos rechazados o con algún tipo de daño, hojas, tallos, cáscaras, semillas (figura 42). El primer paso para el aprovechamiento de la biomasa es su caracterización química.

La tabla 7 muestra los contenidos de pulpa, semilla y cáscara de dos de las frutas de mayor consumo en el país, para ilustrar la variedad de productos y de composición de la biomasa residual. Esta incluye frutos con alto contenido de parte comestible, como la guayaba, cuya semilla y cáscara se pueden consumir; otros como plátano o musáceas, con un alto porcentaje de parte no comestible, constituido por la cáscara, no consumible. La tabla 8 expone, en primer lugar, la composición bromatológica de pulpa y cáscara en frutos de plátano y mango (hilacha y filipino) en dos estados de madurez. Esto para identificar posibles diferencias en la composición de la biomasa debidas a la variedad y al estado de madurez.





Figura 42. Biomasa residual de plátano y mango.

Fotos: María Cristina García Muñoz y Kelly Johana Pedroza B.

Tabla 7. Contenido de pulpa, cáscara y semilla de mango de dos variedades y en dos estados de madurez

	Hilacha maduro	Filipino maduro	Hilacha verde	Filipino verde	Hartón verde	Hartón maduro
Cáscara (%)	16,6	12	20,74	14,17	33,25	22,1
Pulpa (%)	63,05	79	56,99	80,29	64,5	76,6
Semilla (%)	17,4	6	20,78	4,63		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar que el filipino tiene mayores contenidos de pulpa que el hilacha y un contenido de semilla significativamente menor, lo cual significa que, aunque más pequeño, tiene menor contenido de parte comestible y por ende produce más biomasa residual. De manera similar, el plátano maduro presenta menor cantidad de biomasa residual que el verde, pero dado que es más sensible al daño mecánico, se deteriora más rápido y esto incrementa la biomasa residual puesto que el fruto completo es rechazado por el mercado con más frecuencia.

5. Aprovechamiento de residuos

En la tabla 8 se muestra la composición bromatológica de la pulpa y la cáscara tanto del plátano como del mango, en el primer caso para dos estados de maduración, y en el segundo para variedades de mango con la misma madurez. Esto permite identificar el efecto del estado de madurez y de la variedad en la composición bromatológica de la biomasa.

Tabla 8 Composición nutricional de la biomasa residual de plátano y mango

Parámetro	P HV	P HM	C PHV	C PHM	P MH	P MF	C MH	C MF
Humedad (%)	62,1	60,87	87,34	87,49	78,38	84,64	71,53	76,49
Ceniza (%)	2,37	3,35	10,53	12,84	5	2,38	4,13	2,72
Extracto etéreo (%)	0,36	0,17	4,34	6,02	1,14	1,65	1,69	1,85
Proteína (%)	3,76	3,5	9,44	13	3,48	2,49	3,7	2,88
Fibra cruda (%)	0,46	0,02	7,93	17,05	5,12	2,92	10,31	10,81
Fósforo (%)	0,079	0,066	0,256	0,238	0,096	0,09	0,09	0,067
Potasio (%)	0,842	0,728	4,612	5,177	1,648	1,051	1,527	0,905
Calcio (%)	0,016	0,014	0,1	0,129	0,069	0,042	0,263	0,204
Magnesio (%)	0,085	0,068	0,124	0,092	0,085	0,043	0,156	0,085
Sodio (%)	0,002	<0,0016	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Azufre (%)	0,026	0,026	0,089	0,094	0,051	0,04	0,058	0,036
Hierro (mg/kg)	11,05	8,765	20,787	16,771	10,773	17,917	14,858	12,086
Cobre (mg/kg)	2,332	2,003	2,518	2,218	6,122	4,029	3,505	2,348
Manganeso (mg/kg)	<6,25	<6,25	11,685	14,688	<6,25	<6,25	20,802	7,752
Zinc (mg/kg)	5,553	9,282	27,463	23,753	6,089	6,453	8,333	9,416
Boro (mg/kg)	4,455	4,102	19,354	19,448	11,769	6,347	16,067	12,389

P: pulpa; **C:** cáscara; **HV:** plátano hartón verde; **HM:** plátano maduro; **MH:** mango hilacha; **MF:** mango filipino.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la composición, es evidente el mayor contenido de proteína, grasa, fibra y minerales en la cáscara de plátano que en la pulpa. La caracterización del raquis también mostró importante cantidad de fibra, proteína y minerales, mayor que en la pulpa y la cáscara. Las diferencias debidas a la madurez en plátano son menores, posiblemente no significativas.



Con respecto al mango, los resultados de la tabla señalan que el hilacha tiene mayor riqueza nutricional que el filipino, dado el mayor contenido de proteína y fibra. Sobre la composición de la cáscara y la pulpa, no existen diferencias en extracto etéreo y ceniza. En cuanto a los minerales, el calcio, el magnesio, el azufre, el manganeso, el zinc y el boro muestran diferencias en favor de la cáscara.

Con respecto al plátano, se estima que su cadena deja alrededor de 30 millones de toneladas anuales de residuos, y se han hecho diversos estudios para su aprovechamiento en la producción de bioetanol y fertilizantes.

El plátano es una musácea de alto interés para la seguridad alimentaria y nutricional de la población, y también produce una alta cantidad de biomasa residual, tanto comestible generada por todos los frutos rechazados por no cumplir condiciones de mercado, como también por la biomasa proveniente de la parte no comestible del fruto y la planta. El plátano es rico en almidones, que pueden extraerse y utilizarse en diferentes industrias de alimentos, cosméticos, farmacéuticos, textiles, entre otras. Sin embargo, las aplicaciones dependen de las características funcionales de estos almidones, como tamaño de grano, composición de amilosa/amilopectina y otras características térmicas y reológicas (Bello Pérez, 2002; Espinosa, 2008; Soto Azurduy, 2010).

Esta biomasa amilácea puede ser el sustrato para la producción de ácido láctico, el cual tiene múltiples aplicaciones, como producción de ácido poliláctico (base de plásticos biodegradables) (Romo-Buchelly et al., 2019), que bien podría usarse para la comercialización de estos mismos plátanos.

La riqueza en minerales de su biomasa también la hace muy adecuada para la producción de fertilizantes o alimentos y suplementos animales.

La biomasa de los frutos rechazados, así como de la cáscara, también puede emplearse en alimentación humana, tanto en compuestos bioactivos como en almidón resistente con actividad de fibra dietética (Soto Azurduy, 2010). Aunque se pueden encontrar diversos trabajos sobre incorporación de biomasa residual de plátano en diferentes productos alimenticios, a manera de ejemplo se menciona la harina de plátano verde como ingrediente alternativo en formulaciones de espaguetis. Este tipo de espaguetis tiene mayores proporciones de almidón resistente y es libre de gluten, condiciones benéficas para la salud (Patiño-Rodríguez et al., 2018).

El pseudotallo, residuo del cultivo de plátano, es rico en fibra y se utiliza en la elaboración de artesanías y de utensilios biodegradables como platos,



cucharas, vasos (Jaramillo, 2017). Se ha evaluado en otro tipo de productos como parte de la materia prima de películas compuestas para fabricar partes de tableros de vehículos y otros elementos con buenos resultados (Borja-Soto & Remanche-Covago, 2021; Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

Mango

Fruta rica en minerales, ácidos orgánicos, azúcares, vitaminas, fibra, aceites, polifenoles (carotenoides, flavonoides, ácido elágico, ácido gálico, quercetina, catequina, epicatequina, ácido clorogénico, mangiferina, y kaempferol). Algunos de estos componentes tienen actividad antioxidante con beneficios para la salud, particularmente para prevenir enfermedades degenerativas. Por ejemplo, la vitamina C es uno de los antioxidantes naturales más conocidos, y es importante en la síntesis de aminoácidos para la producción de colágeno, la desintoxicación del hígado y la prevención de enfermedades cardiovasculares (Mendoza-Corvis et al., 2017).

Dado el alto contenido de azúcares y de tejido lignocelulósico susceptible de convertirse en azúcares, el mango se puede fermentar para obtener productos como biomasa microbiana, ácidos orgánicos, alcoholes, o procesarse para alimentación animal o compost (Arreto et al., 2008).

La cáscara del mango representa del 15 al 25 % del peso de la fruta y además tiene un alto contenido de fibra dietaria, ácido quínico, ácido gálico, galato de metilo, mangiferina, quercetina, isoquercetina, antocianinas, carotenoides, licopeno, ácido ascórbico, pectinas, cuya concentración depende de la variedad (Alija et al., 2008; Arreto et al., 2001).

La semilla, compuesta por la corteza y la almendra, también ha sido caracterizada, y reporta contenidos de humedad de 40 a 45 %, de proteína entre 1,5 y 8 %, grasa cruda de 5 a 11 %, fibra cruda entre 2 y 4 %, cenizas de 0,8 a 3,2 %, y carbohidratos entre 33 y 48 % (Chaparro Acuña, 2015). Además, tiene pectinas, polifenoles, mangiferina y ácidos grasos poliinsaturados. Estos le confieren actividad antioxidante inmunomoduladora, antiviral y antitumoral que lo convierten en una materia prima interesante para la alimentación animal, particularmente de ganado bovino.

Estas características hacen muy atractiva a la semilla para ser aprovechada en la industria de alimentos, farmacéutica y de cosméticos, donde este tipo de compuestos con actividad biológica tiene alta demanda. Sin embargo, su incorporación a esta industria es muy exigente ya que en la mayoría de los



casos requiere aislamiento y purificación de los compuestos bioactivos. Algo similar sucede con otras alternativas como los aceites esenciales.

No obstante, las propiedades funcionales de la semilla también se pueden incorporar directamente a los diferentes productos alimenticios una vez deshidratada y molida para obtener harina, la cual ofrece más estabilidad y vida útil que la semilla fresca y además permite una fácil manipulación e incorporación en las diferentes formulaciones.

Los procesos de compost no generan mayor valor agregado y toman largo tiempo de preparación, pero tienen la ventaja de permitir el manejo de altos volúmenes, y para las zonas de producción constituyen una buena salida, particularmente ahora que los fertilizantes de síntesis química han subido de valor por los conflictos internacionales existentes. Los compuestos de esta biomasa pueden tener mayor valor que el mismo compost, aunque requieren procesos de extracción y refinamiento para reportar ingresos a sus productores, y pueden ofrecer alimentos de mejor calidad para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

En este sentido, se han reportado diferentes estudios exitosos sobre incorporación de harinas (figura 43) provenientes de esta biomasa residual en diferentes productos alimenticios, con beneficios significativos para la salud de los consumidores. Se aconseja apuntar a este tipo de alternativas para aprovechar la biomasa residual.

La harina de mango, plátano o guayaba, tanto de la pulpa como de la cáscara y la semilla o almendra (para el caso del mango), puede usarse en la formulación de galletas, tortas o preparaciones como aromáticas y salsas, y así disfrutar del aporte funcional y nutricional de esta biomasa (Alija et al., 2007; Chaparro Acuña et al., 2015, 2017; Chen et al., 2019; Pérez-Rocha et al., 2015). Esta biomasa también se puede reducir de tamaño y deshidratar para producir *snacks* u otras opciones.



Figura 43. Harina de la semilla del mango.

Foto: Kelly Johana Pedroza B.

5. Aprovechamiento de residuos

Los procesos de obtención de harina implican el lavado y la desinfección de la fruta, el troceado, el deshidratado, la molienda y el empaque. Entre estas operaciones unitarias, la deshidratación, junto con la molienda, son las que mayor energía consumen, por lo cual se pueden buscar opciones para reducir los costos energéticos del proceso. Una de estas alternativas es la deshidratación osmótica como un pretratamiento de bajo consumo energético que permite disminuir el contenido de humedad hasta obtener productos de humedad intermedia, para luego sí complementar con otros métodos más eficientes, pero de mayor consumo energético, como la extrusión o los túneles de secado. Otra opción viable es el uso de energía solar, que aprovecha la radiación solar propia de muchos lugares de producción, lo cual estaría en línea con las nuevas tendencias de la transición energética.

Finalmente, las hojas y tallos de mango también son fuente de compuestos fitoquímicos bioactivos como la mangiferina, compuesto que se asocia a propiedades antidiabéticas, mientras que las benzofenonas, presentes en las hojas del mango, han sido evaluadas con resultados positivos en la eliminación de metales pesados (Mohuo et al. 2018; Pirca Palomino, 2024).





Referencias

- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., & Prasada-Rao, U. J. S. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105(3), 982-988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Arreto, J. C., Trevisan, M. T. S., Hull, W. E., Erben, G., Brito, E. S., Pfundstein, B., Würtele, G., Spiegehalder, B., & Owen, R. W. (2008). Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in bark, kernel, leaves, and peel of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5599-610. <https://doi.org/10.1021/jf800738r>
- Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol] & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto Magdalena en el departamento del Tolima*.
- Asociación Nacional de Comercio Exterior [Analdex]. (2024). *Informe de exportaciones colombianas de frutas. Enero a junio 2024*. <https://analdex.org/2024/08/30/informe-de-exportaciones-colombianas-de-frutas-enero-a-junio-2024/>
- Bello Pérez, L. A., Contreras Ramos, S. M., Romero Manilla, R., Solorza Fera, J., & Jiménez Aparicio, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia*, 36(2), 169-180. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236204.pdf>
- Bernal E., J. A., Díaz D., C. A., Tamayo V., Á., Kondo R., D. T., Mesa C., N. C., Ochoa, R., Kondo R., D. T., Tamayo M., P. J., & Londoño B., M. (2009). *Tecnología para el cultivo del mango con énfasis en magos criollos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Borja-Soto, D., & Remache-Coyago, A. (2021). Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/plátano para creación de partes automotrices: revisión. *Polo del Conocimiento*, 6(6). <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2737>
- Cai, J., He, Y., Yu, X., Banks, S. W., Yang, Y., Zhang, X., Yu, Y., Liu, R., & Bridwater, A. (2017). Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 309-322. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.072>
- Cantwell, M., & Suslow, T. (2002). *Mango: Recommendations for maintaining postharvest quality*. Postharvest Research and Extension Center. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/mango>



- Chaparro Acuña, S. P. (2017). Elaboración de un producto tipo 'pasta alimenticia' a partir de residuos de plátano. Hartón prefreído. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(1), 47-56. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.20176087>
- Chaparro Acuña, S. P., Lara Sandoval, A. E., Sandoval Amador, A., Sosa Suarique, S. J., Martínez Zambrano, J. J., & Gil González, J. H. (2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6(1), 67-75. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/3651/3229
- Chen, Y., Zhao, L., He, T., Ou, Z., Hu, Z., & Wang, K. (2019). Effects of mango peel powder on starch digestion and quality characteristics of bread. *International Journal Biological Macromolecules*, 140(2), 647-652. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.188>
- Cifuentes Sánchez, W. G., & Cifuentes Rivera, E. (2019). *Propuesta de aprovechamiento de la fibra de plátano en la región del Ariari, departamento del Meta* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4925>
- D'Archivio, M., Filesi, C., Vari, R., Scanzochio, B., & Masella, R. (2010). Bioavailability of the polyphenols: Status and controversies. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4), 1321-1342. <https://doi.org/10.3390/ijms11041321>
- Escudero-Álvarez, E., & González-Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(Supplement 2), 61-72. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112006000500007
- Espinosa, V. (2008). *Estudios estructurales de fuentes no convencionales de almidón: mango y plátano* [Tesis de posgrado, Universidad Politécnica Nacional, Morelos, México].
- Flórez Montes, C., & Rojas González, A. F. (2018). Aprovechamiento potencial de residuos de la agroindustria caldense según su composición estructural. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 143-151. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3411>
- Gallo, F. (1997). *Manual de fisiología, patología post-cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- García Lozano, J., Abaunza, C. A., & Rivera, J. E. (2017). *Modelo productivo para el cultivo de mango en el valle del Alto Magdalena para el departamento del Tolima*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402391>
- García Lozano, J., Sandoval, A. P., Forero, F., Floriano, J. A., Salamanca, G., Bernal Eusse, J. A., Vásquez, L. A., & Gómez, G. (2017). *Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- García Muñoz, M. C. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha de granadilla*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).



- García Muñoz, M. C., & Aya Rodríguez, J. E. (2024). *Reflexiones sobre el rol del manejo poscosecha en la reducción de las pérdidas de alimentos y la inseguridad alimentaria*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7407495>
- García Muñoz, M. C., Botina Azain, B. L., Moreno Rodríguez, J. M., Guatava Redondo, C. A., Pedroza Berrío, K. J., & Aya Rodríguez, J. E., (2024). *Fisiología poscosecha y su aplicación en la reducción de pérdidas de plátano y guayaba*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407471>
- García Muñoz, M. C., & Torres Riveros, M. (2002). Evaluación preliminar de algunos empaques, como alternativa para prolongar la vida útil de la uchuva. En IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado, *La producción frutícola con enfoque de cadena: memorias* (pp. 20-22). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17674>
- Gómez Peña, G. R., & Guzmán Nariño, O. F. (2019). *Alternativas de valorización para el residuo de mango (Mangifera indica L.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el departamento del Atlántico*. Universidad Libre.
- Heiss, C., Schroeter, H., Balzer, J., Kleinbongard, P., Matern, S., Sies, H., & Kelm, M. (2006). Endothelial function, nitric oxide, and cocoa flavanols. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 47(2), S128-S135. <https://doi.org/10.1097/00005344-200606001-00007>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2024). *GTC 61:2024. "Frutas, hortalizas y tubérculos frescos. Guía para el preenvase/preempaque"*. <https://tienda.icontec.org/gp-gtc-frutas-hortalizas-y-tuberculos-frescos-guia-para-el-preenvase-pre-empaque-gtc61-2024.html>
- Jose, M., Himashree, P., Sengar, A. S., & Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2022.100031>
- Kader, A. A., & Saltveit, M. (1987). Respiration and gas exchange of vegetables. In J. Weichmann (Ed), *Postharvest physiology of vegetables* (2nd Ed). CRC Press.
- Kour, R., Singh, S., Sharma, H. B., Sunil Kumar Naik, T. S., Shehata, N., Ali, W., Kapoor, D., Dhanjal, D. S., Singh, J., Singh, J., Khan, A. H., Khan, N. A., Yousefi, M., & Ramamurthy, P. C. (2023). Persistence and remote sensing of agri-food wastes in the environment: Current state and perspectives. *Chemosphere*, 317, 137822. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137822>
- Lauricella, M., Emanuele, S., Calvaruso, G., Giuliano, M., & D'Anneo, A. (2017). Multifaceted health benefits of *Mangifera indica* L. (Mango): The inestimable value of orchards recently planted in sicilian rural areas. *Nutrients*, 9(5), 525. <https://doi.org/10.3390/nu9050525>
- Lebaka, V. R., Wee, Y. J., Ye, W., & Korivi, M. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 741. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020741>



- López-Ciro, J. H. (2001). *Manejo poscosecha y comercialización del mango*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA); Editorial Grafemas.
- Masson, L. (2016). *Fibra dietética, aspectos generales y analíticos* [Presentación]. Seminario Achipia, 1 de junio de 2016, Universidad de Chile. <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2016/06/6-M--todos-Fibra-Diet-tica-Dra.-Lilia-Masson.pdf>
- Melo, J., & Quintas, C. (2023). Minimally processed fruits as vehicles for foodborne pathogens. *AIMS Microbiology*, 9(1), 1-19. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2023001>
- Mendoza-Corvis, F., Arteaga-Márquez, M., & Pérez-Sierra, O. A. (2017). Degradación de la vitamina C en un producto de mango (*Mangifera indica* L.) y lactosuero. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 125-137. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:563
- Ministerio de Salud y Protección Social [Minsalud]. (2013). *Resolución 003929. "Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumos) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clasificados o no, la mezcla de estos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203929%20de%202013.pdf
- Miranda-Lasprilla, D., Figueroa-Ramírez, J., Clímaco-Hío, J., Pérez-Rodríguez, C. P., Parada-Alfonso, F., Rodríguez-Torres, R., & Arias-Barrera, É. (2020). *Mango (Mangifera indica): manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia; Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86778>
- National Mango Board. (2010). *Mango postharvest best management practices manual*. University of Florida, IFAS Extension.
- Norma Técnica Colombiana [NTC] 5139:2023. (2023). "Frutas frescas. Mangos criollos. Especificaciones" (Ed. 2.0). <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-frutas-frescas-mangos-criollos-especificaciones-ntc5139-2023.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). (2005). *Norma del Codex para el mango (Codex Stan 184-1993, EMD. 1-2005)*. https://www.fao.org/input/download/standards/315/CXS_184s.pdf
- Patiño-Rodríguez, Ó., Agama, E., Bello-Pérez, L. A., & Chavarria-Bolaños, D. (2018). Alternativas para el aprovechamiento de subproductos agrícolas: plátano y mango. En G. A. González-Aguilar, A. Hernández-Mendoza, J. Milán-Carrillo, B. Vallejo-Córdova & A. F. González-Córdova, *Aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria para la obtención de compuestos bioactivos* (pp. 375-402). https://www.researchgate.net/publication/332179964_Alternativas_para_el_aprovechamiento_de_subproductos_agricolas_platano_y_mango
- Pérez-Rocha, K. A., Guémes-Vera, N., Bernardino-Nicanor, A., González-Cruz, L., Hernández-Urbe, J. P., & Sánchez, A. T. (2015). Fortification of white bread with guava seed protein isolate. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(11), 828-833. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.828.833>



- Pirca Palomino, M. (2024). *Evaluación del contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en pan de molde enriquecido con hojas de mango (Mangifera indica)* [Trabajo de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/99e3621e-d323-446d-94cf-6fde90a69f8f>
- Prado-Acebo, I., Cubero-Cardoso, J., Lu-Chau, T. A., & Eibes, G. (2024). Integral multi-valORIZATION of agro-industrial wastes: A review. *Waste Management*, 183, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.05.001>
- Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Domínguez-Ávila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(2), 92. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/>
- Rodríguez, M. M., & Guavatá, R. C. (2023). *Informe de avance mercado del mango, plátano y guayaba*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA.
- Romo-Buchelly, J., Rodríguez-Torres, M., & Orozco-Sánchez, F. (2019). Biotechnological valorization of agro industrial and household wastes for lactic acid production. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 83-97. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.69284>
- Sánchez Levoso, A. (2016). *Modelado del proceso de extracción de ácido acético con recuperación del disolvente orgánico* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]. http://oa.upm.es/42845/1/TFG_ANA_SANCHEZ_LEVOSO.pdf
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizaralde, E., & Ireta-Ojeda, A. (2009). Cosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(1), 45-52. <https://doi.org/10.35196/rfm.2009.1.45-52>
- Slavin, J. L., & Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition*, 3(4), 506-516. <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>
- Soto Azurduy, V. S. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisíaca*). *Revista Boliviana de Química*, 27(2), 94-99. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO250-54602010000200004
- Sumaya-Martínez, M. T., Medina-Carrillo, R. E., González-Ocegueda, E., Jiménez-Ruiz, E. I., Balois-Morales, R., Sánchez-Herrera, L. M., & López-Nahuatt, G. (2019). Mango (*Mangifera indica* L.) pulping byproducts: Antioxidant activity and bioactive compounds of three mango cultivars. *Revista Bio Ciencias*, 6.
- Sumaya-Martínez, M. T., Sánchez Herrera, L. M., Torres García, G., & García Paredes, D. (2012). *Value chain of mango and its byproducts based in the nutritional and functional properties*. https://www.researchgate.net/publication/309898859_Value_chain_of_mango_and_its_byproducts_based_in_the_nutritional_and_functional_properties



- Treybal, R. E. (1991). *Operaciones de transferencia de masa*. McGrawHill. <https://fenomenosdetransporte.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/05/operaciones-de-transferencia-de-masa-robert-e-treybal.pdf>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2023). *EVA 2023*. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2023.aspx
- Van Duynhoven, J., Vaughan, E. E., Jacobs, D. M., & Van de Wiele, T. (2010). Metabolic fate of polyphenols in the human superorganism. *Procedure National Academic Science*, 108(Supplement 1), 4531-4538. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000098107>
- Vásquez, N., Mata, M., Camacho-Parra, E., Acosta-Blanco, P., Rocha-Mendoza, D., & García-Cano, I. (2022). *Compuestos bioactivos de los residuos del pepino, papaya y zapote mamey generados en la Central de Abasto de la CDMX. Alternativas para su aprovechamiento*.
- Wills, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D., Lee, T. H., & Hall, E. G. (1996). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables* (1st Indian Edition). CBS Publishers & Distributors.
- Yaashikaa, P. R., Senthil Kumar, P., & Varjani, S. (2022). Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. *Bioresource Technology*, 343, 126126 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126126>
- Yepes, S. M., Montoya Naranjo, L. J., & Orozco Sánchez, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales-frutas en Medellín y el sur del Valle de Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1), 4422-4431.
- Zapata Montoya, J. E., Agudelo Cuartas, C., & Restrepo, C. (2018). Modelamiento de la respiración del mango (*Mangifera indica* L.) usando el método de sistema cerrado a diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452018126>



Terminó de diseñarse en mayo de 2025
Bogotá D. C., Colombia



Las frutas y hortalizas son alimentos de gran importancia en la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), pues constituyen una fuente importante de minerales, vitaminas y compuestos funcionales, y su consumo se asocia con un menor riesgo de padecer enfermedades degenerativas. No obstante, también son reconocidas por su alta perecibilidad. Las frutas y hortalizas son las responsables del 62% del total de las pérdidas de alimentos reportadas en el país, por lo cual la reducción de sus pérdidas es una prioridad para mejorar la SAN y los ingresos de los productores, principales damnificados de estas pérdidas. Sus causas se encuentran a lo largo de la cadena de abastecimiento, desde la misma cosecha hasta el consumo, pero con la particularidad de que las causas y los efectos de los daños suceden con una diferencia de tiempo notable, por lo cual el daño no se evidencia cuando se causa, sino durante las etapas de comercialización o consumo, de manera que nadie se siente responsable por ellas. En el presente texto se puede encontrar cómo prácticas muy sencillas de manejo en cosecha y en poscosecha pueden contribuir a reducir las pérdidas de alimentos hortofrutícolas, con los correspondientes beneficios para toda la cadena.

Línea de atención al cliente: **018000 121 515**

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



Distribución gratuita
Prohibida su venta