

Recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia

Carlos Alberto Abaunza González
Marlon José Yacomelo Hernández



AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia

Carlos Alberto Abaunza González
Marlon José Yacomelo Hernández

Mosquera, Colombia, 2019

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Abaunza González, Carlos Alberto

Recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia / Carlos Alberto Abaunza González y Marlon José Yacomelo Hernández -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2019.

76 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN E-book: 978-958-740-304-6

1. Mango 2. *Mangifera indica* 3. Viveros de árboles frutales 4. Injerto 5. Propagación de plantas 6. Colombia I. Yacomelo Hernández, Marlon José.

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

Esta publicación es resultado del proyecto de Corpoica (actualmente AGROSAVIA) *Materiales genéticos sobresalientes de mango de Azúcar e Hilaza y recomendaciones técnicas y prácticas de manejo para propagación del material*, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en convenio con AGROSAVIA.

Colección: Transformación del Agro

Fecha de recepción: 31 de enero de 2019
Fecha de evaluación: 12 de marzo de 2019
Fecha de aceptación: 2 de mayo de 2019

Primera edición: 2.000 ejemplares
Impreso en Bogotá, Colombia, septiembre de 2019
Printed in Bogotá, Colombia

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Editora: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo
Diagramación: Diego Alejandro Abello Rico
Impresión: Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas (Javegraf)

Citación sugerida: Abaunza González, C. A. & Yacomelo Hernández, M. J. (2019). *Recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (Mangifera indica L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas 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.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.agrosavia.org.co
DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-20>



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

Contenido

Presentación	11
--------------	----

Capítulo I

Los sustratos	17
Lo que se sabe: experiencias en la preparación de sustratos	18
Materiales usados como sustrato	19
Porcentaje de los componentes del sustrato	21
Origen de los materiales para la elaboración del sustrato	22
Ventajas de los sustratos	23
Costos de producción del sustrato	23
Adición de fertilizante químico al sustrato	24
AGROSAVIA: lo que se recomienda en cuanto a los sustratos	24
Porcentaje de los componentes del sustrato	24
Materiales con que cuenta el viverista para el sustrato	25
Características deseables de un sustrato	27
Proporción de los materiales para la elaboración del sustrato	29
Costos de un sustrato	31
Adición de fertilizante químico al sustrato	33
Otros materiales con los que cuenta una región	33

Capítulo II

Patrones	37
Lo que saben los viveristas: experiencia en patrones	38
Selección del patrón	38
Selección de la plántula que germina de una semilla	39
Tratamiento previo de la semilla	39
Origen y siembra de la semilla utilizada como patrón	40

AGROSAVIA: lo que se recomienda sobre patrones y yemas	42
Cómo seleccionar el patrón	43
Obtención de semilla para patrón	46
Tratamiento de la semilla	48
Siembra de la semilla	49
Selección de la plántula para el desarrollo del patrón	49

Capítulo III

Injertos	51
Lo que saben los viveristas sobre los injertos: su experiencia	52
Selección de las yemas a injertar	52
Origen de las varetas o yemas a injertar	52
AGROSAVIA: lo que se recomienda sobre yemas e injertos	52
Selección de la yema a injertar	53
Procedencia de las yemas a injertar	56
Técnica de injertación	57
Los autores	61
Referencias	63
Anexo	67
Elaboración del compostaje	67
Por qué no utilizar boñiga y excretas frescas o material orgánico sin descomponer	69

Lista de figuras

Figura 1	Diferentes mezclas de sustratos para la siembra de mango en vivero	18
Figura 2	Materiales usados para la preparación de los sustratos	19
Figura 3	Tierra de la sabana de Bogotá extraída en camión dobletroque para preparar sustratos en vivero	20
Figura 4	Ejemplo de sustrato con una proporción de 2:1 con suelos de la sabana de Bogotá	22
Figura 5	Material que recubre los embriones del mango (testa o hueso)	27
Figura 6	Semillas del patrón Hilaza (poliembriónicas) para su utilización como patrón	38
Figura 7	Semillero para la germinación de las plantas a utilizar como patrones	39
Figura 8	Muestra de almendras de semillas de mango Hilaza	40
Figura 9	Procedimiento para la eliminación de la testa de la semilla	41
Figura 10	Plántulas de mango Hilaza (o Hilacha)	41
Figura 11	Canastilla con frutos recogidos a los que se les ha eliminado la pulpa	46
Figura 12	Semilla con testa y semilla desnuda	47
Figura 13	Posición de la semilla de mango para siembra	47
Figura 14	Retiro de la testa para favorecer el prendimiento	48
Figura 15	Patrones con el tamaño ideal para la injertación	57
Figura 16	Técnica de injertación con el método de bisel	59
Figura A1	Esquema de entradas y salidas en la elaboración de un compost	68
Figura A2	Esquema de las diferentes fases que idealmente tiene la preparación del compost	70



Lista de tablas

Tabla 1	Materiales usados por los viveristas para realizar las mezclas de los sustratos	21
Tabla 2	Densidad aparente del sustrato a partir de las mezclas usadas por los viveristas	25
Tabla 3	Materiales promisorios para la elaboración de sustratos	26
Tabla 4	Características ideales de un buen sustrato	28
Tabla 5	Mezclas frecuentemente utilizadas por los viveristas para la elaboración de sustratos	29
Tabla 6	Estructura de costos de la elaboración de sustratos para el promedio de los viveros de la región Caribe, año 2016	32
Tabla 7	Estructura de costos de la elaboración de sustratos para otras mezclas usadas en la región Caribe	32
Tabla 8	Propiedades físicas de diferentes materiales empleados en la preparación de sustratos	34
Tabla 9	Patrones utilizados en otros países	44
Tabla 10	Firmeza de la cáscara en mangos criollos, en estado máximo de madurez, para consumo en fresco o para la agroindustria	54
Tabla 11	Variables de calidad para frutos de mango de algunas variedades utilizadas en Colombia, en estado de madurez, para consumo en fresco o para la agroindustria	56
Tabla A1	Relación de carbono/nitrógeno (C/N) de diferentes materiales	68



Presentación

Esta cartilla tiene por finalidad facilitar la apropiación del conocimiento y la aplicación práctica de dos aspectos por parte de los viveristas: la elaboración del sustrato y la producción del material de propagación bajo los criterios que se deben tener en cuenta para seleccionar patrones e injertos.

En Colombia existe poca información en relación con la producción de mango en la fase de vivero, pues, en general, los manuales se enfocan en la fase de establecimiento en campo y en su producción.

Esta publicación es un complemento a la Resolución 3180 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), del 26 de agosto de 2009, por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales.

La cartilla se elaboró en el marco del producto “Materiales genéticos sobresalientes de mango de Azúcar e Hilaza y recomendaciones técnicas y prácticas de manejo para propagación del material”, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en convenio con AGROSAVIA.

Agradecemos a los compañeros José Arboney Guzmán Muñoz y Yeison David López Galé por su acompañamiento y buena disposición en las visitas realizadas a los viveristas, así como a los siguientes viveristas que apoyaron, con su información, la elaboración de la presente publicación:

Vivero	Departamento	Viveristas
Vivero de Don Oscar	Magdalena	Oscar Gutiérrez
Cayetano	Magdalena	Cayetano Arroyo
Los Campanos	Magdalena	Harold Córdoba
El Bosque	Magdalena	Francisco Murgas
Coagrupadi	Magdalena	Alfredo Pertunca
Alexander Parada	Magdalena	Alexander Parada
La Selva	Magdalena	Carlos Javier Ferrer Ortega
Vista Hermosa	Magdalena	Huber González
Villa Esperanza	Tolima	Sandra Salas y don Nelson
Colfrutales	Tolima	Arnulfo Lugo
Solrojo	Tolima	Pablo Barrios
Magdalena River	Tolima	Luis Aguilar
Limonar	Tolima	Henry “Helbert” Rodríguez
Tropical	Tolima	Luz Ángela Céspedes
El Piñal	Cundinamarca	Carlos Eduardo Hernández
Plantaciones Hebert	Cundinamarca	
Las Vegas	Cundinamarca	Éver de Jesús Marín
Tairona	Cundinamarca	Arnulfo Méndez
Apulo	Cundinamarca	Nelson Plazas
La Chica 1	Cundinamarca	Alfonso y Arley Mancera
La Chica	Cundinamarca	Jesús Ortiz
El Tropical	Cundinamarca	Néstor Hernández
Plantación Los Mangos	Cundinamarca	Francisco Serrato

(Continuación tabla)

Vivero	Departamento	Viveristas
El Tigre	Cundinamarca	Henry Castro
El Palacio de los Frutales	Cundinamarca	Martha
Anapoima	Cundinamarca	José Ignacio García
Frutales del Tequendama	Cundinamarca	Adriano Horacio Carrillo
Plantares de Colombia	Cundinamarca	Daniel Palacios
Plantalia	Valle del Cauca	Carlos Alberto Rodríguez
Artesanías Roldanillo	Valle del Cauca	Jorge Tamayo
Los Pinos	Valle del Cauca	Pedro Ramírez
El Progreso	Valle del Cauca	Yimy Alexander Murillo
Rancho Carolina	Valle del Cauca	Indira Adriana Alzate
El Jubilar	Valle del Cauca	Orlando de Jesús Caña
Pavas	Valle del Cauca	Alejandro Navajo
Solo Frutales	Valle del Cauca	Herney López Agredo
Profrutales	Valle del Cauca	Diego Corrales
El Sesteo	Valle del Cauca	Jair Daza
El Hawei	Valle del Cauca	Samuel Andrés Aristizábal
Jaibaná	Risaralda	Alberto Sanín y Jorge Esteban Aguirre
San Cayetano	Risaralda	Yira Cardona
Frutales del Eje Cafetero	Quindío	Julián David Hurtado
Frutales y Ornamentales del Quindío	Quindío	James Muñoz López
La Esmeralda	Quindío	Leidy Johana Martínez
Caracolí	Quindío	Fabio Andrés García







Capítulo I

Los sustratos

El problema de la disponibilidad de sustratos puede llegar a ser importante dado que a corto plazo es posible que haya limitaciones o una prohibición de utilizar el suelo, teniendo en cuenta que es un recurso no renovable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015); por otra parte, en general, el viverista no posee recursos para producir sustratos orgánicos o inorgánicos, y los materiales importados, como la turba, son costosos y no lo satisfacen completamente.

Lo que se sabe: experiencias en la preparación de sustratos

Los viveristas desconocen la existencia de empresas que se dediquen a producir sustratos, por lo que cada uno prepara el sustrato de acuerdo con su experiencia.

La fórmula no se ha estandarizado, por lo que las mezclas se realizan en diferentes proporciones, por medio del método de ensayo y error, que consiste en formular mezclas en las que las proporciones de los materiales utilizados se establecen de acuerdo con lo que se va observando. En la figura 1 se muestran diferentes mezclas de sustratos empleadas frecuentemente para la siembra de mango en vivero.



Foto: Carlos Abaunza

Figura 1. Diferentes mezclas de sustratos para la siembra de mango en vivero.

Lo que se busca en la elaboración del sustrato es, en primer lugar, la combinación de materiales que aporten nutrientes y soporte al desarrollo de la raíz y, en segundo lugar, que estos materiales sean livianos, de tal manera que cuando el sustrato se coloque en la bolsa con las plántulas, esta no quede tan pesada, pues el transportador determina el número de bolsas que puede cargar según la capacidad del vehículo a disposición.

Materiales usados como sustrato

En la región del departamento de Magdalena, el material más utilizado es el abono de río, que es el sedimento que dejan los ríos en las orillas, al cual se le agrega cascarilla de arroz, generalmente sin quemar (Abaunza, Arcila, & Yacomelo, 2016). En la figura 2 se muestran los materiales usados para la preparación de los sustratos.



Fotos: Carlos Abaunza

Figura 2. Materiales usados para la preparación de los sustratos. a. Cascarilla de arroz sin quemar a granel; b. Tierra de suelo y cascarilla de arroz en pacas de 50 kilos.

El sedimento de río se cuela para evitar la presencia de semillas de malezas y de esto-lones de coquito (*Cyperus rotundus*) en el sustrato a utilizar en el vivero. Algunas veces, si hay disponibilidad, el sustrato se puede mezclar con boñiga de vaca o con abono de hormiga, y también se le puede agregar aserrín. Para mejorar la calidad nutricional del sustrato, se puede emplear un fertilizante químico, como el Triple 15 o urea, en general, en dosis de 1 kg/m^3 de sustrato, o a veces se aplican cerca de 5 g en la bolsa.

En Tolima, por ejemplo, se aprovecha el limo que se saca de los canales de riego y se mezcla con cascarilla de arroz cruda o quemada. El limo recogido se desinfecta con Vitavax® para el control de hongos.

En Cundinamarca, por su parte, en vez de sedimentos de río o de canales de riego, se utiliza tierra negra extraída del descapote de lotes que están siendo urbanizados en la sabana de Bogotá (figura 3); esta tierra se mezcla con cascarilla y juntas forman un sustrato excelente.



Foto: Carlos Abaunza

Figura 3. Tierra de la sabana de Bogotá extraída en camión dobletroque para preparar sustratos en vivero.

Asimismo, en la zona cafetera, se aprovechan los residuos de café para mezclarlos con el suelo, con cascarilla de arroz y con cal agrícola o dolomita para mejorar el pH. Para la desinfección se utilizan Lorsban® en polvo o Furadan®.

Hasta ahora, no se ha requerido la búsqueda de materiales alternativos para la preparación de los sustratos, pues con los materiales disponibles se resuelven las necesidades. Sin embargo, los viveristas manifiestan su preocupación ante la posibilidad de que se prohíba el uso de suelo agrícola como sustrato, haciendo referencia a información recibida por funcionarios de Corpoica, hoy AGROSAVIA, con lo que se crearía la necesidad de modificar las mezclas utilizadas.

La tabla 1 muestra los materiales que se usan frecuentemente para realizar la mezcla de los sustratos.

Tabla 1. Materiales usados por los viveristas para realizar las mezclas de los sustratos

Tierra negra o de descapote	Bagazo de caña
Cascarilla de arroz (quemada o sin quemar)	Pino molido
Residuos de café	Abono de hormiga o boñiga de vaca
Sedimentos de río o de canales de riego	Compost de diferentes materiales vegetales
Arena (gruesa o delgada)	Cachaza compostada
Escoria	Semicachaza

Fuente: Elaboración propia

Por lo pronto, los viveristas no han buscado alternativas de sustratos diferentes a la cascarilla de arroz, el sedimento de ríos o canales de riego y la tierra, ya que estos son los más comunes y fáciles de obtener. En ocasiones, a la mezcla de los sustratos o directamente a la bolsa llena le agregan cal dolomita, DAP o NPK, en diferentes proporciones. Algunos viveristas también utilizan *Trichoderma* spp. con buenos resultados.

Porcentaje de los componentes del sustrato

La proporción de los materiales que se utilizan para la elaboración de los sustratos no está estandarizada por dos motivos: en primer lugar, porque la tierra no siempre es la misma, y en segundo, porque el precio de la cascarilla varía mucho, de allí que se emplee en mayor o menor proporción.

La unidad de medida que utilizan los viveristas para la mezcla es la carretillada, y lo que prevén es que el sustrato no quede muy pesado ni muy liviano. Hasta ahora, se han elaborado diferentes sustratos mezclando diversos materiales en las proporciones que se mencionan a continuación:

- Una carretillada de abono, media de cascarilla y un kilo de abono químico.
- Dos partes de arena por una de aserrín.
- Una carretillada de tierra, una de cascarilla y diez kilos de abono orgánico.
- Cuatro carretilladas de limo, ocho carretilladas de las dos cascarillas (cuatro de quemada y cuatro de la cruda) y medio bulto de gallinaza.
- Dos carretilladas de tierra negra por una de cascarilla no quemada.

- Diez partes de tierra por siete de cisco del Tolima.
- Tres carretilladas de tierra negra, tres de cascarilla y media de gallinaza.
- Dos partes de sedimento de río por una de cascarilla y abono orgánico (hormigaza o Abimgra®).

Como se observa, las mezclas no están estandarizadas y dependen de los materiales que se van a utilizar. En la figura 4 se muestra un sustrato mezclado con una proporción de 2:1.



Fotos: Carlos Abaunza

Figura 4. Ejemplo de sustrato con una proporción de 2:1 con suelos de la sabana de Bogotá. a. Como queda el sustrato; b. Embolsado del sustrato.

Origen de los materiales para la elaboración del sustrato

El material se obtiene de diferentes zonas de acuerdo con la región:

- El sedimento se saca de los ríos (del material que dejan en sus curvas) o de los canales del distrito de riego; generalmente, los viveristas lo compran por volquetadas que después se llevan al vivero. Este método es muy utilizado en la costa Caribe.
- La tierra de descapote utilizada en Tolima o en Cundinamarca viene de la sabana de Bogotá, de las tierras que se van a urbanizar.
- Actualmente, la cascarilla de arroz se compra, aunque anteriormente la regalaban. Esta se utiliza en todas las regiones como parte del sustrato.
- Otros materiales como la gallinaza y los fertilizantes químicos se compran y se agregan en poca cantidad al sustrato.
- La boñiga de vaca, por su parte, se recoge de los potreros cercanos.

Ventajas de los sustratos

Cuando se usa el sedimento de río o de canales, el sustrato sale económico; sin embargo, se ha comentado que está prohibido usar la tierra que dejan los ríos a la orilla y se piensa que a mediano plazo no se va a contar con este material. Lo mismo ocurre con la tierra de descapote, por lo que se deben esperar las decisiones que tomarán los entes competentes.

Por su parte, con la mezcla de dos partes de arena por una de aserrín más boñiga de vaca y micorriza se han obtenido excelentes resultados.

Cuando se utiliza tierra de descapote, cascarilla y abono orgánico, se tiene la ventaja de que la tierra no se aprieta, lo que le ayuda a la raíz debido a que crece en un sustrato suelto. Además, con tierra negra de descapote, el sustrato funciona mejor que con el lodo, ya que la tierra negra es liviana. Con lodos de los canales de riego se empezaron a presentar problemas con la bacteria *Erwinia*, la cual aumentó su población y puede afectar el proceso. Algunos viveristas, cuando ya tienen la mezcla lista, la tapan con plástico durante ocho días expuesta al sol, con el fin de desinfectar el suelo.

Costos de producción del sustrato

No se ha hecho un análisis de costos para determinar el valor monetario del sustrato porque los materiales para producirlo no siempre se consiguen al mismo precio; sin embargo, se calcula que cada bolsa llena de sustrato de aproximadamente 4 kg debe salir a, por lo menos, 1.000 pesos (COP).

Algunos precios de los materiales utilizados son:

- Una volquetada de 17 m³ de tierra de descapote cuesta entre 180.000 y 200.000 COP, y una de 6 m³, entre 70.000 y 100.000, dependiendo de la distancia hasta el sitio de entrega.
- Una volquetada de 5 m³ de arena de río (lodo) puede costar entre 200.000 y 350.000 COP puesta en el vivero.
- Una paca de 50 kg de cascarilla de arroz vale 30.000 COP.
- Nueve toneladas de cascarilla de arroz a granel pueden costar aproximadamente 300.000 COP.
- Un bulto de cascarilla de arroz de aproximadamente 12 kg puede costar entre 5.000 y 12.000 COP.

Adición de fertilizante químico al sustrato

En cuanto al fertilizante químico, es común que los viveristas agreguen un poco de Triple 15; otros agregan urea, y muy pocos agregan un fertilizante biológico. Algunos viveristas complementan la fertilización con productos químicos para controlar la germinación de semillas o atenuar la presencia de hongos. Los viveristas no han indagado sobre qué otros materiales de la región sirven para realizar un sustrato, seguramente porque aún se cuenta con los materiales vistos.

AGROSAVIA: lo que se recomienda en cuanto a los sustratos

El uso de sustratos precisa de conocimientos, y por ello, un requisito previo es conocer bien sus características y propiedades. Así, es importante comprender tres aspectos en relación con los sustratos: 1) las características ideales, 2) los materiales con los que un viverista puede contar en la región y 3) la calidad del sustrato, la cual depende de la utilización de las proporciones adecuadas de los materiales que lo componen; además, un sustrato ideal debe producirse al menor costo y con el menor peso posible, debido a la necesidad del transporte de las plántulas.

Porcentaje de los componentes del sustrato

El sustrato óptimo se define como aquel material de textura entre gruesa (con un tamaño de partícula mayor a 0,9 mm) y media, con una distribución del tamaño de los poros de entre 30 y 300 micrómetros (μm) (entre 0,25 y 2,5 mm), que retiene suficiente agua fácilmente disponible y posee un adecuado contenido de aire (Abad, Noguera, & Carrión, 2004).

Dependiendo de los materiales a usar, estos se mezclan en diferentes proporciones y, por ende, la densidad aparente se modifica (tabla 2).

Tabla 2. Densidad aparente del sustrato a partir de las mezclas usadas por los viveristas

Mezclas utilizadas	Proporción	Densidad aparente (g/cm³)
Tierra negra + arena fina	1:1	1,29
Limo de río + cascarilla sin quemar + cascarilla quemada	1:2:1	0,49
Tierra negra + arena fina	2:1	0,69
Tierra negra + cascarilla	1:1	0,90
Tierra negra + cascarilla	2:2,5	0,70
Lodo de río + cascarilla	2:1	1,18
Abono de río + cascarilla	1:3	0,33
Abono de río + cascarilla	1:2	0,40
Abono de río + cascarilla	1:1	0,56
Abono de río + cascarilla	2:1	0,72
Abono de río + cascarilla	3:1	0,79

Fuente: Abaunza, Arcila y Yacomelo (2016)

Materiales con que cuenta el viverista para el sustrato

Es importante que el viverista identifique y evalúe materiales que pueda encontrar en la región. En el alistamiento de la semilla para patrón de mango, se genera un sub-producto, que es la testa o hueso de la semilla, que podría ser un material alternativo para la elaboración de los sustratos (figura 5).

La tabla 3 presenta una variedad de materiales con que cuentan algunas regiones del país para la elaboración de sustratos.

Tabla 3. Materiales promisorios para la elaboración de sustratos

Materiales inorgánicos			Materiales orgánicos		
De origen natural	Transformados o tratados	Residuos y subproductos industriales	De origen natural	De síntesis	Subproductos y residuos de las actividades agrícolas
Arena	Arcilla expandida	Escorias de fundición	Turbas	Espuma de poliuretano	Tamos
Tierra de descapote	Vermiculita	Ladrillo molido	Acículas o agujas de pino	Poliestireno expandido	Cascarilla de arroz (quemada y sin quemar)
Suelo de río	Perlita				Estiércoles (bovinaza, porquinaza y gallinaza)
Roca ígnea tezontle					Corteza de árboles
Perlita o vidrio volcánico					Aserrín
					Fibra de coco
					Lodos de depuración de aguas
					Cáscara y residuos de poscosecha de cacao o mango
					Compostajes de diferentes materiales (bagazo de caña, pergamino de café, caprinaza, corteza de pino, desechos vegetales, estiércoles...)

Fuente: Elaboración propia



Foto: Kathleen Baquero

Figura 5. Material que recubre los embriones del mango (testa o hueso).

Ya que muchos materiales tienen un origen orgánico (como la boñiga o los subproductos de cosecha), lo más adecuado es que estos tengan un tratamiento para estabilizarlos y evitar problemas de tipo sanitario, especialmente con materiales como las excretas de los animales, y para ello se utiliza el compostaje.

Los compostajes requieren un análisis más extendido, pero con un uso adecuado, se pueden utilizar materiales orgánicos y, así, se puede ahorrar en la adquisición de fertilizantes; sin embargo, se debe tener en cuenta que esto es funcional si los compostajes se preparan, pero no lo es si se compran, pues el costo del sustrato se elevaría. El anexo, al final de la cartilla, describe los aspectos necesarios para realizar un buen compostaje.

Características deseables de un sustrato

Las siguientes son recomendaciones para la composición de un sustrato (Abad et al., 2004):

- Acumular y suministrar grandes cantidades de agua para permitir intervalos amplios entre los riegos.

- Establecer una estructura estable a lo largo del periodo de empleo y una textura conocida que haga posible mantener una gran aireación del sistema radicular, incluso si se produce un exceso de riego.
- Dejar absorber y retener los nutrientes en forma asimilable para las plantas y contar con una buena capacidad amortiguadora para compensar cualquier exceso o déficit de nutrientes.
- Evitar la entrada de hierbas, especialmente del coquito (*Cyperus rotundus*), pues es considerada una de las malezas más difíciles de controlar.

En la tabla 4 se presentan las características de un sustrato ideal con sus valores recomendados.

Tabla 4. Características ideales de un buen sustrato

Característica	Valor
Densidad aparente	Inferior a 0,4 g/cm ³
Densidad real	1,44 g/cm ³
Espacio poroso total	85 %
Fase sólida	10 %-15 %
Contenido de aire	20 %-30 %
Agua fácilmente disponible	20 %-30 %
Agua de reserva	6 %-10 %
Capacidad de retención de agua	600-1.000 mL/L o 55 %-70 %
pH	5,5-6,5
Capacidad de intercambio catiónico	10-30 mEq/100 g de peso seco
Contenido de sales solubles	200 ppm (2 mS/cm)

mEq: miliequivalentes; ppm: partes por millón; mS: milisiemens
Fuente: FAO (2002, p. 151)

Proporción de los materiales para la elaboración del sustrato

La proporción de la mezcla debe ser simple, pues el uso de muchos materiales dificulta la mezcla y la manipulación de grandes volúmenes.

Las propiedades físicas de los materiales a utilizar en la mezcla difieren cuando se combinan. La tabla 5 plantea algunas mezclas utilizadas por los viveristas, pero se requiere un estudio más amplio en relación con la evaluación de mezclas de materiales que le facilite al viverista realizar sustratos sin recurrir al ensayo y error.

Tabla 5. Mezclas frecuentemente utilizadas por los viveristas para la elaboración de sustratos

Material 1	Material 2	Material 3	Proporción	Densidad aparente (g/cm ³)
Tierra	Cascarilla de arroz	Abono orgánico	1:1:0,1	0,39
Limo de canal	Cascarilla de arroz	Cascarilla quemada	1:1:1	0,49
Tierra negra	Cascarilla de arroz		2:1	0,54
Tierra negra	Cascarilla de arroz		1:2,5	0,56
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		1,5:1	0,57
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		2:1,5	0,58
Abono de río	Cascarilla de arroz	Hormigaza	2:3:0,1	0,58
Tierra negra	Cascarilla de arroz	Cachaza (cascarilla quemada)	1:0,5:1	0,59
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		3:2	0,60

(Continuación tabla 5)

Material 1	Material 2	Material 3	Proporción	Densidad aparente (g/cm ³)
Tierra negra	Cascarilla de arroz		6:1	0,62
Tierra negra	Cascarilla de arroz		6:1	0,63
Tierra negra	Cascarilla de arroz		6:1	0,64
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		2:1	0,65
Tierra negra	Arena fina	Cascarilla de arroz	2:1:0,5	0,69
Tierra negra	Cascarilla de arroz	Materia orgánica	7:1:1	0,73
Tierra negra	Cascarilla de arroz		7:1	0,76
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		2:1	0,76
Tierra negra	Cascarilla de arroz		1:1	0,82
Tierra de la sabana de Bogotá	Cascarilla de arroz		7:1	0,98
Abono de río	Cascarilla de arroz		2:1	1,08
Lodo	Cascarilla de arroz		1:1	1,18
Tierra negra	Tierra amarilla	Cascarilla de arroz	3:2,5:1,2	1,25

Fuente: Abaunza et al. (2016)

Una forma eficaz para determinar la densidad aparente antes de elaborar un sustrato es hacer un poco, es decir, mezclar los componentes en una cantidad mínima, de la siguiente manera:

1. Conseguir una vasija y determinar su volumen: este se puede obtener llenando la vasija con agua con un volumen conocido (con una botella de gaseosa de un litro, por ejemplo).
2. Hacer mezclas con los materiales que se tienen considerando la relación o proporción de mezcla (es decir, una cantidad determinada por cada componente de la mezcla).
3. Obtener su masa (en gramos).
4. Con el volumen obtenido, aplicar la siguiente fórmula:

$$\rho = m/v,$$

donde ρ es la densidad, m es la masa en gramos y v es el volumen en cm^3 .

El valor final de la densidad aparente debe estar entre 0,22 y 0,50 ρ , que son los límites que suministra la literatura para sustratos óptimos.

Costos de un sustrato

Los viveristas reconocen que los sustratos que utilizan actualmente distan de ser los óptimos en términos de calidad y costo, ya que, a excepción de las turbas importadas, las materias primas disponibles son inestables y heterogéneas, lo cual no permite realizar un programa estandarizado para la producción del sustrato.

Los materiales de la mezcla representan un 86 % de los costos, porcentaje que incluye el transporte, porque generalmente el viverista los compra puestos en el vivero; el resto corresponde a la mano de obra para la elaboración del sustrato y el llenado de las bolsas. En la tabla 6 se presenta una estructura de costos de la elaboración de los sustratos para el promedio de los viveros de la región Caribe correspondiente al año 2016.

Tabla 6. Estructura de costos de la elaboración de sustratos para el promedio de los viveros de la región Caribe, año 2016

Material	COP/m ³	Mezcla (porcentaje)	Total (COP/m ³)	Porcentaje
Lodo o sedimento de río	40.000	35	14.000	14,51
Cascarilla (valor para el departamento del Magdalena)	99.000	65	64.350	66,68
Mano de obra para mezcla de los componentes	4.310		4.310	4,47
Mano de obra para llenado de las bolsas*	13.851		13.851	14,35
Total (m ³)			96.511	100,00
Total para una bolsa de mango			519	

* El cálculo del llenado de una bolsa en COP/m³ se hizo siguiendo los siguientes criterios: una bolsa para plátano mango pesa 4 kg; la densidad aparente promedio fue de 0,744 g/cm³; un trabajador llena aproximadamente 350 bolsas por día. No se tomó en cuenta la densidad generada en laboratorio con la proporción dada, pues generalmente el viverista comprime la mezcla en la bolsa, y teniendo en cuenta que la mezcla tiende a compactarse con el tiempo.

Fuente: Abaunza et al. (2016)

La tabla 7 presenta una estructura de costos de la elaboración de sustratos para otras mezclas usadas en la región Caribe.

Tabla 7. Estructura de costos de la elaboración de sustratos para otras mezclas usadas en la región Caribe

Mezcla	Densidad aproximada (g/m ³)	Proporción	Porcentaje	Total (COP/m ³)	Total (COP/bolsa)
Lodo o sedimento de río + cascarilla	0,33	1:3	30 y 70	99.461	535
Lodo o sedimento de río + cascarilla	0,40	1:2	20 y 80	105.361	565
Lodo o sedimento de río + cascarilla	0,56	1:1	50 y 50	87.661	471

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Mezcla	Densidad aproximada (g/m ³)	Proporción	Porcentaje	Total (COP/m ³)	Total (COP/bolsa)
Lodo o sedimento de río + cascarilla	0,72	2:1	80 y 20	69.961	376
Lodo o sedimento de río + cascarilla	0,79	3:1	70 y 30	75.861	407

Fuente: Abaunza et al. (2016)

Utilizar más cascarilla que sedimento de río puede ser beneficioso debido a la disminución del peso total de la bolsa, lo que representa una de las características que busca un viverista, pues los valores del flete del árbol o la bolsa se calculan por el peso.

En regiones arroceras como Tolima, por ejemplo, la cascarilla de arroz tiene un precio menor aproximado de 57.142 COP/m³, por lo cual el sustrato baja de precio un 7 %.

Adición de fertilizante químico al sustrato

El uso de cal es adecuado para el ajuste del pH, pero se requiere determinar la cantidad previamente; lo más económico es realizar el cálculo con tiras de papel (papel indicador universal). Otros fertilizantes pueden ser agregados al momento de la siembra, es decir, en cada bolsa.

Las plántulas de mango presentan una respuesta positiva a la interacción de micorrizas, compost y fijadores de nitrógeno, así como a la de compost y caldos minerales, que por lo general desarrolla un sistema radical abundante, mayor grosor y altura del tallo e, igualmente, una mejor área foliar, que representa una disminución en el tiempo de injertación y, por lo tanto, de los costos del manejo de las plántulas en el vivero (Caicedo et al., 2010).

Otros materiales con los que cuenta una región

Una región puede utilizar muchos materiales, especialmente residuos de cosecha. La selección de un material para la realización de un sustrato depende de su costo, de la facilidad para realizar la mezcla y de la disponibilidad en la región donde esté situado el vivero.

Los materiales más promisorios continúan siendo la cascarilla de arroz, el pergamino de café, la cacota o cáscara de cacao y los subproductos del mango, como la testa y la cáscara, pero, como se indicó anteriormente, es necesario realizar el proceso de compostaje de estos materiales.

En la tabla 8 se presentan las propiedades físicas de diferentes materiales empleados en la preparación de sustratos. Sin embargo, es importante destacar que los materiales cambian sus propiedades durante el proceso de mezcla, y por eso es necesario un estudio de mayor alcance que permita evaluar las propiedades físicas adquiridas por el sustrato.

Tabla 8. Propiedades físicas de diferentes materiales empleados en la preparación de sustratos

Material	Porosidad total (porcentaje)	Porosidad de aireación (porcentaje)	Capacidad de retención de humedad (porcentaje)	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad de partículas (g/cm ³)
Aserrín de coco	76,26 cd	20,53 d	55,73 cde	0,06 f	0,26 g
Bagacillo de caña fresco	72,59 ef	10,72 fg	61,87 b	0,07 ef	0,25 g
Bagacillo de caña compostado	75,08 de	19,58 d	55,51 cde	0,11 c	0,45 cd
Pergamino de café molido	68,10 g	19,88 d	48,22 f	0,18 b	0,57 b
Pergamino de café sin moler	80,70 a	64,07 b	16,63 g	0,06 f	0,32 fg
Cascarilla de arroz	79,88 ab	69,45 a	10,43 h	0,08 ef	0,39 def

(Continuación tabla 8)

Material	Porosidad total (porcentaje)	Porosidad de aireación (porcentaje)	Capacidad de retención de humedad (porcentaje)	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad de partículas (g/cm ³)
Aserrín de madera	79,31 ab	26,07 c	53,24 e	0,09 de	0,41 cde
Turba de río	74,84 def	17,61 de	57,23 cd	0,10 cd	0,46 cd
Capriabono	54,99 h	1,36 h	53,63 de	0,61 a	1,35 a
Turba Promix	76,14 cd	12,23 fg	63,91 b	0,09 de	0,36 ef
Turba Sogemix	72,22 f	14,44 ef	57,77 c	0,12 c	0,42 cde
Turba Biolan	77,95 bc	8,66 g	69,29 a	0,11 c	0,48 c

Nota: Las distintas letras indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de medias de Tukey.
Fuente: Bracho, Pierre y Quiroz (2009)



Capítulo II

Patrones

“Las investigaciones sobre patrones y sobre la interacción patrón/cultivar se consideran en la actualidad como dos de los más importantes temas pendientes de este cultivo” (Galán, 2016, p. 3).

La utilización de plantas injertadas sobre patrones promisorios en vez de plántulas provenientes directamente de semillas para el establecimiento de plantaciones tiene como finalidad la reducción de la fase juvenil de la planta, lo que reduce el tiempo hasta la producción.

En los estudios realizados hasta el momento, no ha surgido un patrón que supere las características promisorias del patrón Hilaza (poliembriónico), que es tradicionalmente el más empleado en Colombia. En la figura 6 se muestran semillas del patrón Hilaza listas para su utilización en vivero.



Foto: Kathleen Baquero

Figura 6. Semillas del patrón Hilaza (poliembriónicas) para su utilización como patrón.

Lo que saben los viveristas: experiencia en patrones

En general, los viveristas no tienen plantaciones para la recolección de frutos y la posterior extracción de las semillas como patrones. Tienen claro que el mango Hilaza es el más utilizado, lo consideran rústico y por su experiencia empírica han observado buena germinación, rápido crecimiento en el vivero y compatibilidad con el injerto, características que se expresan en un alto porcentaje de prendimiento.

Generalmente, cuando los viveristas comercializan arbolitos injertados, reportan información sobre la copa, pero no sobre el patrón; en este sentido, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) les sugiere que averigüen también el tipo (nombre vulgar) y la procedencia del patrón (ICA, 2010). Además, desconocen la influencia del patrón sobre el injerto (copa) en cuanto a producción, calidad y tamaño del árbol.

Selección del patrón

En cuanto a variedad, se utiliza el mango Hilaza, llamado así en el Caribe, pero conocido también como “Hilacha” o “Magdalena River” en el interior del país.

En la práctica, los viveristas seleccionan los patrones en función de la disponibilidad de semillas, sin prestar especial atención a los beneficios para el cultivar que se va a injertar sobre ellos. Cuando escogen un árbol para recolección de semillas, observan que esté bien formado y con frutos grandes y que estas midan entre 5 y 6 cm; el mango pequeño es desechado. Asimismo, han observado que, cuando la temporada seca o de baja precipitación se extiende por el fenómeno de El Niño, el embrión de las semillas no se forma bien.

Selección de la plántula que germina de una semilla

Los viveristas no utilizan germinadores o eras, sino que siembran la semilla completa directamente en el sustrato de la bolsa. Como la semilla es poliembriónica, cuando germina, los viveristas dejan una sola que no tenga la raíz torcida (cuello de ganso). No hacen semillero porque, según sus palabras, “implica un mayor trabajo”. En la figura 7 se muestra un semillero para la germinación de las plantas a utilizar como patrones.



Fotos: Kathleen Baquero

Figura 7. Semillero para la germinación de las plantas a utilizar como patrones. a. Semilla protegida con fungicida; b. Emergencia de las plántulas; c. Plántulas listas para el trasplante a bolsa.

Tratamiento previo de la semilla

El tratamiento previo de la semilla consiste en lavado, desinfección, remoción del endocarpio (según los viveristas, la “coraza”, “hueso” o “testa”) y aplicación de un fungicida, cuyo ingrediente puede ser un compuesto que contenga cobre. En la figura 8 se presentan almendras de semillas del mango Hilaza, los embriones y las plántulas.



Fotos: Kathleen Baquero

Figura 8. Muestra de almendras de semillas de mango Hilaza. a. Semillas; b. Separación de embriones de una semilla poliembriónica; c. Emergencia de varias plántulas de una sola semilla poliembriónica.

Otra práctica usada en los viveros consiste en eliminar la testa de las semillas para dejar expuestas las almendras y proceder con la desinfección con hipoclorito de sodio para, posteriormente, aplicarles Oasis¹ y, finalmente, sembrar en la bolsa.

En algunos viveros se realiza el descarte de las semillas vanas, lo cual consiste en sumergir las semillas en agua y eliminar las que floten.

Origen y siembra de la semilla utilizada como patrón

En términos generales, no hay características específicas para la selección del árbol del cual se tomarán las semillas; sin embargo, se prefiere que este sea frondoso y que esté sano fitosanitariamente.

En cuanto a las semillas, se seleccionan las más grandes. Muchas veces, se compran producciones de mango, se lavan y se les quita la pulpa y la testa (figura 9) para sacar la almendra; como se dijo, la semilla tiene que medir entre 5 y 6 cm, y el mango pequeño se desecha.

El viverista, por lo general, no elabora semilleros, pues lo que comúnmente hace es sembrar directamente la semilla en la bolsa; a la semilla, previamente, se le realiza un corte con tijeras para facilitar la emergencia de las plántulas germinadas de los embriones. Posteriormente, se selecciona la plántula más vigorosa y que a su vez esté en el centro de la bolsa.

¹ Oasis es un fertilizante simple N, para aplicación al suelo, que puede utilizarse en mezcla con biopreparados, microorganismos y biofertilizantes para potencializar la nutrición biológica.



Foto: Karhleen Baquero

Figura 9. Procedimiento para la eliminación de la testa de la semilla.

Se ha observado que la variedad Hilaza se adapta mejor a diferentes tipos de suelos y por tradición es la variedad que se utiliza como patrón en Colombia. En la figura 10 se muestran plántulas de mango Hilaza (o Hilacha).



Fotos: Carlos Abaunza

Figura 10. Plántulas de mango Hilaza (o Hilacha). a. Plántulas con el grosor adecuado para ser injertadas; b. Plántulas injertadas.

Otros viveristas cosechan las semillas de árboles frondosos y cuyos frutos sean de color amarillo.

Por el momento, no hay una semilla certificada, pero se sabe que en Valle del Cauca existe un vivero que vende patrones provenientes de un lote específico para ese fin, incluso diferentes al patrón Hilaza.

AGROSAVIA: lo que se recomienda sobre patrones y yemas

Lo más recomendable es que tanto los patrones como las yemas (es decir, las varetas), que forman la copa del árbol, provengan de un jardín clonal. Un jardín clonal es un sitio dentro del vivero (preferiblemente) en el cual se siembran clones seleccionados e identificados por su alto rendimiento, su adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la zona y su tolerancia a plagas y enfermedades. Estos clones provienen de una planta madre que ha sido propagada asexualmente y se preparan para proporcionar material vegetal genéticamente seleccionado, joven y sano, lo cual garantiza un alto porcentaje de prendimiento en el proceso de injertación (Asoheca, 2009).

Se puede dividir un jardín clonal en dos subcultivos. El primero se usa para la producción de varetas o yemas, en el cual se establecen los clones élite seleccionados por su alto rendimiento, su calidad, su arquitectura y su tolerancia a enfermedades y cuyos árboles se destinan para proveer material propagativo de calidad, que garantice un alto porcentaje de prendimiento en el proceso de injertación (Galán, 2016). El segundo, por su parte, se usa para la producción de semillas, donde se siembran los clones que proveen semillas para su utilización como patrones, los cuales son identificados por su arquitectura, su vigor y su tolerancia a enfermedades como la antracnosis. Las prácticas de establecimiento y manejo ejecutadas en ambos jardines son similares y están dirigidas a maximizar la productividad del material propagativo para suplir la demanda de plantas de alta calidad (Galán, 2016).

El jardín clonal debe considerarse como un cultivo direccionado a un sistema productivo intensivo y, por tanto, requiere de buenas prácticas culturales en sus respectivos procesos de establecimiento y mantenimiento.

La preferencia de un patrón en especial en el mundo puede darse por diferentes razones, como la tolerancia a las sales, al encharcamiento, a la sequía o a las plagas y enfermedades; la mejora de la absorción radicular de hierro u otros nutrientes; el efecto enanizante del árbol; el interinjerto; el aumento de la producción; el aumento o la reducción del tamaño del fruto, y la mejora de la calidad de este (Galán, 2016).

En Colombia, ha tomado relevancia la identificación de patrones que puedan transferir un efecto enanizante a los cultivares de mango, con el objeto de disminuir las distancias de siembra, facilitar la cosecha y aumentar la producción.

El uso de la variedad Arauca como portainjerto o como interinjerto se está evaluando para identificar dicho efecto enanizante; por otro lado, otros estudios reportan que esta variedad, utilizada como patrón, le confiere mayor peso del fruto a la variedad Tommy Atkins, a pesar de que la Arauca es un portainjerto menos vigoroso que la Hilaza (Casierra & Guzmán, 2009). Por otra parte, no hay recomendaciones específicas para alguna combinación patrón/cultivar.

Se sugiere, en las siembras nuevas, seleccionar como patronaje materiales adaptados a la región, preferiblemente del tipo de mango común o Hilaza, cuyos árboles, se asume, resisten condiciones adversas de sequía, salinidad, enfermedad o de suelos pesados, entre otras.

Cuando el viverista compra patrones en otras regiones, se considera pertinente conservar las facturas de compra y de transporte de las plántulas, así como la certificación sanitaria y de su origen, pues estos registros deben permanecer en la carpeta del predio por solicitud del ICA.

Cómo seleccionar el patrón

Idealmente, un patrón debería seleccionarse priorizando razones como: tolerancia a las sales, al encharcamiento, a la sequía y a plagas y enfermedades; mejora de la absorción radicular de hierro u otros nutrientes; efecto enanizante; interinjerto; aumento de la producción; aumento o reducción del tamaño del fruto, y mejora de la calidad de este.

En Colombia, es usual utilizar el mango Hilaza, además porque las recomendaciones específicas para alguna combinación patrón/yema son escasas.

En relación con el mango Arauca, es promisorio como patrón porque es la única selección local con características enanificantes, lo cual hace muy atractivo su cultivo en Colombia (Ríos Castaño et al., citados en Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Asociación Hortifrutícola de Colombia, 2013), pues actualmente se buscan árboles pequeños que, junto con un manejo de poda, se puedan implementar en cultivos intensivos.

En la tabla 9 se presenta un resumen de patrones utilizados en otros países pero que en Colombia aún no son muy tenidos en cuenta.

Tabla 9. Patrones utilizados en otros países

Patrón	País de procedencia	Observaciones
Arauca	Colombia	También señalado como patrón enanizante, es un patrón para uso preferiblemente en condiciones de aridez para la mayoría de los cultivares de Florida (Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt). Es resistente a la sequía, en especial con Van Dyke, pero también con Irwin, Kent y Tommy Atkins.
Hilaza, hilacha o Magdalena River	Colombia	Tiene buena compatibilidad, elevado vigor y buena productividad y crece bien en áreas salinas y encharcadas. Es tolerante a condiciones adversas de sequía o encharcamiento y se usa como patrón para los cultivares de Florida.
Coquinho	Brasil	No se recomienda para Tommy Atkins o Van Dyke por exceso de vigor.
Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt	EE. UU.	Estos cultivares de Florida se injertan sobre ellos mismos.
13-1	Israel	Son patrones poliembriónicos tolerantes a la salinidad; probados comercialmente como patrones con diversos cultivares de Florida; tienen mayor capacidad para absorber nutrientes, particularmente calcio y hierro, que permiten mayor control en la enfermedad de nariz blanda; hay evidencias de adaptación a condiciones adversas de suelo y en particular a suelos alcalinos de pH elevado; también hay evidencias de efectos enanizantes y cuentan con un alto grado de uniformidad en su progenie.
Mameyito	República Dominicana	No se recomienda como patrón para Keitt por problemas de clorosis férrica en suelos alcalinos.

(Continúa)

(Continuación tabla 9)

Patrón	País de procedencia	Observaciones
Gómera 1 (G1)	Islas Canarias	Colecciones de germoplasma de las Islas Canarias; no se ha detectado ningún problema de incompatibilidad del Ataulfo injertado sobre G1; tolerante a la salinidad; probado comercialmente como patrón con diversos cultivares de Florida.
Olour	India	Patrón poliembriónico tolerante a la salinidad.
Sukkary	Egipto	Patrón poliembriónico tolerante a la salinidad.
Amrapali	India	Patrón monoembriónico con efecto en la reducción del tamaño del árbol del cultivar injertado combinado con manejo para los cultivares de Florida y Ataulfo.
Piva	Sudáfrica	Efecto enanizante como patrón o como interinjerto sobre los cultivares de Florida, especialmente en plantaciones de gran densidad.
Irwin y Esmeralda		Efecto enanizante como interinjerto sobre diferentes cultivares, incluyendo no solo los de Florida sino también el Ataulfo.
Tangkai Panjang	Malasia	Capacidad para absorber nutrientes, particularmente calcio y hierro, que permiten mayor control en la enfermedad de nariz blanda.
Turpentine	India	Presenta evidencias de adaptación a condiciones adversas de suelo y en particular a suelos alcalinos de pH elevado.
Criollo	México	Patrones poliembriónicos para la mayoría de los cultivares; adquieren una mayor firmeza y riqueza con determinados componentes químicos que los dotan de una mayor resistencia a la mosca de la fruta.

Fuente: Elaboración propia a partir de Galán (2016)

Obtención de semilla para patrón

Las semillas para patrón idealmente deberían obtenerse de un huerto básico. Los frutos cosechados, en lo posible con un 70 % de madurez, que corresponde a cinco según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5139, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec, 2013a), son llevados en canastillas plásticas y almacenados aproximadamente de cuatro a cinco días, proceso que facilita el despulpe. En la figura 11 se muestra una canastilla con semillas de frutos despulpados.



Foto: Kathleen Baquero

Figura 11. Canastilla con frutos recogidos a los que se les ha eliminado la pulpa.

Posteriormente, se realizan los siguientes pasos:

- **Despulpe:** se deja la semilla completamente limpia; dejarla por cuatro o cinco días en la canastilla facilita el proceso.
- **Secado:** se secan las semillas en un mesón, sobre papel periódico, durante dos o tres días, preferiblemente bajo sombra.
- **Retiro del hueso:** para facilitar la emergencia de las plántulas, se recomienda eliminar la testa o hueso (endocarpio) partiendo de un corte superficial en la parte dorsal de las semillas; luego, se introducen en agua y se realiza la siembra en semillero (almácigo) o en bolsa. La figura 12 presenta semillas con testa y sin testa.



Foto: Kathleen Baquero

Figura 12. Semilla con testa y semilla desnuda.

La siembra de la semilla se realiza con la parte cóncava hacia arriba y levemente expuesta e inclinada en la superficie del suelo (aproximadamente un tercio de la semilla). Esto disminuye deformaciones en el tallo (figura 13).

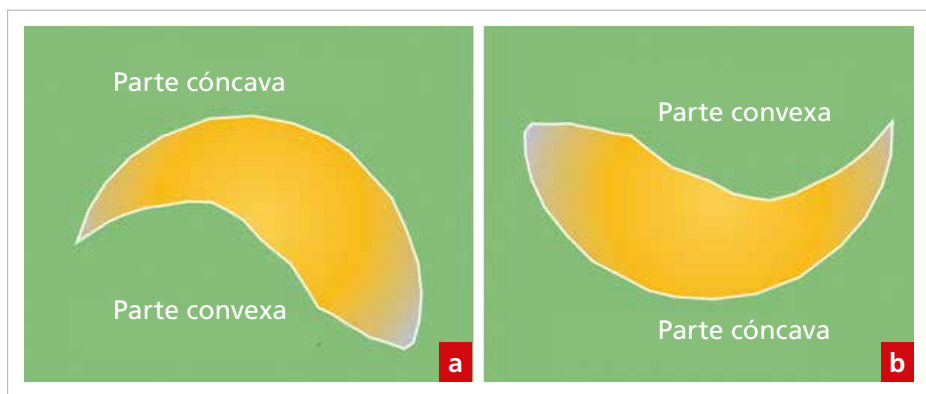


Figura 13. Posición de la semilla de mango para siembra. a. Posición ideal; b. Posición no deseable o no recomendable.

Fuente: Elaboración propia

Como generalmente el patrón es del cultivar Hilaza, la semilla es poliembriónica, es decir, contiene varios embriones de los cuales, generalmente, uno es cigótico y los otros se generan de la nucela o tejido maternal; difícilmente, a nivel de vivero, puede concluirse que la plántula elegida corresponde a un embrión cigótico o nucelar.

En todo caso, es preferible, como patrón, el uso de semillas provenientes de árboles poliembriónicos (variedades criollas), ya que se asume que originarán plantas uniformes y con buen desarrollo.

Tratamiento de la semilla

Los frutos cosechados para semillero deben ser llevados a una zona de acopio en canastillas plásticas y se les debe realizar el despulpe, secado y retiro del endocarpio o cubierta, como se explicó anteriormente (figura 14).



Foto: Marlon Yacomelo

Figura 14. Retiro de la testa para favorecer el prendimiento.

El proceso de secado tiene una duración aproximada de dos a tres días; luego, se limpian los cotiledones, retirando el tegumento de la semilla, se introducen en agua y se realiza la siembra directa en la bolsa.

La germinación se debe producir en un lapso de dos a tres semanas tras la siembra. Debido a que la semilla del mango Hilaza es poliembriónica, es decir, tiene más de dos embriones, nacen varias plántulas, de las cuales lo mejor es utilizar la que se encuentre mejor conformada en cuanto a que no tenga cuello de ganso.

Siembra de la semilla

Las semillas se siembran en bolsas plásticas calibre 3 con aditivo UV, de 43 cm de largo y 20 cm de ancho (cuando está vacía), incluyendo el fuelle, con al menos nueve perforaciones laterales en el tercio final, negras, de polietileno de primer uso (ICA, 2010) y aproximadamente de 6 L de volumen. Las semillas deben ser sembradas en sustratos que guarden las características descritas en el capítulo anterior.

La posición para sembrar la semilla en el sustrato debe ser con la parte cóncava hacia arriba, con la finalidad de atenuar problemas de enroscamiento de la raíz o del tallo (figura 13).

Selección de la plántula para el desarrollo del patrón

Dada la característica poliembriónica de la semilla de mango (desarrollo de dos o más embriones en una semilla, con un embrión generalmente cigótico, pero no siempre), hay probabilidad de obtener varios patrones de una misma semilla, por lo cual se realiza el raleo de los brotes, seleccionando especialmente aquellos con mayor vigor y mejor formación radicular. Una vez seleccionado el patrón, debe pasar un tiempo aproximado de 90 días para dar inicio a la injertación.

De las plántulas que emergen de una semilla poliembriónica, como la del mango Hilaza, existen diferentes versiones en relación con qué planta se debe tomar. Se considera que la más vigorosa proviene de un embrión cigótico y que, por lo tanto, no debería utilizarse, pues sus características son tanto del padre como de la madre; sin embargo, como el material a utilizar proveniente de la semilla es para realizar un portainjerto, aún es incipiente, en este sentido, la información en mango, a diferencia de los cítricos, con respecto a si se transfieren características a la copa injertada y, por ende, a la calidad del fruto.



Capítulo III

Injertos

Hacer un injerto es insertar una parte viva de una planta en otra, las cuales se unen vegetativamente; la planta base que recibe el injerto se conoce como “patrón”, mientras que la parte vegetativa acoplada comúnmente es conocida como “injerto”, “vareta” o “yema”.

Para realizar la injertación, es necesario que el patrón cumpla con las siguientes características:

- Diámetro del tallo de aproximadamente 1 cm, es decir, del grosor de un lápiz.
- Altura máxima de injertación de 30 cm.
- Buen porte y condiciones sanitarias adecuadas, es decir, que no presente síntomas por enfermedades.

Lo que saben los viveristas sobre los injertos: su experiencia

Los viveristas consideran la injertación como una labor especializada que no todos pueden hacer; un buen injertador es aquel que obtiene un 95 % de éxito en el pegue del injerto.

Selección de las yemas a injertar

Las yemas se obtienen de plantaciones de mango de la región o de las plantaciones que poseen los viveristas en su finca; sin embargo, muy pocos poseen un huerto específico para ese fin.

Los viveristas manifiestan que en la región del Valle del Cauca hay un vivero con un huerto productor de yemas, o huerto madre, de donde proviene el material propagado en el vivero. También hay un huerto de multiplicación intensiva, o jardín clonal, en el cual el material está sembrado a menor distancia (dos metros de distancia) y en el que, por ende, se manejan copas reducidas mediante podas. Este es utilizado exclusivamente para la producción de yemas o varetas.

Origen de las varetas o yemas a injertar

Los viveristas observan el árbol y el tipo y la calidad de fruto que este produce para ser considerado como posible árbol donador de yemas. Algo que los viveristas tienen claro, aunque no conocen la razón, es que, al propagar las plantas mediante la injertación de varetas, las plantas producen frutos en menor tiempo. La copa seleccionada como fuente de material para la propagación debe tener la capacidad de producir frutos de calidad, lo cual para el viverista está referido a su tamaño y su dulzor.

AGROSAVIA: lo que se recomienda sobre yemas e injertos

Lo mejor es propagar por injertación, a través del uso de varetas: una vareta es el material vegetal propagativo extraído de un árbol, que constituye la planta madre, y que expresa lo que se ve del árbol de donde se sacó, aunque a veces la expresión en el árbol injertado es modificada por condiciones ambientales, cuando el ambien-

te es distinto al lugar de origen de la planta madre de donde se sacó la vareta. Sin embargo, la planta que se genera de la vareta injertada conserva, por lo general, las características del árbol de donde esta se obtuvo.

Hoy en día, se promociona la doble injertación: un árbol con interinjerto está compuesto por tres genotipos: 1) el patrón o portainjerto (producido por semilla, generalmente de una variedad criolla), que servirá de sostén al árbol y que posee la raíz; una parte intermedia o interinjerto (por ejemplo, de la variedad Arauca), y 3) la parte aérea, que dará origen a la copa (por ejemplo, de la variedad Tommy Atkins) (Vázquez, Pérez, Salazar, & Becerra, 2005).

La finalidad principal es buscar la producción de plantas de porte bajo (enanismo), que faciliten las labores de poda y cosecha, principalmente, y “generar la posibilidad de disminuir las distancias de siembra, aumentar la densidad de plantas por hectárea, con lo que también aumentan consecuentemente los rendimientos” (González, s. f.).

Selección de la yema a injertar

Lo aconsejable es identificar, en cada microrregión o nicho, aquellos árboles que presenten características sobresalientes de calidad para propagar nuevas plantaciones en esa misma microrregión con condiciones ambientales y de suelo similares.

Esto es importante porque, de acuerdo con el ambiente donde se establezcan, a pesar de propagar el mismo material genético, es decir, el mismo cultivar, las plantas se pueden comportar de una manera diferente, lo que origina características en estas y en sus frutos diferentes a las de la planta madre (García et al., 2010).

Las características de calidad requeridas en los frutos son: los grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) (sólidos solubles totales); el rendimiento en planta, que corresponde al porcentaje del fruto que queda una vez se elimina la cáscara, y su tamaño (García, Bernal, Díaz, & Guzmán, 2009).

No se recomienda la propagación de la copa por vía de la semilla (sexual), pues, como se mencionó anteriormente, en la semilla de mango existe un embrión cigótico, que trae las características del padre, las cuales son desconocidas, y embriones nucelares, que expresan las características de la madre, que son las que se observan en el árbol del cual se colecta la vareta (García, Abaunza, & Rivera, 2017).

Lo ideal es injertar yemas certificadas en cuanto a pureza varietal y sanidad y sin síntomas de desnutrición. Debido a la expresión fenotípica de los árboles, dada por la influencia del ambiente, es más recomendable tomar varetas según su apariencia (selección masal),² pero que preferiblemente se encuentren en la misma región donde se van a sembrar.

Así, el viverista debe procurar tener la certeza de la procedencia de las varetas, así como conocer las características ambientales de la zona de origen, de tal manera que pueda venderle a un eventual productor de mango árboles cuyas varetas provengan de un ambiente similar al del sitio donde se establecerán.

Según García et al. (2010), las características del fruto de mango exigidas por la agroindustria y que deben ser consideradas para la selección de la planta madre de mango criollo como fuente de varetas para la propagación y el establecimiento de cultivos comerciales son:

Firmeza: son deseables los frutos que no se maltraten ni se ablanden fácilmente con el manejo durante la cosecha, el almacenamiento y el transporte (García et al., 2009). La firmeza disminuye con la madurez de la fruta y varía según la variedad (mayor cantidad de pectina genera un mayor ablandamiento), así como por la transformación del almidón en azúcares solubles (García et al., 2010).

El valor de firmeza para un fruto maduro cambia de acuerdo con el cultivar, como lo muestran las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Firmeza de la cáscara en mangos criollos, en estado máximo de madurez, para consumo en fresco o para la agroindustria

Variedad	Firmeza (Kgf/cm²)
Azúcar	2,6
Hilaza	1,8
Vallenato	4,3

Fuente: Icontec (2013a)

2 La selección masal es la selección de una población de árboles por su apariencia (fenotipo).

Peso total del fruto: normalmente, los frutos de mango criollo son pequeños, y se prefiere un peso promedio mayor a 200 g (García et al., 2010). Sin embargo, en la costa Caribe difícilmente se encuentran frutos con esta característica, pues, teniendo en cuenta el total de muestras tomadas para la variedad Azúcar, solamente el 12 % está por encima de 160 g, y para la variedad Hilaza, solo el 27 % supera este peso de 160 g (Abaunza, Arcila, & Yacomelo, 2017).

Los frutos de la región Caribe, en general, son más pequeños que los del valle del Alto Magdalena, y por lo tanto, para esta región, los frutos de mango con un peso promedio mayor a 160 g se pueden considerar como óptimos.

El rendimiento en planta es un indicador que refleja el rendimiento de la fruta en la transformación agroindustrial, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Peso de la cáscara} \times 100 / \text{peso total}.$$

Lo ideal es que este indicador sea mayor al 75 %.

Contenido de sólidos solubles totales: se refiere al nivel de azúcares que tiene la pulpa y se mide en grados Brix con un refractómetro. El parámetro mínimo es de 14 °Bx; sin embargo, los mangos provenientes de la costa Caribe superan los 18 °Bx.

Para las variedades de mango criollo, existe la NTC 5139. Si hay alguna forma de tomar las variables antes de tomar la vareta, esta selección se puede basar en los valores descritos en la tabla 11, aunque antes es importante determinar el color del fruto, pues los valores dependen de su madurez, que se identifica por medio de su color. Así, la tabla 11 muestra valores de parámetros de calidad con el estado máximo de madurez para consumo en fresco o para la agroindustria.

Tabla 11. Variables de calidad para frutos de mango de algunas variedades utilizadas en Colombia, en estado de madurez, para consumo en fresco o para la agroindustria

Variedad	Consistencia (kgf/cm ²)	Contenido mínimo de pulpa (porcentaje)	Contenido mínimo de sólidos solubles totales (°Bx)	Valor mínimo de pH	Valores máximos de acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico)
Hilaza	1,8	59,0	16,4	4,10	0,41
Azúcar	2,6	65,0	19,3	4,62	0,22
Vallenato	4,3	74,0	17,8	4,06	0,35
Tommy Atkins		74,6	12,4	3,19	0,51
Van Dyke		71,5	14,9	2,96	0,66
Irwin		69,5	12,5	3,32	0,49
Kent		74,7	11,0	3,52	0,87
Keitt		76,2	8,1	3,16	1,67

Fuente: Icontec (2013a, 2013b)

Procedencia de las yemas a injertar

Las yemas a utilizar en la propagación de plantas de mango deben ser cosechadas en un huerto de multiplicación intensiva (HMI), el cual posee un manejo diferente al de un huerto comercial. El HMI es gestionado de tal forma que se garantice la oferta de material vegetal para la propagación, de allí que las plantas madre sean establecidas en alta densidad de siembra, para obtener más árboles productores de yemas en un espacio reducido; a estos árboles se les realiza el control del desarrollo de flores y frutos.

Los arboles del HMI deben ser direccionados con programas de fitosanidad, fertilización y podas dirigidos hacia el control y mantenimiento del follaje, ya que esto garantiza la óptima calidad de la yema.

Para la obtención de las yemas, se cortan las varetas aproximadamente 45-60 días después de la poda y se defolian totalmente, y así la yema queda lista para iniciar el proceso de injertación.

Las yemas o varetas obtenidas de un HMI requieren ser utilizadas en el menor tiempo posible, para evitar la pérdida de su viabilidad; si el proceso se demora, es recomendable envolver el material vegetal en papel periódico humedecido y almacenarlo bajo refrigeración en la nevera de icopor.

La técnica de injertación por medio del método de bisel es una de las más recomendadas para la propagación del mango en Colombia (figura 16). Esta consiste en realizar el corte y deshoje del patrón a una altura de 20 cm de la base, altura a la cual el tallo debe presentar un diámetro de 1 cm (el grosor de un lápiz). Luego, el injerto se cubre con una bolsa plástica para evitar la deshidratación de las yemas y para generar un microclima que garantice la humedad necesaria en el prendimiento del injerto. Posteriormente, sobre la bolsa de plástico, se coloca una bolsa de papel para evitar daños ocasionados por la intensidad de la luz.

Aproximadamente a los 20 días de la injertación, se puede observar crecimiento de brotes, momento en el cual se pueden retirar las dos bolsas y favorecer la aireación en el vivero, para evitar la presencia de antracnosis. Igualmente, el riego de las plantas se debe realizar con mangueras y no por aspersión.

Además, se requiere realizar una observación permanente de cada patrón injertado para:

- Determinar la necesidad de controles fitosanitarios por medio de la rotación de diferentes fungicidas preventivos y curativos.
- Reconocer si es necesario realizar aportes de fertilizantes, pues si el sustrato utilizado (materia orgánica o compost) no estaba suficientemente maduro, es posible visualizar deficiencias de nitrógeno.
- Eliminar las hojas y los brotes que crezcan en el patrón o por debajo del injerto.
- Realizar reagrupes, con los cuales se busca uniformizar las parcelas, organizando los árboles por tamaño.
- Identificar los injertos que fallen para realizar una segunda injertación.

El proceso de producción de plantas injertadas de mango tiene una duración aproximada de nueve meses, distribuidos así: germinación del patrón a partir de la semilla, 20 días; desarrollo del patrón, 90 días después de la siembra, e injertación, 150 días, lo que da un total de 260 días (8,7 meses).



Fotos: Carlos Abaunza

Figura 16. Técnica de injertación con el método de bisel. a. Corte del patrón en bisel; b. Corte de la vareta en bisel; c. Vareta y patrón; d. Amarre con cinta para fijar el injerto; e. Iniciación del brote; f. Patrones recién injertados cubiertos con doble bolsa para disminuir la transpiración y la incidencia de la luz.



Los autores

Carlos Alberto Abaunza González

cabaunza@agrosavia.co

Agrólogo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, con maestría en Agroecología de la Universidad de Andalucía y Gestión Ambiental de la Universidad Pontificia Javeriana. Desarrolla proyectos de investigación en el área de conservación de suelos y calidad de suelo con el uso de información espacial de atributos para hacer más eficiente los procesos de análisis de los sistemas de producción agropecuaria, ordenamiento territorial y evaluación de tierras. Acompaña productos de investigación en las redes de Frutales y Transitorios, adicionalmente realiza actividades de sistemas de información geográfica y, actualmente, es investigador máster asociado, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en el Centro de Investigación Nataima.

Marlon José Yacomelo

myacomelo@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Magdalena, con maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en suelo, agua y nutrición vegetal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Ha participado en el desarrollo programas de investigación y transferencia de tecnologías y cuenta con capacidades para identificar limitantes y proponer soluciones en el área de suelo, agua y nutrición vegetal, que garantizan la preservación de los recursos naturales y contribuyen en el aumento de la productividad de los cultivos. Actualmente es investigador máster de la red de Frutales en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en el Centro de Investigación Caribia.



Referencias

- Abad, M., Noguera, P., & Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En M. Urrestarazu (Ed.), *Tratado de cultivo sin suelo* (pp. 113-158). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Abaunza, C. A., Arcila, A. M., & Yacomelo, M. J. (2016). *Identificación de sustratos potenciales para la producción de mango en vivero en la región Caribe. Informe final Meta*. Documento no publicado. Zona Bananera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Abaunza, C. A., Arcila, A. M., & Yacomelo, M. J. (2017). *Materiales genéticos sobresalientes de mango de azúcar e hilaza y recomendaciones técnicas y prácticas de manejo para propagación del material. Informe final Meta*. Documento no publicado. Zona Bananera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Abaunza, C. A., García, G. O., Martínez, P., & Pinto, C. O. (2008). *Incorporación de prácticas agroecológicas en los principales sistemas de producción de la localidad de Santa Fe, Distrito Capital*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12853>.
- Agromática. (s. f.). *Relación carbono-nitrógeno en el compost*. Recuperado de <https://www.agromatica.es/relacion-cn-en-el-compost/>.
- Asoheca. (2009). *Ficha técnica para el establecimiento y manejo de jardines clonales de caucho natural*. Recuperado de <http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/FICHA%20TECNICA%20PARA%20EL%20ESTABLECIMIENTO%20Y%20MANEJO%20DE%20JARDINES%20CLONALES%20DE%20CAUCHO%20NATURAL.pdf>

- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117-124. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3696498>.
- Caicedo, A. M., Lozano, M. D., García, J., Vargas, H., Ramírez, L. E., Gómez, G., ... Segura, J. D. (2010). *Evaluación del efecto de la bionutrición en materiales de mango (Mangifera indica L.) en fase de vivero y establecimiento en el Caribe seco y Alto Magdalena. Informe final de proyecto*. Documento no publicado. El Espinal, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Casierra, F. & Guzmán, J. A. (2009). Efecto del portainjerto y del injerto intermedio sobre la calidad de fruta en mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Colombiana*, 27(3), 367-374. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316242010>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Asociación Hortifrutícola de Colombia. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo del mango en el valle del Alto Magdalena en el departamento del Tolima*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; Asociación Hortifrutícola de Colombia. Recuperado de www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf.
- Fitzpatrick, G. E. (1993). A program for determining compost blending ratios. *Compost Science & Utilization*, 1(3), 30-33. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.404.8714&rep=rep1&type=pdf>.
- Galán, V. (2016). Patrones de mango. Revisión de literatura y entrevistas. Recuperado de http://www.mango.org/wp-content/uploads/2018/03/Proyecto_de_Patrones_de_Mango_Informe_Final_Spn.pdf.
- García, 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*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13756>.
- García, J., Bernal, J. A., Díaz, C. A., & Guzmán, J. A. (2009). *Selección del material de siembra y propagación de mango criollo*. El Espinal, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12892/44238_56516.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- García, J., Sandoval, A., Forero, F., Floriano, J., Salamanca, G., Bernal, J., ... Gómez, G. (2010). *Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria*. El Espinal, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/236343213_Atributos_de_Calidad_del_mango_criollo_para_la_agroindustria.
- González, J. (comp.). (s. f.). El cultivo del mango. *Agropedia*. Recuperado de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-mango/>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2010). *Manual técnico de manejo de los viveros para la producción y distribución de mango (Mangifera indica L.) en Colombia*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_121_R_3180_Mango.pdf.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2013a). *Norma Técnica Colombiana 5139. Frutas frescas. Mangos criollos. Especificaciones*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5-139.pdf>.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2013b). *Norma Técnica Colombiana 5210. Frutas frescas. Mango. Variedades mejoradas. Especificaciones*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5210.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-s8630s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *El suelo es un recurso no renovable*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/276277/>.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.
- Vázquez, V., Pérez, M. H., Salazar, S., & Becerra, B (2005). Crecimiento, nutrición y rendimiento del mango “Ataulfo” con interinjerto de porte bajo “Esmeralda”. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2). 209-213. doi:10.5154/r.rchsh.2004.07.035.



Anexo

Elaboración del compostaje

El compost puede sustituir en gran medida la utilización del suelo, debido a que este último es considerado un recurso natural no renovable (FAO, 2015). Teniendo en cuenta que el compostaje puede llegar a ser un sustituto del suelo utilizado en la preparación de sustratos, se presentan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta al respecto.

La técnica de compostaje es la mejor manera de recuperar el potencial de ciertos materiales orgánicos (excretas de los animales, residuos de la cosecha, residuos del mango, cacota de cacao, entre otros). El compostaje es un proceso de descomposición y estabilización de la materia orgánica mediado por microorganismos, en presencia de oxígeno y con la producción de compuestos carbonados, biomasa, CO_2 , agua y energía, lo que da como resultado un producto estable, libre de patógenos y semillas indeseables y rico en nutrientes que mejora la nutrición de las plantas y, por ende, la producción. En la figura A1 se presenta un esquema de entradas y salidas en la elaboración de un compost.

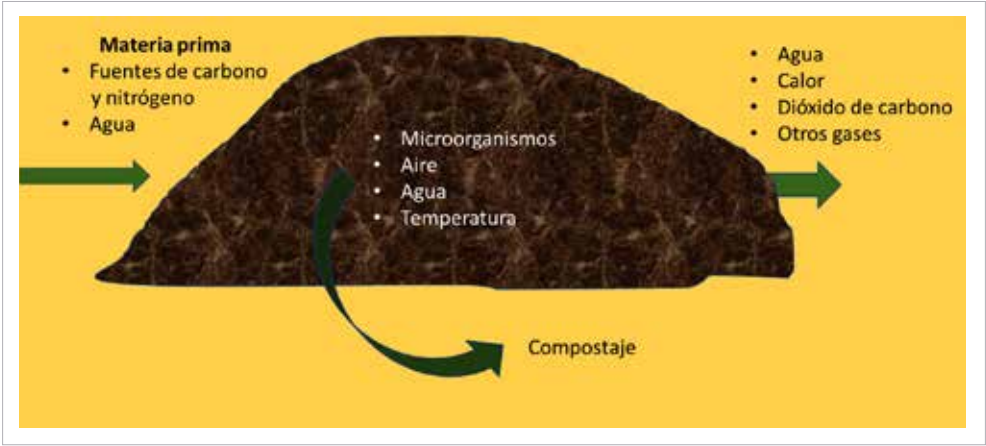


Figura A1. Esquema de entradas y salidas en la elaboración de un compost.

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de un compostaje, es importante tener en cuenta:

1. Identificar los materiales a usar para determinar si son ricos en carbono (C) o en nitrógeno (N). La tabla A1 señala valores de la relación carbono/nitrógeno.

Tabla A1. Relación de carbono/nitrógeno (C/N) de diferentes materiales

Elemento	Relación C/N	Elemento	Relación C/N
Estiércol	5-25:1	Papel	200:1
Estiércol de aves	5-15:1	Trozos o astillas de madera	200-500:1
Papel periódico	400:1	Residuos de café	20:1
Hojas	40-80:1	Leguminosas recién cortadas	20-25:1
Paja	40-100:1	Césped	17:1
Desechos de fruta	35:1	Residuos de comida	15:1
Ramas de poda otoñal	30-80:1	Paja de trigo	100:1
Humus	10:1		

Fuente: Agromática (s.f.)

2. El tamaño de partícula: idealmente, debe estar entre 1,3 y 5 cm para contar con una buena aireación que favorezca la degradación.
3. La relación C/N: el equilibrio entre carbono y nitrógeno se conoce como la relación de transformación carbono/nitrógeno, que indica cuánto carbono contiene un material en relación con el nitrógeno.

La relación ideal entre los componentes C y N, para una adecuada transformación, es de 20 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. Esto hace necesario que a cada una de las materias primas utilizadas en el proceso de compostaje se les determine esta relación, para poder ajustarla a la ideal para iniciar el proceso. Cuando la relación alcanza valores de entre 10-15:1, el compostaje ya está listo para ser utilizado. Después del carbono y el nitrógeno, sigue en importancia el fósforo, cuya tasa óptima en relación con el carbono está comprendida entre 75-150:1.

Es necesario tener en cuenta que si se usa compostaje como componente del sustrato y no está suficientemente maduro (es decir, si no se han finalizado todas las etapas del proceso), provoca inmovilización de N en el sustrato, lo que puede causar carencia en la plántula de mango y, por lo tanto, esta requeriría de adiciones de N de liberación lenta, lo que aumentaría el costo del sustrato (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Por qué no utilizar boñiga y excretas frescas o material orgánico sin descomponer

Las heces o excretas de los animales son una excelente fuente de nitrógeno y otros elementos, pero contienen microorganismos contaminantes que afectan la calidad del compost; por esto, usar boñiga de cualquier animal sin tratar o con un tratamiento incorrecto puede ser perjudicial para las plántulas y las fuentes de agua aledañas de un vivero. Si se composta técnicamente, se logra que residuos con microorganismos perjudiciales, de olor desagradable y difícil manejo se conviertan en un producto libre de patógenos humanos, animales y vegetales, con buen olor, rico en nutrientes, con microorganismos benéficos y ambientalmente sano, lo que va a mejorar las características del sustrato y va a optimizar el crecimiento de las plantas (Abaunza, García, Martínez, & Pinto, 2008).

Los parámetros más importantes a controlar en un proceso de compostaje son:

Temperatura: el control de la temperatura puede ser el aspecto más relevante a tener en cuenta (figura A2).

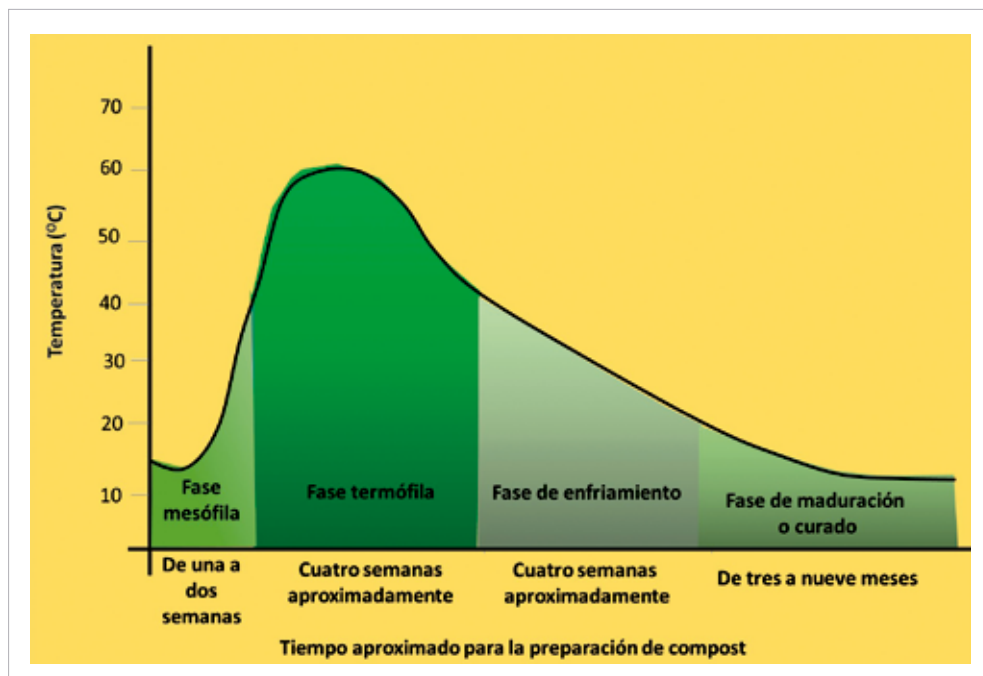


Figura A2. Esquema de las diferentes fases que idealmente tiene la preparación del compost.

Fuente: Elaboración propia

El clima de las regiones donde se siembra mango favorece el proceso de compostaje. El rango de temperatura ideal de incremento es de 55 a 60°C, temperatura que, si se mantiene durante tres días, garantiza la eliminación de microorganismos patógenos y la mayoría de semillas; una mayor elevación puede eliminar los microorganismos benéficos del proceso de compostaje.

El control de la temperatura se hace mediante volteos o agregando agua cuando el material se ha secado mucho y la humedad está por debajo del 40 %. La temperatura se relaciona con la fase en que se encuentra el compost: mesófila, termófila, de enfriamiento (mesófila) y de curado o maduración, tal como lo ilustra la figura A2.

Humedad: ya que el proceso de compostaje se realiza en presencia de oxígeno (aerobio), la humedad debe estar por debajo del 60 % en las primeras fases, pues, si está por encima, disminuye el oxígeno. Si hay falta de este elemento, se presenta descomposición, lo que genera malos olores y aumenta la presencia de insectos (moscas), lo cual impide el incremento de la temperatura y, consecuentemente, la eliminación de los microorganismos dañinos. Si, por el contrario, la humedad es menor al 30 %, la actividad microbiana baja y se afecta el proceso de compostaje (Román et al., 2013).

Aireación: del adecuado manejo de la aireación depende el éxito del compostaje, debido a que los microorganismos benéficos son aerobios. Sin embargo, un exceso de aireación puede ocasionar la evaporación de la humedad del material, y esto trae como consecuencia que los microorganismos cesen su actividad. Para mantener un adecuado contenido de aire, se recurre al volteo manual, el cual puede realizarse cada tres días; a la inserción de un tubo perforado; al uso de un ventilador, o a la preparación del compostaje sobre estibas, para elevarlo del piso (Román et al., 2013).

pH: el nivel de pH óptimo se considera entre 6,5 y 8, aunque en la etapa de aumento de la temperatura puede incrementarse. Durante el proceso, inicialmente, el pH disminuye; luego, con el aumento de la temperatura, este también se incrementa, pero posteriormente disminuye a valores cercanos a 7 (Román et al., 2013).

Relación C/N: el valor ideal de la relación C/N varía según los autores, pero se encuentra estimado entre 25:1 y 40:1, lo que quiere decir que puede haber 25-40 unidades de carbono por una de nitrógeno (las unidades pueden ser kilos, carretilladas o paladas, entre otras). Algunos autores expresan el contenido de C en un rango de entre 25 y 30, pero no como relación (Román et al., 2013).

Un procedimiento para calcular la proporción entre las mezclas está dado por la siguiente ecuación (Fitzpatrick, 1993):

$$A = \frac{(C \text{ en } 1 \text{ kg de B}) - ((\text{relación C/N deseada}) \times (N \text{ en } 1 \text{ kg de B}))}{((N \text{ en } 1 \text{ kg de A}) \times (\text{relación C/N deseada})) - (C \text{ en } 1 \text{ kg de A})}$$

donde A y B son los componentes del compost.

Si la relación C/N es baja (alto contenido en nitrógeno), la temperatura del compost se eleva y sobrepasa los 65 °C en las primeras fases del proceso, por lo que ocurriría la

liberación de amoníaco en la atmósfera, así como la emisión de olores desfavorables y la pérdida de microorganismos benéficos para el compostaje. Con una relación C/N baja, así mismo, es posible que el compost desprenda un olor desagradable, a amoníaco o a orina, y que haya gran presencia de fauna (gusanos, moscas y otros insectos).

Una relación C/N alta se da cuando hay un bajo contenido de nitrógeno o un alto contenido de elementos que suministren carbono. Al bajar la temperatura del compost, ocurre la eliminación del carbono en forma de dióxido de carbono y la fermentación, caso en el cual el proceso de compostaje es lento y la elaboración del producto final requerirá más tiempo.



Impresión y encuadernación:
Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas (Javegraf)

Terminó de imprimirse
en septiembre de 2019 en Bogotá, D. C., Colombia

Este manual contempla los aspectos que los viveristas han identificado como relevantes, según su experiencia, para la producción de plantas en vivero para el cultivo de mango: sustratos, patrones e injertos.

Sobre sustratos, se identifican diferentes mezclas para realizarlos, así como las características físicas que transmiten, y se hace un análisis del compost como fuente alterna para reemplazar el suelo, ya que es posible que se prohíba su utilización por considerarse un recurso no renovable, y, por lo tanto, se requiere la identificación de otras fuentes.

En relación con el patrón o portainjerto, uno de los temas más importantes pendientes de estudio y que cuenta con pocas recomendaciones para el cultivo de mango es la interacción patrón/cultivar. La multiplicación de una variedad de mango por injerto permite reproducir una planta con las mismas características de la planta madre de la que se tomó la yema, así como acortar el periodo de entrada del cultivo a producción. En este sentido, se aporta información sobre el uso de patrones como portainjertos y se describe cómo realizar la injertación de las yemas para aumentar su probabilidad de éxito.

www.agrosavia.co



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@agrosavia.co**

TELÉFONO: **(57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274**

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name/identifiable/biblioteca.agropecuaria)**

**Distribución gratuita
Prohibida su venta**



**El campo
es de todos**

Minagricultura