

Producción de planta de  
**MACADAMIA**

Técnica de injerto juvenil  
de púa terminal







**Producción de planta de macadamia.** Técnica de injerto juvenil de púa terminal

Autores: Gabina Sol Quintas y Esteban Escamilla Prado

Diseño editorial: Yadira Elizabeth Sánchez Gómez

Ilustraciones: Mauricio Camacho Torres y Mariano Lucio Maya

Corrección de estilo: Omar Ángel Chávez

DR © 2021, El Colegio de la Frontera Sur Unidad San Cristóbal. Domicilio: Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Código Postal 29290

**[www.ecosur.mx](http://www.ecosur.mx)**

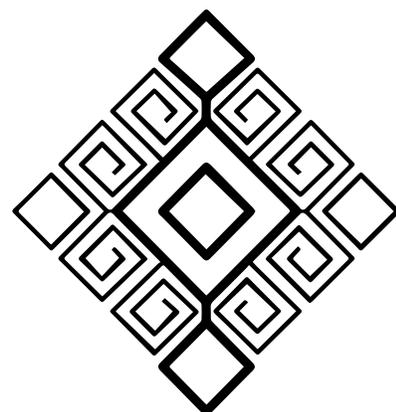
ISBN 978-607-99087-5-1

Instituto Literario de Veracruz

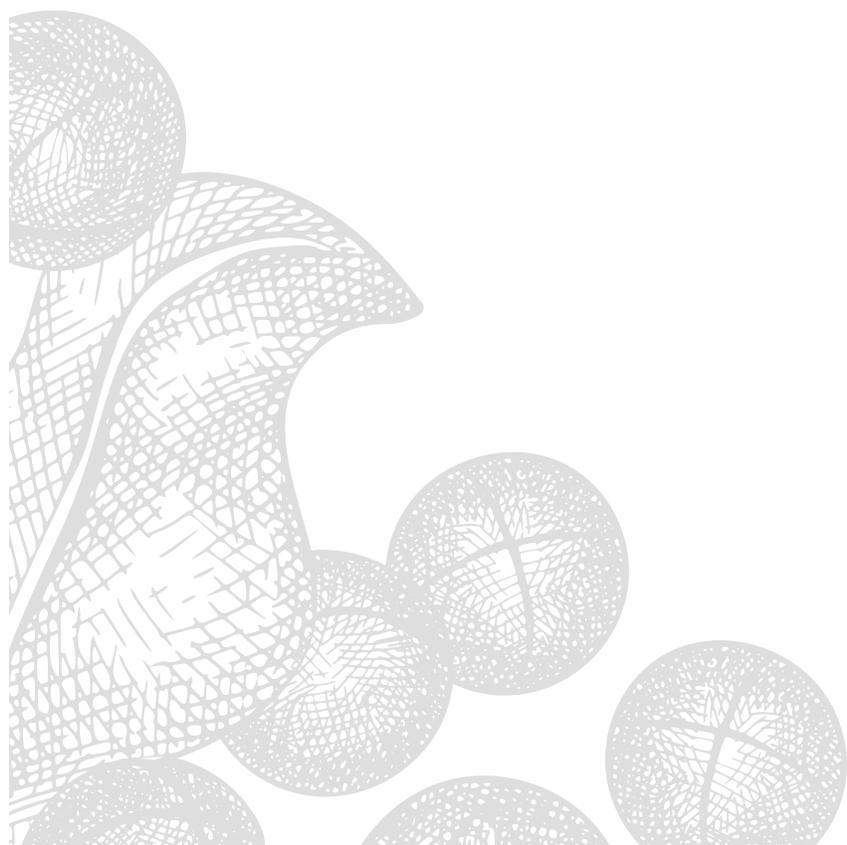
La realización de esta obra fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT a través de un beca de Estancia Posdoctoral por México Modalidad 3, para el fortalecimiento del Proyecto Sistemas Socioecológicos Sustentables en Territorios Cafetaleros en el Sureste de México PRONACE 3052324.

El contenido es responsabilidad de los autores.

**Impreso en México**



**ECOSUR**



# Producción de planta de **MACADAMIA**



Técnica de injerto juvenil  
de púa terminal

El **éxito** de una huerta de macadamia comienza en el vivero.



## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Lorena Soto Pinto, investigadora del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad San Cristóbal, por su confianza, entusiasmo y positividad, sin los cuales no hubiera sido posible elaborar este manual.

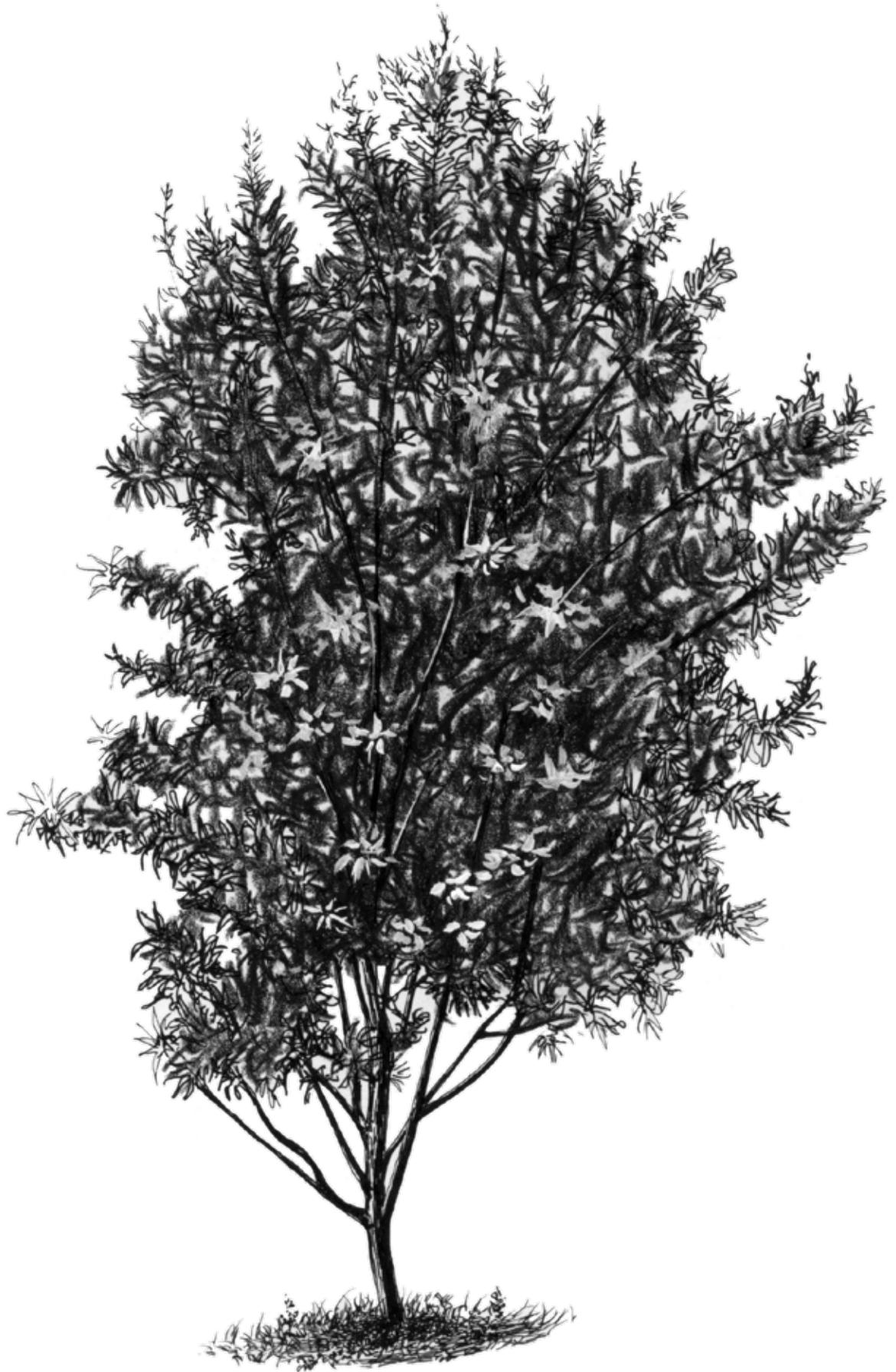
Agradecimientos especiales a El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Sistemas Socioecológicos Sustentables en Territorios Cafetaleros en el Sureste de México PRONACE 3052324.

A Oliverio García Hernández, reconocido injertador de macadamia del estado de Veracruz, quien compartió su saber y experiencia para la creación del presente trabajo.



# ÍNDICE

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PRÓLOGO .....</b>                                                             | <b>9</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                                        | <b>12</b> |
| Descripción botánica .....                                                       | 12        |
| Historia .....                                                                   | 12        |
| Propiedades y beneficios.....                                                    | 12        |
| Características generales de su cultivo .....                                    | 13        |
| Técnicas de propagación .....                                                    | 13        |
| Requerimientos para producir planta.....                                         | 14        |
| Higiene y control fitosanitario.....                                             | 18        |
| <b>INJERTO JUVENIL DE PÚA TERMINAL PARA<br/>LA PROPAGACIÓN DE MACADAMIA.....</b> | <b>21</b> |
| Formación del portainjerto o patrón.....                                         | 21        |
| Colecta y almacenamiento de la semilla .....                                     | 21        |
| Escarificación.....                                                              | 22        |
| Sustrato .....                                                                   | 23        |
| Siembra .....                                                                    | 24        |
| En semilleros .....                                                              | 25        |
| (siembra indirecta) Transplante.....                                             | 26        |
| En bolsa de polietileno (siembra directa).....                                   | 28        |
| <b>INJERTO DE PÚA TERMINAL .....</b>                                             | <b>30</b> |
| Colecta de vareta .....                                                          | 30        |
| Injerto o incrustación .....                                                     | 32        |
| Cuidados posteriores al injerto .....                                            | 36        |
| Calidad y estado fitosanitario .....                                             | 38        |
| de la planta .....                                                               | 38        |
| Referencias .....                                                                | 42        |
| <b>ANEXOS 1 .....</b>                                                            | <b>44</b> |
| Guía varietal (SAMAC, University of Natal Pietermaritzburg) ....                 | 44        |
| <b>ANEXOS 2.....</b>                                                             | <b>52</b> |
| Podas de formación.....                                                          | 52        |



## PRÓLOGO

El cultivo de la nuez de macadamia tiene un mercado en expansión, su producción ocupa el **2% del mercado de todas las nueces**, tiene un **precio re-dituable** desde su cosecha en campo, un **alto valor nutricional**, capacidad de **almacenamiento de largo plazo**, gran **aptitud para cultivarse de forma agroecológica** y una **amplia diversidad de usos**. Todos estos atributos la convierten en una excelente alternativa productiva dentro de los sistemas agroforestales con beneficios socioeconómicos y ambientales.

México tiene el potencial para convertirse en un reconocido productor internacional de macadamia, además, hay interés nacional por establecer nuevas huertas. Sin embargo, la oferta de planta para establecer el cultivo es extremadamente escasa. Tan solo en 2020, en todos los viveros del país alcanzaba para no más de 50 hectáreas (a una densidad de 250 plantas por ha). Esta situación limita el desarrollo de una cultura alrededor de este producto.

Una opción para resolver de forma rápida esta situación podría ser la propagación a través de estacas, técnica ampliamente utilizada en Sudáfrica (país que ocupa el tercer lugar mundial en producción y calidad de macadamia). No obstante, requiere controles ambientales y fitosanitarios tecnificados a los cuales difícilmente tendrían acceso los sembradores (productores beneficiarios del Programa Federal Sembrando Vida) y pequeños viveristas.

Con la finalidad de contribuir a dicha problemática, en el presente manual se expone la técnica para la propagación de planta de macadamia más utilizada y exitosa en México, el **injerto juvenil de púa terminal** (también llamado “tipo cuña”). Esta técnica se puede realizar en condiciones rústicas, está al alcance de los sembradores y público en general, y puede alcanzar **prendimientos de hasta el 95%**.

Este manual comienza presentando aspectos generales del cultivo y su propagación. Después profundiza en la técnica de injerto juvenil de púa terminal, que se divide en **dos apartados**: en el primero se aborda la formación del portainjerto, desde la recolección y selección de semilla hasta la escarificación y la siembra; en el segundo, se describe propiamente la técnica de injerto de púa terminal, incluyendo la colecta de la varetta en campo y los cuidados de la planta en vivero posteriores al injerto. Al final se encuentran algunos anexos que pueden orientar a quienes se hayan embarcado en esta experiencia.

Dada la escasa información publicada sobre la propagación de macadamia con esta técnica, específicamente en condiciones de vivero no tecnificados, este material ha sido elaborado en su mayor parte a partir del **conocimiento y la experiencia mexicana acumulada en campo por más de 30 años** en algunas comunidades de los municipios de Huatusco, Chocamán y Tlalnelhuayocan (Veracruz), así como en el Centro Regional Universitario de Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo.

Por último, es importante recordar que la macadamia es una especie poco domesticada; en México su cultivo se ha desarrollado poco y su comercialización es reciente, por lo que todavía hay mucho que investigar e innovar sobre su manejo, propagación, procesamiento y comercialización. Son pocas las publicaciones que existen al respecto, es esencial seguir las recomendaciones del Esquema de Acreditación de la Industria de los Viveros en Australia (NIASA), que en su octava edición (2019) presenta por primera vez el anexo 15 sobre las “Especificaciones de la planta de macadamia en vivero”, cuyo contenido se incluye a lo largo del presente manual. No está de más añadir que el NIASA insiste en que el registro y la sistematización de los procesos son la única manera de identificar aciertos y fallas, y por ende, la única forma de mejorarlos (2019).

El propósito sigue siendo **producir plantas sanas, vigorosas y de excelente calidad para el campo y la industria**. Este manual pretende contribuir a ello, poniendo en las manos de los sembradores interesados toda la información que necesitan para aventurarse en la propagación de planta de macadamia.





Fotografía 1. Semilla de nuez de macadamia (nuez en concha).

# INTRODUCCIÓN

## Descripción botánica

La macadamia es un árbol que tiene hojas todo el año, por esta condición es perennifolio. En su hábitat natural alcanza una altura de hasta 15 m, mientras que en plantaciones comerciales llega apenas a los 7 m. Sus raíces crecen principalmente hacia los lados, por lo que el cultivo se adapta bien a suelos pobres, donde puede aprovechar los nutrientes de las capas superiores y superficiales de la tierra. Puede haber más de doscientas flores en sus racimos, de las cuales se pueden esperar aproximadamente veinte frutos maduros. Su fruto (nuez de macadamia) tiene una forma esférica y está formado por una cáscara exterior verde llamada «pericarpio» y una semilla dura color café llamada «concha», en la cual se aprecia tanto el micrópilo (pequeño punto de color blanco por donde dará inicio la absorción de agua y germinación) como una sutura o cicatriz por la cual se abrirá la semilla al germinar; dentro de la concha se encuentra la parte comestible, una almendra de color blanco (ilustración 1). La macadamia se puede cultivar entre los 200 y 1 800 metros sobre el nivel del mar (msnm) aunque cada vez hay más experiencias exitosas por encima de los 2 000 msnm. Es muy importante seleccionar la variedad adecuada a las condiciones ambientales de cada predio.



Ilustración 1. Morfología de la semilla de macadamia.

## Historia

Desde hace cuarenta mil años la nuez de macadamia ha representado una fuente de alimento para los aborígenes de lo que ahora es Australia, territorio de donde es originaria. Fue hasta el período entre 1880 y 1920 que, tanto en este país como en el estado norteamericano de Hawái, comenzó a surgir el interés por su producción comercial (Stephenson, 2005).

En la década de 1980, la caficultura en México enfrentó una gran crisis, debido a la caída de los precios en el mercado internacional y a problemas de plagas y enfermedades. El Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) la afrontó implementando alternativas para diversificar la producción. Fue a través de esta iniciativa gubernamental como ingresó de forma oficial el cultivo de macadamia a nuestro país, logrando desarrollarse exitosamente en varias regiones del territorio, principalmente en Puebla, Veracruz y Michoacán.

## Propiedades y beneficios

La nuez de macadamia es el alimento natural con mayor contenido de aceites monoinsaturados (72%), lo cual contribuye a reducir los niveles de colesterol en la sangre; además, contiene proteínas (9.5%), minerales (1.6%) y un alto poder calórico (727 cal/100 g). Todas estas son propiedades hacen de ella un fruto altamente nutritivo (Aserca, 2000). Es perecedera en el mediano plazo y puede consumirse sin previo procesamiento, aunque con él se eleva la intensidad de su sabor y consistencia, además de que aumenta considerablemente su tiempo de vida en anaquel. Se comercializa como botana, en repostería y para fines cosméticos (ilustración 2).

Su cultivo es muy versátil: permite integrar la apicultura en la huerta, producir grandes cantidades de abono a partir del pericarpio

que se desecha al pelar la nuez, buen combustible (cáscara exterior), contribuye a la recuperación de los suelos y se cultiva de forma agroecológica con éxito. Por estas razones, el árbol de macadamia representa un excelente componente dentro de un sistema agroforestal.



Ilustración 2. Formas de consumo de la macadamia.

## Características generales de su cultivo

El cultivo de la macadamia no es invasivo, produce cosechas con alto valor económico y contribuye a la recuperación del suelo; es bien sabido que las huertas frutales, al ser longevas (productivas por más de 40 años) generan un arraigo en la tierra, lo cual representa un valor agregado en la agroforestería y un gran beneficio para el desarrollo comunitario (Kholibrina et al., 2019).

Lamentablemente, es un cultivo relativamente nuevo, por lo que aún es una especie poco domesticada con alta variabilidad genética (Stephenson, 2005). Los árboles de macadamia difieren mucho entre sí en calidad (por ejemplo, color, contenido de aceite y tamaño de la nuez), respuesta al clima,

período preproductivo, época de cosecha y morfología del árbol (altura, forma, cantidad de hojas, entre otras). Por eso, antes de establecer una huerta, es indispensable conocer las ventajas que tiene cada variedad y su respuesta en un determinado sitio de siembra.

Sin embargo, podríamos decir de forma general que su etapa juvenil es de cuatro a cinco años, a partir de entonces comenzará con ensayos de producción; a los siete años podrá tener su primera cosecha comercial; su madurez se alcanza a los 12 años y podrá ser productivo por más de 40 años. En promedio, se cultivan de 200 a 300 árboles por hectárea, con cosechas estimadas de 3 toneladas por hectárea de nuez en concha (NIS) con un 3.5% de humedad. Esto en función del tipo de arreglo (densidad por ha) del cultivo y las variedades seleccionadas.

Ahora bien, la calidad de la nuez de macadamia depende de varios factores, entre ellos, la genética, el medio en el que se desarrolla y el manejo que recibe (de Villiers y Joubert, 2003). Este último es el factor en el que más se puede incidir, el productor lo hace a lo largo de los años que está a la expectativa del desarrollo de su plantación y su cosecha. Sin embargo, el éxito del cuidado de la huerta comenzará mucho antes, con la selección de las variedades que mejor se adapten y desarrollen en el sitio de siembra y con la calidad de cada árbol producido en vivero (Beaumont y Moltzau, 1937).

## Técnicas de propagación

Existen diferentes técnicas de propagación, por ejemplo, el cultivo in vitro o cultivo de tejidos, la propagación por biotecnología es extremadamente costoso y poco viable para las condiciones rurales de nuestro país. Por su parte, solo algunas variedades de macadamia se pueden reproducir utilizando una estaca sembrada directamente en tierra, en

cuyo caso resultaría muy sencillo y se ahorraría mucho tiempo en el proceso de producción (seis meses); el problema es que esta técnica requiere de tecnificación y un riguroso control fitosanitario. En Australia y en México, las plantas cultivadas así tienen una mala reputación, ya que desarrollan raíces muy pobres; paradójicamente, Sudáfrica, uno de los principales países productores de macadamia de la mejor calidad y control internacional, la utiliza ampliamente. En caso de optar por ella, es necesario identificar las variedades que son viables, conocer su calidad para la industria y desarrollar la experiencia necesaria para su éxito. Algunos estudios indican que las variedades con mejor respuesta para este tipo de propagación son Beaumont y HAES 660 (Nunes et al., 2019).

Por otro lado, La injertación es un método de multiplicación que consiste en la unión íntima que se produce entre dos partes vegetales de forma tal que se origina la soldadura entre ambas, las que permanecen unidas y continúan su vida de esta manera, dependiendo una de otra. La unión de las porciones de planta forma un solo individuo. Existen diferentes formas de injertar la macadamia, por ejemplo, el enchapado lateral, el injerto

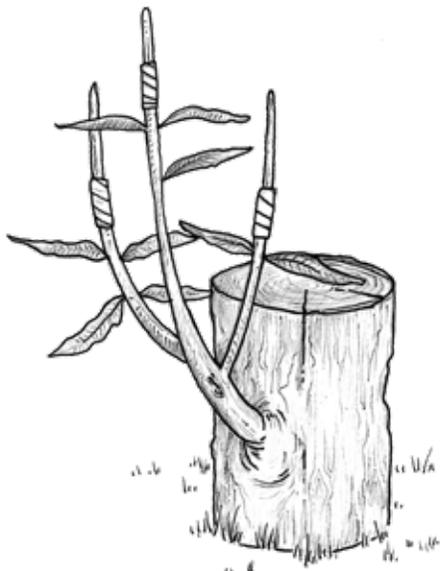
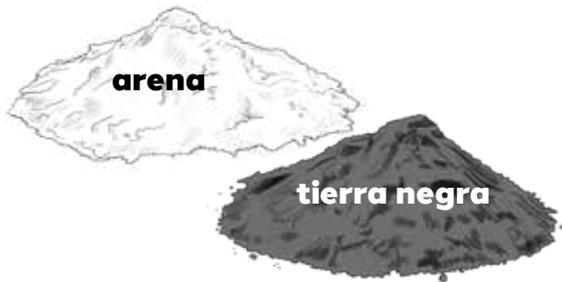


Ilustración 3. Injerto por aproximación en planta adulta.

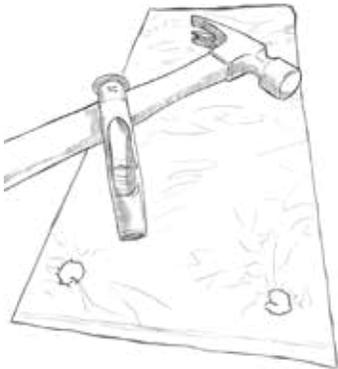
## Requerimientos para producir planta

Para la propagación de la planta de macadamia mediante esta técnica se requiere básicamente lo siguiente: contar con un área bajo sombra (malla sombra del 60 al 80%), un área con incidencia solar al 100%, semilla para la formación del patrón o portainjerto, vareta de la planta que se desea cultivar, sustrato, parafilm y un microinvernadero para proteger el prendimiento del injerto. En la ilustración 4 se describen los materiales básicos necesarios.

**Sustrato** formado por cinco partes de tierra negra y una de arena; puede agregarse composta o lombricomposta. En el caso de realizar un semillero o germinador se recomienda que el sustrato sea de arena (de preferencia, arena de río). La tierra muy arcillosa o “barrealosa” no es buena para semilleros ni en siembra directa.



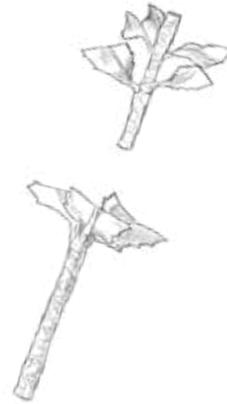
**Bolsa negra de polietileno** de 18 a 20 cm de diámetro por 30 a 35 cm de alto con cuatro orificios para su drenaje.



**Semilla fresca**, que no tenga más de cuatro meses de haber sido cosechada. De preferencia, de la variedad Alberca 527, ya que desarrolla raíces profundas y vigorosas.



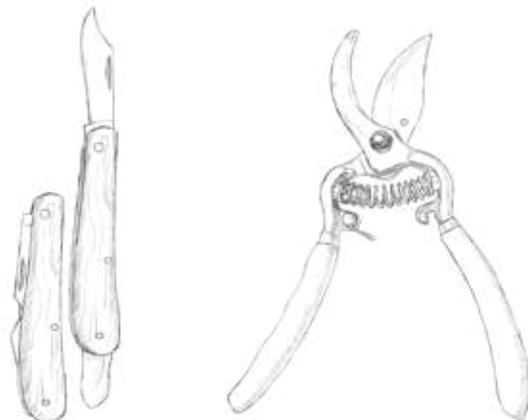
**Vareta** adecuada al clima y a la altitud en donde se van a plantar los árboles de macadamia. Se obtiene de ramas productivas.



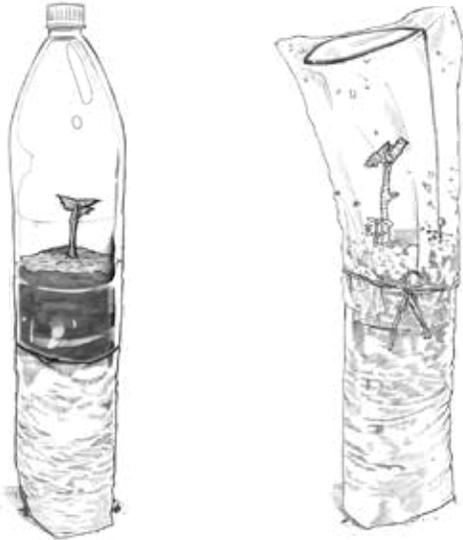
**Parafilm (biodegradable) o cinta plástica** para cubrir o vendar el injerto y evitar deshidratación o infección.



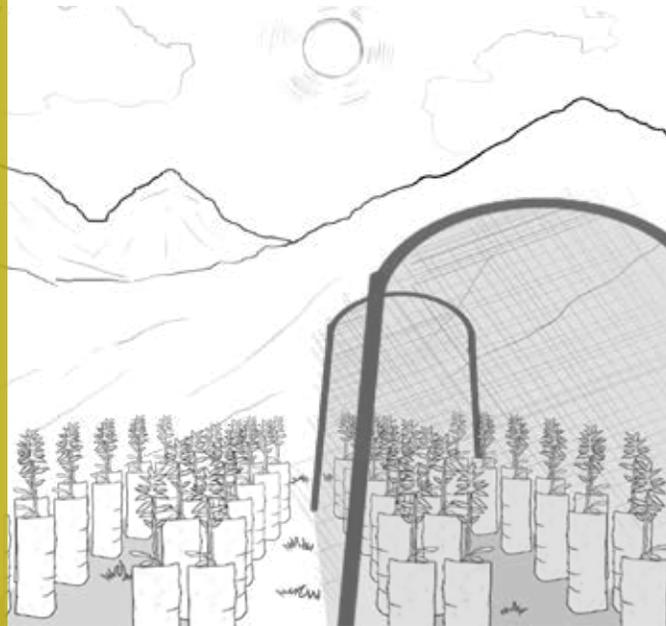
**Tijera jardinera y navaja**, Tijera Jardinera y navaja, bien afiladas y desinfectadas con alcohol al 90% o cloro al 10%



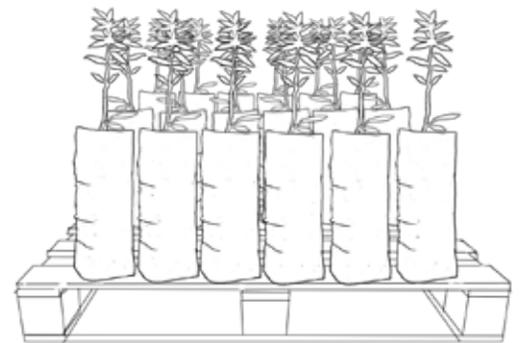
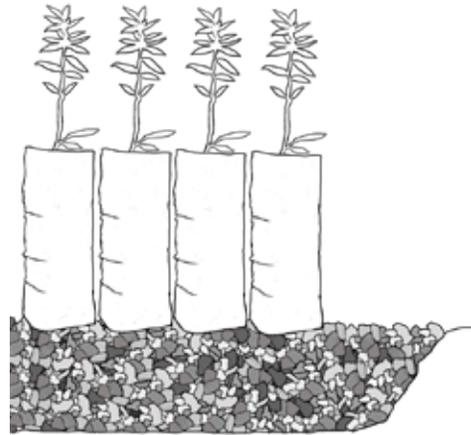
Envases de plástico PET (refresco) de 600 ml a 2l para elaborar **microinvernaderos** que se utilizarán durante las primeras fases de crecimiento de la planta. También se puede usar alambre galvanizado o recocido con una bolsa de plástico.



Un vivero con dos áreas: una con **mallá sombra del 60 al 80 %** para el prendimiento de los injertos, y otra a pleno sol para la formación de portainjertos y el desarrollo final de la planta.



**Tepezil o grava roja** para colocar en el piso, aislar la planta del suelo y evitar así problemas de encharcamiento de agua y pudriciones de raíces. También pueden utilizarse



**Semillero**, en caso de querer realizar un mayor control de calidad y selección en las raíces del portainjerto.

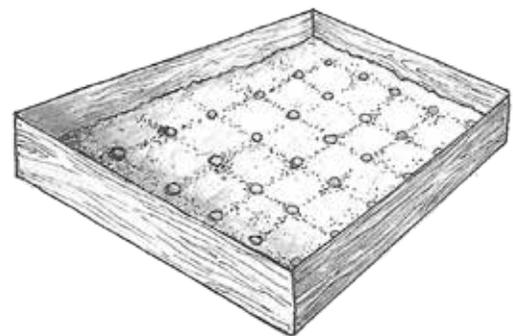


Ilustración 4 Requerimientos para producir planta de macadamia

A pesar de la diferencia entre variedades, de forma general se puede decir que el tiempo total para la producción de planta injertada es de uno a dos años en vivero. Al injertar la planta se asegura que estas ensayarán producción en campo a los tres o cuatro, iniciarán su producción comercial a los siete, a los doce maduran y podrán ser productivos por hasta más de cuarenta años. Hay árboles con más de cien años que aún siguen en producción. El proceso se divide básicamente en tres fases: formación del portainjerto que va de seis a siete meses y es a pleno sol, el injerto que se realiza bajo la malla sombra y que define sus prendimiento en un periodo de dos meses y, por último, la fase de los cuidados posteriores que generan la adaptación paulatina de la planta injertada al sol y promueven su desarrollo. En la ilustración 5 se enlistan y describen brevemente las fases de la producción de planta de macadamia injertada.

**6 a 7  
meses**

**Sol directo**

### Formación del portainjerto

Consiste en germinar una semilla y sembrarla en la posición adecuada, ya sea directamente en bolsa negra o indirectamente en semillero; cuidarla hasta que alcance de 15 a 20 cm de altura.



**2  
meses**

**Malla sombra**

### Injerto

Seleccionar los árboles de los que se obtendrá la varetta, según la variedad que quieres producir, e injertarla en el patrón. Así, se forma una misma planta que se protege con un microinvernadero y bajo malla sombra por un periodo de 45 a 60 días.



**5 a 9  
meses**

**Sol paulatino  
a directo**

### Cuidados posteriores

Consiste en cuidar los injertos exitosos para obtener plantas sanas y vigorosas de 50 cm de altura.



**Total de 12 a 18 meses**

Ilustración 5. Tiempo y fases en la producción de planta de macadamia injertada.



## Higiene y control fitosanitario

La planta en vivero deberá estar correctamente identificada y tendrá que haber pasado por los procedimientos que garanticen que no tiene por plagas y enfermedades que pudiera trasladar a la huerta en donde se va a plantar (NIASA, 2019).

Para minimizar el riesgo de mover patógenos a y dentro de un área de producción de planta, la desinfección y la higiene son decisivas (NIASA, 2019). A continuación, se sugieren algunas medidas de control que pueden ayudar a este propósito:

- Si el agua para riego proviene de arroyos, ríos, presas o algún sitio estancado, debe ser desinfectada y monitoreada rutinariamente, particularmente su pH y conductividad eléctrica, para conocer su grado de mineralización.
- Para no trasladar problemas fitosanitarios (plagas y enfermedades) de una zona a otra es importante desinfectar las plantas y bloques contaminados, así como evitar el contacto entre ellos.
- Para la desinfección del equipo de trabajo usar exclusivamente soluciones frescas, utilizar agua con pH entre 5.5 y 7.5, etiquetar los reactivos, almacenarlos fuera de los rayos solares y de preferencia en un cuarto fresco con temperatura menor a 28 °C.
- El personal debe lavarse y desinfectarse cuidadosamente las manos y las suelas de los zapatos antes de entrar al vivero, así como entre las diferentes operaciones que realice dentro de él. Puede usar guantes desechables o lavables, siempre y cuando siga los mismos cuidados.
- Lavar y desinfectar rutinariamente todo el equipo de trabajo: navajas, tije-

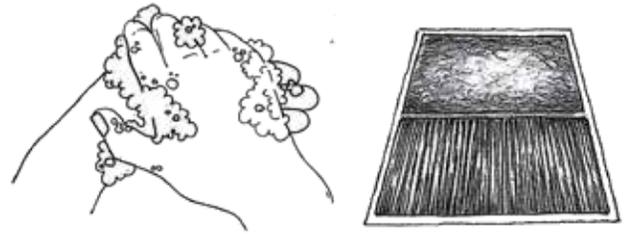


Ilustración 6. Lavado de manos y tapete para mantener la higiene en el vivero.

ras para podar, palas, picos, carretillas, etcétera. Si el material fue usado en un lote, debe ser lavado y desinfectado antes de usarlo en otro (ilustración 6).



Ilustración 7. Es indispensable la limpieza del equipo en vivero para evitar la contaminación de patógenos.

- Las bolsas o macetas también deben ser desinfectadas. Existen varios métodos como la solarización, biofumigación o el uso de vapor de agua a 60°C por 30 min, técnica que sirve para eliminar patógenos nocivos sin comprometer la sobrevivencia de microorganismos benéficos.
- Todo el material vegetativo utilizado para la propagación de las plantas, sean semillas o varetas, debe provenir de árboles totalmente sanos y vigorosos. También deben ser registrados y etiquetados por lotes, indicando la siguiente información acerca de su colecta: fecha en que se realizó, nombre

del colector, tipo de material, sitio, variedad y comentarios u observaciones (ilustración 8). De ser posible, los árboles proveedores del material deben ser identificados y marcados individualmente.

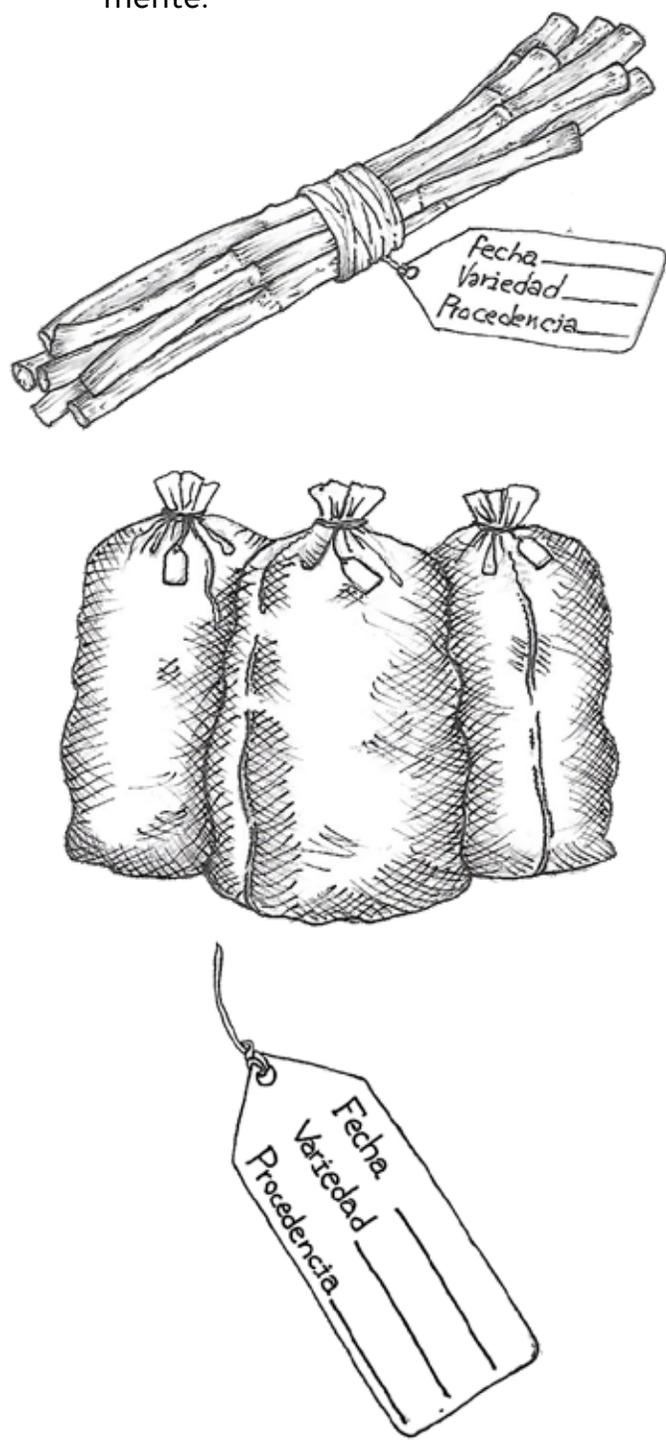


Ilustración 8. El material vegetativo debe ser etiquetado para su identificación y control.



Fotografía 2. Oliverio García Hernández aplicando fertilizante foliar para mejor desarrollo de las plantas.

# INJERTO JUVENIL DE PÚA TERMINAL PARA LA PROPAGACIÓN DE MACADAMIA

## Formación del portainjerto o patrón

El injerto juvenil de púa terminal consiste en sembrar una semilla para desarrollar un 'portainjerto' o 'patrón', material vegetativo sobre el cual se incrustará un trozo de rama (también llamado 'púa' o 'vareta') cortado del árbol que se quiera propagar. Se le dice "juvenil", porque se injerta cuando la plántula tiene aproximadamente tres a cuatro meses de edad, aún no es productiva y su tallo principal no ha lignificado por completo. La 'púa terminal' (o 'cuña') es la forma en que es cortada la vareta para poder ser injertada. Ahora bien, si se logra el acoplamiento de forma correcta, el portainjerto se convertirá en el sistema radicular (las raíces) del futuro árbol, mientras que la vareta será el tronco donde crecerán las ramas y la parte reproductiva de la macadamia (flores y frutos).

Desafortunadamente este método no es perfecto. En los viveros de Veracruz se logran en promedio del 70% al 80% de los casos. Sin embargo, en ocasiones se presentan prendimientos del 50%. Las causas de este fenómeno no son del todo conocidas, pero probablemente proviene de problemas fitopatógenos, a la falta de capacitación y experiencia de los injertadores, así como a distintos factores que inciden a lo largo del proceso (la calidad de la semilla, tipo de sustrato, la época del año, la vareta, fase de la luna) o incluso a las propias condiciones de la planta o del vivero. Una mayor higiene y el registro sistemáticos del trabajo son la única alternativa para poder identificar los desciertos y aumentar los casos de éxito.

## Colecta y almacenamiento de la semilla

Para producir una planta de macadamia vigorosa se necesita, en primer lugar, formar un buen portainjerto, de cuatro a cinco meses con una altura de 15 a 20 cm y un grosor de 5 a 10 mm en la base del tallo (ilustración 8). Para ello se debe colectar semilla fresca; la variedad más utilizada en México es Alberca 527 (*Macadamia tetraphylla*), por su alto porcentaje de germinación, uniformidad de tamaño y gran desarrollo de raíces. Con esta variedad se obtiene como mínimo 100 semillas por kilogramo (ilustración 9).



Ilustración 9. Aspecto general de un portainjerto o patrón listo para injertar.

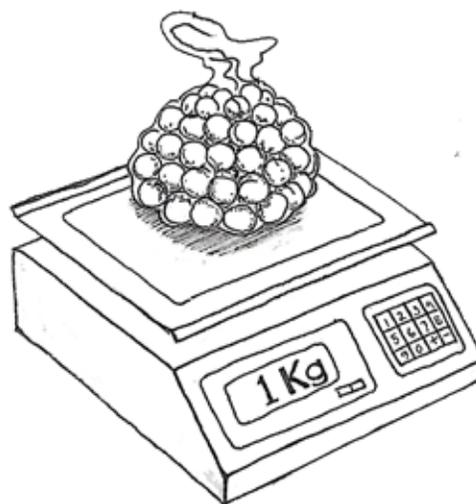


Ilustración 10. En promedio 100 semillas en 1kg de la variedad Alberca - 527.

Es importante saber que las semillas de la macadamia son «recalcitrantes», es decir, semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos. Por esta razón, el porcentaje de germinación es mayor si son sembradas inmediatamente después de ser descascaradas, o bien en las siguientes 48 horas (NIASA, 2019). Si son almacenadas, deben mantenerse con una humedad del 7 al 10% y a una temperatura de 4 °C; además deben ser etiquetadas, como se señaló anteriormente (ilustración 7), para un mayor control de calidad. En estas condiciones pueden llegar a durar hasta doce meses, mientras que a temperatura ambiente la viabilidad comienza a declinar drásticamente a partir de los tres o cuatro.

Las nueces deben ser colectadas de preferencia cuando su pericarpio o cáscara aún sea verde. Las que llevan varios días en el suelo son susceptibles a la infección por hongos o bacterias, particularmente cuando el ambiente es húmedo, por lo que no deben ser usadas para formar portainjertos; tampoco las inmaduras, las que presenten manchas o que suenen al sacudirse (sonajear).

Para tener un mejor control de calidad en la semilla a sembrar, es preferible que la colecta se haga sin mezclar las semillas entre áreas o bloques por distintas variedades.

Una vez colectadas, deben ser descascaradas (se les quita el pericarpio) y eliminarse las que sean muy pequeñas y aquellas que tengan hongos (ilustración 10). Deben ser lavadas y desinfectadas para quitar restos de suelo u otras fuentes contaminantes con las que pudieran haber entrado en contacto. Posteriormente se deben secar para eliminar el exceso de agua. Hecho lo anterior, las semillas están listas para su almacenamiento o escarificación (proceso para acelerar la ger-

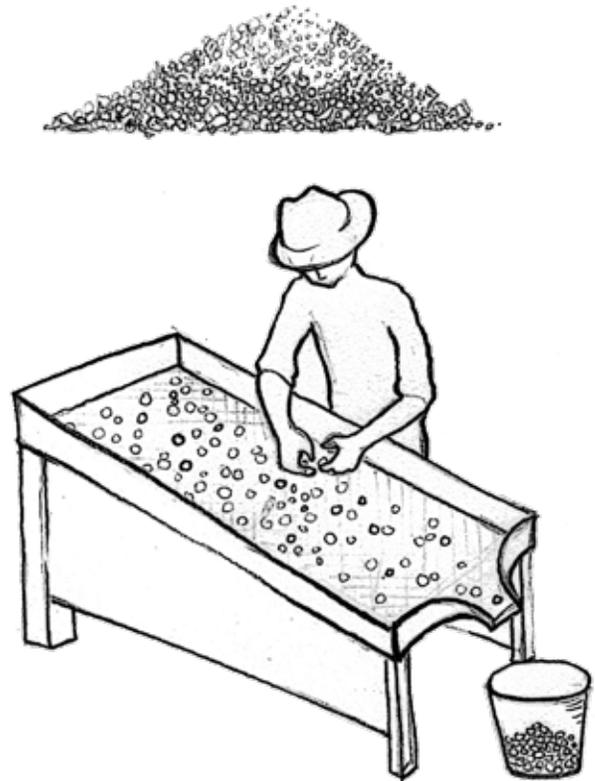


Ilustración 11. Selección de semilla para su almacenamiento o siembra.

## Escarificación

Varios factores influyen en el proceso de germinación de las semillas, entre ellos están la genética, su vigor, grosor de la concha, así como las condiciones ambientales, principalmente, temperatura y humedad. Las que presentan el menor tiempo de germinación (de uno a tres meses) y con un porcentaje mayor de éxito (80-90%) son aquellas que no fueron almacenadas más de dos semanas y que pasaron por un proceso de «escarificación». Algunos estudios indican que la variedad *Macadamia integrifolia* demora más que la *M. tetraphylla*.

La escarificación es un tratamiento que se le da a las semillas antes de ser sembradas, con la finalidad de reducir el tiempo de germina-

ción. Consiste en colocarlas en agua por un período de 24 a 48 hr. Hay que descartar todas aquellas que floten, ya que en su mayoría son semillas vanas que no germinarán. Posteriormente son puestas a pleno sol durante 12 hr (ilustración 11). Esta técnica agiliza su apertura natural y le facilita la absorción de agua por medio del poro o micrópilo. En el caso de las semillas que han sido almacenadas por más de dos semanas, se recomienda que se sumerjan en agua de 27 a 48 horas.

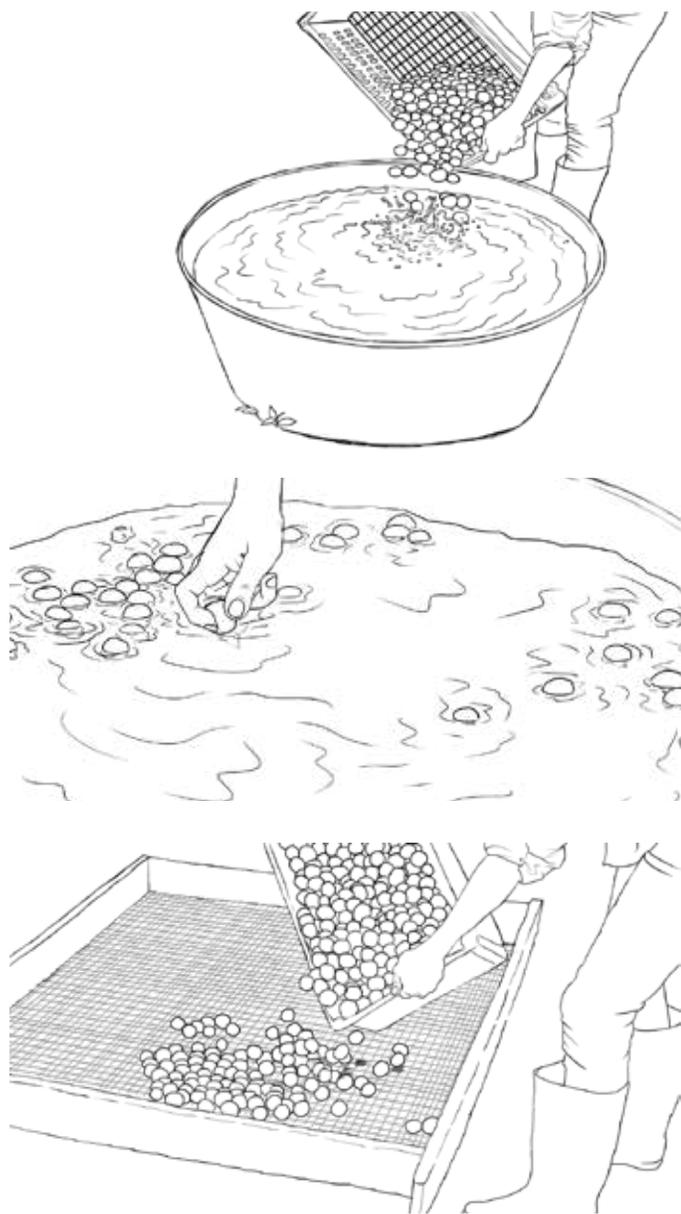


Ilustración 12. Proceso de escarificación de la semilla.

Ya descascaradas y escarificadas, las semillas deben ser introducidas en un medio de cultivo previamente desinfectado, lo suficientemente profundo (mínimo 15 cm) para iniciar la germinación y promover el crecimiento de raíces sanas y vigorosas.

## Sustrato

La mezcla de sustrato recomendada tiene una proporción de 2:2:1, esto es, 40% tierra, 40% materia orgánica y 20% arena (Escamilla et al., 2013). Una mezcla común es utilizar cinco partes de tierra negra por una de arena, de preferencia de río (ilustración 12), pero no se debe olvidar que la materia orgánica enriquece mucho los nutrientes y la textura del sustrato, lo cual no solo contribuye a un drenaje adecuado, sino que permite y estimula el crecimiento de las raíces. Es conveniente mezclarlo, cernirlo y desinfectarlo quince días antes del llenado del recipiente, así como corroborar su pH (entre 5.5 y 6.5) para que no interfiera con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. En el caso de siembra en semilleros, se recomienda arena, de preferencia de río, aunque también puede ser de mina o banco, o incluso tamizado fino de tezontle rojo.

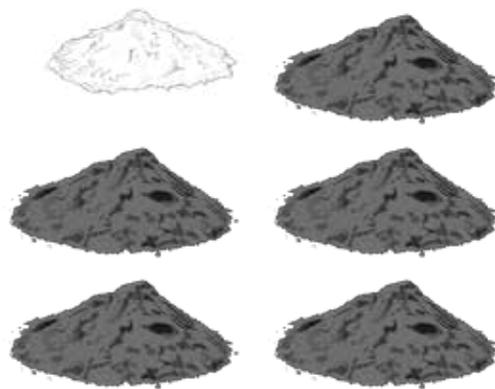


Ilustración 13. Preparación de sustrato: cinco partes de tierra negra por una de arena.

## Siembra

Como se comentó en la introducción, la nuez de macadamia tiene una sutura lineal que va del eje central hasta el micrópilo (ilustración 1). Este pequeño surco se abrirá cuando inicie la germinación, de allí emergerán la raíz y el brote inicial. Por esta razón, la semilla debe ser colocada con la sutura o cicatriz posición paralela a la superficie del suelo o bien en dirección al suelo (ilustración 14), de lo contrario la raíz y el brote se verán obligados a rodear la nuez para desarrollarse, dando como resultado un árbol con una arquitectura inclinada o raíz torcida torcida (ilustración 15).

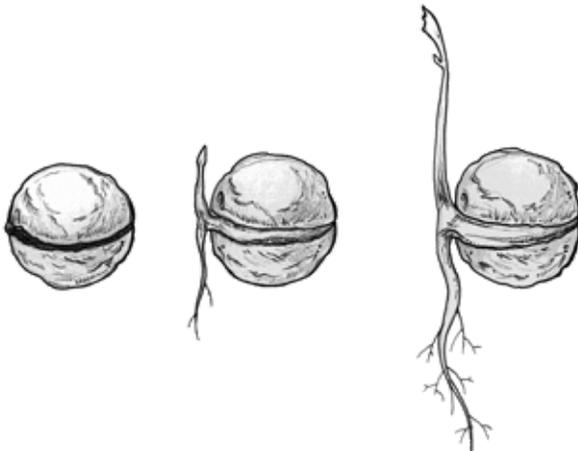


Ilustración 14. Posición adecuada de la semilla para siembra.



Ilustración 14. Posición adecuada de siembra de la semilla.

Es muy importante desarrollar árboles con un sistema radicular sano y vigoroso, con una raíz pivotante vertical y recta, lo cual favorece una arquitectura estable, que permitirá árboles resistentes a problemas fitosanitarios y los vientos. La posición en las que sean colocadas las semillas al momento de la siembra determinará su desarrollo.



Ilustración 15. Raíz torcida (de cochino) inapropiado para siembra.



Ilustración 16. Desarrollo radicular inapropiado.

El sembrador tiene dos opciones al momento de sembrar las semillas, la primera es introducirlas en una cama de germinación (semillero) para después trasplantarlas al contenedor final. La segunda opción es colocarlas directamente en el contenedor o bolsa, a esto se le denomina siembra directa. Ambos métodos son efectivos, cada una con sus ventajas y desventajas.

En todo caso, lo más importante es la planificación de las diferentes fases del proceso de producción. La formación del patrón es un procedimiento mucho más sencillo que el injerto, por lo que se debe suponer que el tiempo que se dedique al segundo será mayor que el del primero. Si esto no se toma en cuenta, puede ser que sean sembradas más semillas de las que en su momento van a poder ser injertadas, lo cual representará una pérdida de portainjertos y obviamente de tiempo, dinero y esfuerzo. Por eso hay que calcular desde un inicio cuántos árboles serán injertados, cuánto tiempo hay disponible para hacerlo, cuánto personal capacitada, con qué materiales se cuenta, etcétera.<sup>1</sup>

### En semilleros (siembra indirecta)

Las semilleros son contenedores, generalmente cuadrados o rectangulares, hechos de madera, PVC, hormigón u otros materiales, de preferencia no porosos para su mejor limpieza (ilustración 17). Tienen la función de dar albergue a las semillas durante sus primeras fases de crecimiento, antes de colocarlas en el medio en que se desarrollarán por completo, para reducir riesgos de infección y facilitar el monitoreo. Esta opción permite tener un mayor control de calidad sobre el sistema radicular de los portainjertos. Los semilleros deben estar preferentemente aislados del suelo y contar con un excelen-

te sistema de drenaje, para lo cual se puede utilizar grava de 10-25 mm de diámetro para evitar los encharcamientos, especialmente en períodos de lluvia fuerte, aunque también pueden utilizarse tarimas para aislar la planta del suelo (ilustración 16).

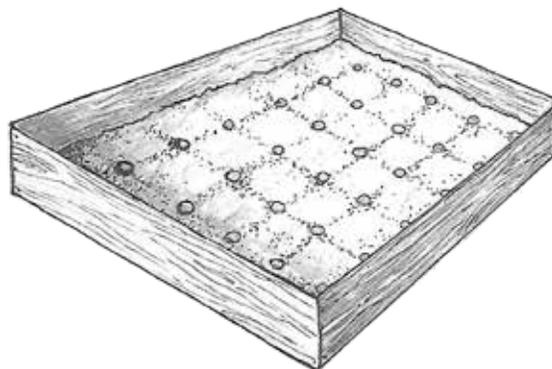


Ilustración 17. Esta planificación indirecta permite seleccionar las plantas con el mejor sistema de raíces y eliminar las que presentan daños o defectos.

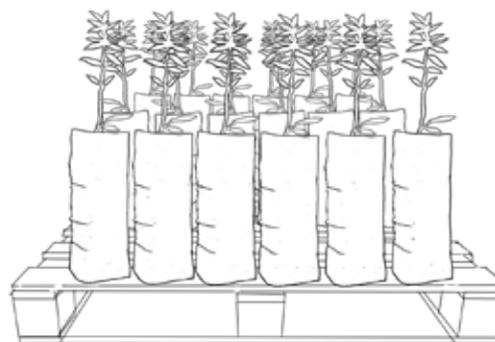
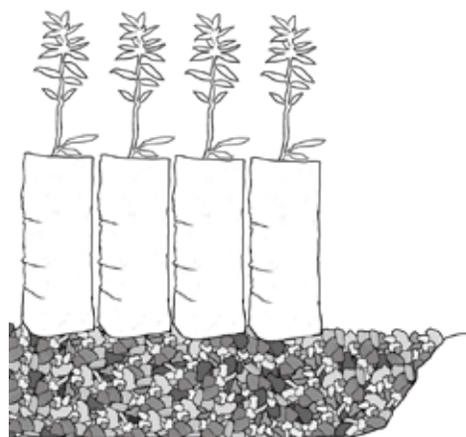


Ilustración 18. Grava o tarimas para aislar la planta del suelo y prevenir problemas de hongos.

<sup>1</sup> Este planificación debe considerar las recomendaciones que hay en los apartados donde se explica cómo colectar e injertar varetas.

### Los semilleros:

- Deben ser fáciles de limpiar y desinfectar en cada ciclo de siembra.
- Su profundidad debe ser de mínimo 15 cm, de preferencia 25 cm.
- En viveros tecnificados es importante controlar perfectamente su temperatura y humedad, ya que un sustrato húmedo y muy frío favorece la dispersión de plagas y enfermedades.
- Pueden ser cubiertos con polietileno u otros materiales para reducir los tiempos de germinación de las semillas.
- En caso de contar con sistema de irrigación (riego), el agua debe ser distribuida de forma homogénea. En caso de realizarlo manualmente, debe hacerse al menos una vez al día (de preferencia dos, uno por la mañana y otro al atardecer). Cuando el control de riego no es el adecuado, puede producirse la muerte del ápice de la planta germinada, creando así múltiples brotes que dan como resultado árboles con una arquitectura no idónea.

Para asegurar la distancia a la cual separar las semillas y no dañar las raíces al momento de la extracción, se puede diseñar una retícula formada por cuadros de 8 x 8 cm. De esta forma serán sembradas 200 nueces/m<sup>2</sup>. Aún está a debate qué tan profundamente deben ser enterradas, pero para evitar una posible deshidratación del brote inicial puede ser conveniente hacerlo a un máximo de 2 cm (ilustración 19). Una vez colocadas en el sustrato, deben ser regadas inmediatamente.

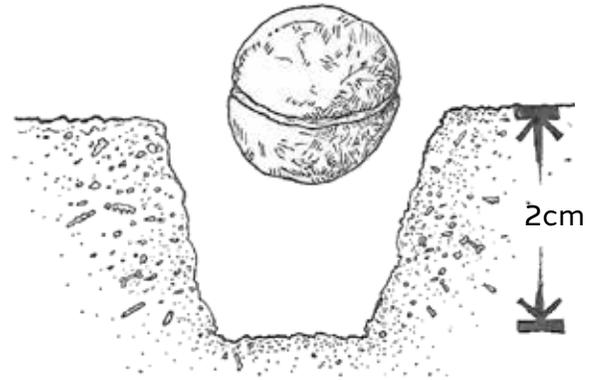


Ilustración 19. Profundidad máxima de siembra 2 cm de profundidad.

Las semillas comenzarán a germinar en un plazo de uno a tres meses. Si en algún momento se detecta que alguna se pudrió u obscureció, debe ser retirada inmediatamente de la cama de germinación. Deben ser descartadas también todas aquellas plántulas en las que se observe un crecimiento raquítrico, enanismo, dañadas por plagas y enfermedades, inclinación mayor a 10% u otra característica desfavorable. Las que crezcan sanas deben ser regadas y abonadas periódicamente hasta alcanzar entre 15 y 20 cm, cuando ya estén listas para ser trasplantadas a las bolsas de polietileno e injertadas.

### Transplante

Puesto que la producción de planta de macadamia conlleva un proceso largo que va desde los doce hasta los veinticuatro meses, es muy importante que el medio de cultivo sea de alta calidad y le permita al árbol desarrollarse plenamente durante todo ese período. Se recomienda que antes de retirar las plantas de la cama de germinación, estén listos los recipientes con el sustrato donde serán recolocadas. Las bolsas negras de polietileno son una buena opción y las medidas más utilizadas (base por altura) son las siguientes: 14 x 35, 18 x 30, 22 x 30, 25 x 35 y 25 x 40 cm,

con un grosor de 100 micras ( \*m). La bolsa debe contar con al menos cuatro orificios en la parte inferior que servirán para drenar el

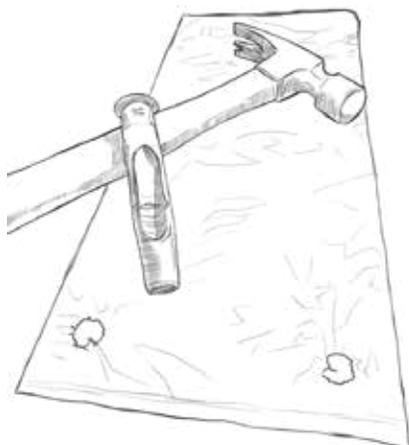


Ilustración 20. Bolsa de polietileno con perforador y orificios.

agua (ilustración 20). En promedio un kilo de bolsa de 18 x 30 cm tiene 130 unidades.

Una vez que las plantas hayan alcanzado una altura de 15 o 20 cm, y el recipiente y el sustrato estén preparados, se procede a realizar una pequeña poda de las raíces de 1 a 2 cm (ilustración 21). Ahora sí, todo está listo para el trasplante. En este punto, la planificación juega nuevamente un papel crucial: se recomienda no desenterrar una cantidad de plantas mayor de las que podrán ser reubicadas ese mismo día en un periodo corto de tiempo. Lo ideal es llevar a cabo este procedimiento por la tarde o bajo la malla sombra, no un día



Ilustración 21. Poda de raíz de 2 cm previo al trasplante.

de mucho calor ni en las horas de mayor incidencia solar.

El trasplante debe ser realizado de forma cautelosa, sin dañar las raíces, envolviendo la planta en un paño o periódico húmedo para evitar la deshidratación antes de su siembra. También debe tenerse la precaución de no desprender la semilla adherida al sistema de raíces, ya que si se cae baja la probabilidad de que se logre el prendimiento o disminuye la velocidad del desarrollo de la planta (la semilla sigue aportando nutrientes a la planta).

La colocación de la planta en el recipiente puede hacerse de dos maneras distintas: i) llenar una mitad con el sustrato, poner la planta encima y completar el llenado; o ii) llenar por completo la bolsa, hacer un agujero en el centro (15 cm) y, una vez colocada la planta, cubrir las raíces por completo. En cualquier caso, el objetivo es que quede en una posición recta, en el centro del contenedor y a la misma profundidad que se encontraba en la cama de germinación. Al momento del llenado se debe presionar ligeramente la tierra, estirando la bolsa fuertemente, ya que con el paso del tiempo el sustrato se degrada, produce hendiduras y esto puede obstaculizar o reducir el drenaje, creando un medio anaeróbico (sin oxígeno) propicio para la pudrición de las raíces. Hecho lo anterior, se riega inmediatamente y se coloca bajo la malla sombra durante 40 días.

Si el sembrador optó antes por utilizar una cama de germinación, aquí se encuentra nuevamente frente a dos opciones: i) trasplantar y esperar a que la planta se habitúe a su nuevo sustrato antes de injertar, o ii) injertar la planta retirada de la cama de germinación, previo a su trasplante. Si lo hace después, lo que procede es regarla una vez al día hasta que alcance una altura de 20 o 30 cm, cuando el patrón esté completamente listo para ser injertado.

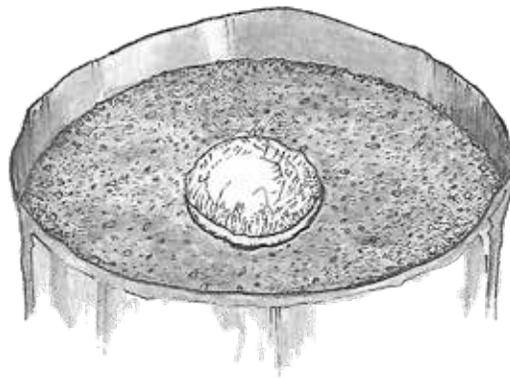
Una vez trasplantadas, deben cuidarse del viento y del sol. La manera de hacerlo es colocar una cerca de 1.8 m de alto, que servirá también para reducir la cantidad de semillas de hierbas o arvenses que viajan con el viento y se desarrollan, disminuyendo a su vez el trabajo de deshierbes. Por último, cada lote debe ser marcado con una etiqueta de identificación que permita rastrear el origen de la semilla, así como la fecha de siembra.

### **En bolsa de polietileno (siembra directa)**

Si la siembra se hace directamente en la bolsa de polietileno se debe llenar la bolsa por completo con el sustrato y hacer en el centro un orificio de 2.5 cm de profundidad para colocar la semilla (ilustración 22). Al utilizar esta técnica se ahorra el trabajo de trasplante, pero debe tenerse cuidado de que la raíz no llegue al fondo de la bolsa antes de establecer la planta en campo. El resto de las consideraciones acerca de los cuidados durante el crecimiento aplican igualmente para las semillas sembradas bajo este procedimiento.

Como se mencionó con anterioridad, el injerto es el material vegetativo que formará la parte aérea del futuro árbol. Se obtiene cortando una vareta de una rama de un árbol sano y productivo, la cual será incrustada en el portainjerto o patrón ya desarrollado.

Es importante identificar la variedad más adecuada en función de la altitud y el clima, para proceder a coleccionar la vareta. Le corresponde a un técnico o productor con experiencia identificar la variedad en campo, analizando algunos aspectos, como: forma de la copa, tamaño del árbol, densidad foliar, largo y ancho de las hojas, espinas foliares, color de los rebrotes, forma del pericarpio,



*Ilustración 22.* Siembra directa en bolsa de polietileno.



Fotografía 3. Plántula lista para injerto indirecto..

## INJERTO DE PÚA TERMINAL

textura y forma de la concha, entre otras.<sup>2</sup>

De forma general, las variedades de *M. tetraphylla* se adaptan mejor a las regiones templadas (temperaturas menores a 18 °C) con altitud de 1200 a 2000 msnm, mientras que las de *M. integrifolia* a zonas más cálidas, con temperaturas promedio mayores a 18 °C y altitud de 200 a 1200 msnm. Sin embargo, Mauka y Kakea (*M. integrifolia*) han dado muy buenos resultados en las regiones cafetaleras. En México se han generado variedades aptas para este tipo de zonas: Alberca 527, Huatusco, Victoria y Gabor, entre otras; hoy lo sabemos, gracias a la experiencia y los estudios que han realizado productores e investigadores en nuestro país..

### Colecta de varetas

Las varetas que se van seleccionar deben obtenerse de ramas productivas (que haya dado flores y frutos) con madera fuerte y que se encuentre a una altura de 1 m por encima del suelo, fuera del alcance de infecciones por hongos fitopatógenos. Una arquitectura recta con pocas ramas laterales maximizará la cantidad de yemas (meristemo apical con primordios foliares) potencialmente viables en el material del injerto. No se recomienda tomar varetas de árboles bajo estrés por falta de agua o, por el contrario, de zonas anegadas. Debe inspeccionarse que el color interno de la madera sea uniforme, de lo contrario debe descartarse, ya que podría ser signo de una infección difícil de detectar externamente, pero de muy fácil dispersión en vivero.

<sup>2</sup> En el apartado de "Referencias útiles" de este manual se encuentra una guía de identificación varietal generada por el gobierno australiano, país en el que el análisis genético es un requisito de rutina.

En condiciones<sup>3</sup> tropicales se asume que los injertos pueden ser realizados en cualquier época del año, sin embargo, la vareta deberá ser colectada preferentemente en ciclos fenológicos en los que la planta no esté produciendo nuevos brotes foliares, tampoco en floración o con cosecha, pues en estos momentos la planta no contiene las reservas de almidón que le son indispensables para el prendimiento.

Antes de colectar la vareta se recomienda revisar que el árbol proveedor esté libre de cualquier síntoma de enfermedad o plaga; así como también desinfectar y afilar las herramientas para una mayor higiene y precisión al momento de cortar.

La rama de la cual se obtengan las varetas debe ser productiva y su grosor debe coincidir con el de los portainjertos que se van a injertar. Debe podarse un 80% de las hojas para evitar la deshidratación de la vareta (ilustración 23). De esta rama, cortada en segmentos de 5 a 10 cm con al menos una yema, obtendrás tus varetas (ilustración 24).

Una vez cortadas las varetas, se procede a colocadas en un paño húmedo con una solución hecha a base de alcohol metilado o desnaturalizado (30%) y agua (70%), en un contenedor con un paquete de hielos, o simplemente en un trapo o periódico húmedo que las envuelva para evitar la deshidratación. Dado que la «respiración» del material

<sup>3</sup> "Existen métodos para propiciar que la vareta acumule la mayor cantidad de nutrientes posibles antes de realizar el injerto, aunque no son 100% eficaces. Uno de ellos es la técnica del 'anillado' o 'incisión anular', llamado así por el tipo de corte que se hace en el árbol del que se obtendrán las varetas. Consiste en raspar con una navaja la parte superior de la rama, removiendo apenas una franja de corteza de 2 a 3 cm de largo (en forma de anillo). De esta forma, se pretende que los nutrientes, en lugar de ser distribuidos al resto del árbol, se queden en la vareta. En el caso de la macadamia, este procedimiento se lleva a cabo seis semanas antes de cortar la rama por completo. No obstante, la experiencia de campo en México sugiere que en el caso de las variedades de mayor propagación en el país (Mauka, Kakea, Alberca 527, Huatusco y Victoria) esta técnica no aumenta significativamente el prendimiento de los injertos, por lo cual no es utilizada".

vegetativo produce calor y humedad, se recomienda no unir más de 50 varetas por bolsa o empaque.

Lo ideal es injertarlas inmediatamente después de haber sido colectadas, para lo cual se sugiere tener en cuenta las siguientes consideraciones:



Ilustración 23. Poda del 80% de las hojas de la rama.

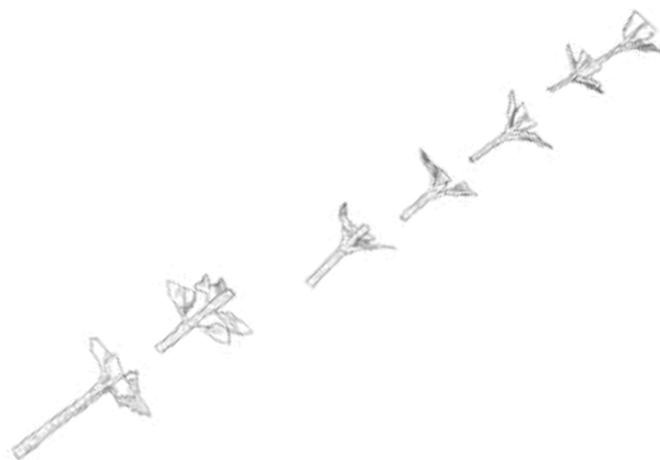


Ilustración 24. La rama se corta en segmentos de 5 a 10 cm.

- Dejar de fertilizar el patrón dos o tres meses antes del injerto para que tenga altas reservas de almidón, reanudando su fertilización y activación una vez injertado.
- Colectar e injertar en períodos de «dormancia», es decir, de poca actividad de la planta.
- Realizar la colecta del material al amanecer e injertar el mismo día para disminuir la pérdida de humedad.
- Injertar cuando haya luna creciente, momento en el que tanto la vareta como el portainjerto poseen un alto contenido de carbohidratos.
- Se puede tomar como referencia que un injertador nacional experto puede realizar en promedio entre ciento cincuenta y doscientos injertos al día, mientras que un aprendiz, cien.

Si no es posible injertarlas el mismo día de su colecta, pueden ser almacenadas en refrigeración hasta por una semana, teniendo en cuenta que el riesgo de infección por patógenos y el vigor disminuyen con el tiempo, lo ideal es utilizar la vareta lo más fresca posible.

## Injerto o incrustación <sup>4</sup>

El injerto debe ser realizado en un área sombreada y con la herramienta y manos previamente desinfectadas. Es importante llevar un registro de las fechas de injerto, así como las variedades y porcentaje de prendimientos. A continuación, se presenta el proceso para realizar el injerto paso a paso:

**1.** Regar abundantemente el patrón un día antes de ser injertado (ilustración 25).



Ilustración 25. Patrón de 15 a 20 cm regado para injertar al día siguiente.

**2.** Eliminar las hojas que se encuentran en la parte inferior del segundo nudo del patrón

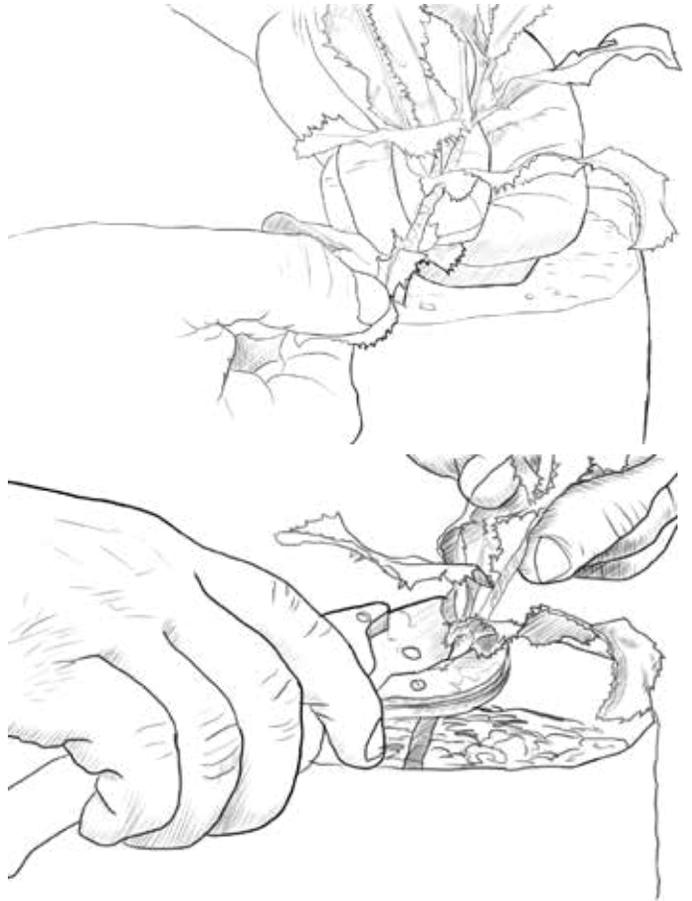


Ilustración 26. Eliminación de hojas en la parte inferior al portainjerto.

para poder injertar cómodamente (ilustración 26).

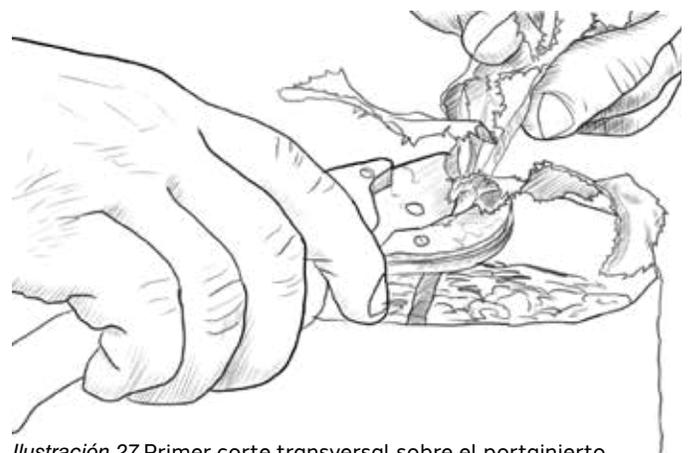


Ilustración 27. Primer corte transversal sobre el portainjerto.

**3.** Realizar un corte transversal en el tallo,



*Ilustración 28.* Corte vertical sobre el portainjerto.

arriba del segundo nudo, a una altura promedio de 5 cm (ilustración 27).

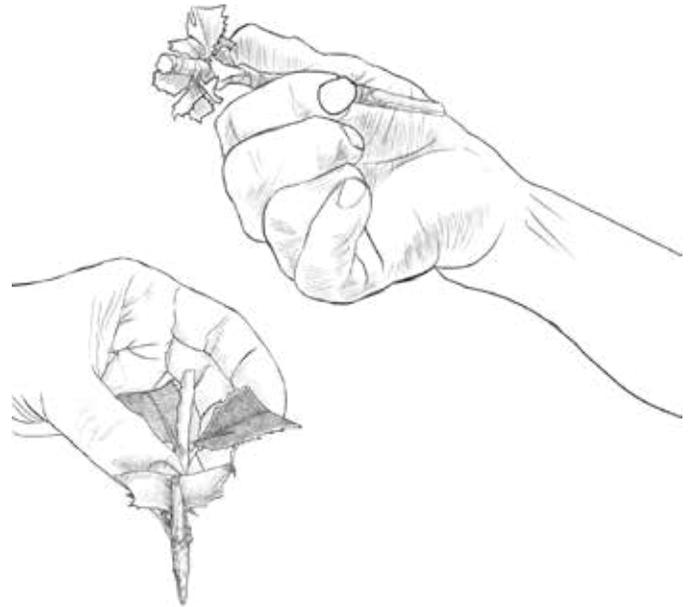
**4.** Se procede a hacer un segundo corte, ahora vertical, de 2 cm de profundidad (ilustración 28).

**5.** En este punto es importante confirmar que la vareta tenga el mismo grosor que el patrón. Se debe cuidar que las partes a unir tengan el



*Ilustración 29.* Verificación del grosor entre portainjerto y vareta.

mismo diámetro, sólo así se logrará el mayor contacto entre sus haces vasculares (por donde se transporta el agua y nutrientes a través de la planta) y, por ende, se dará un mayor

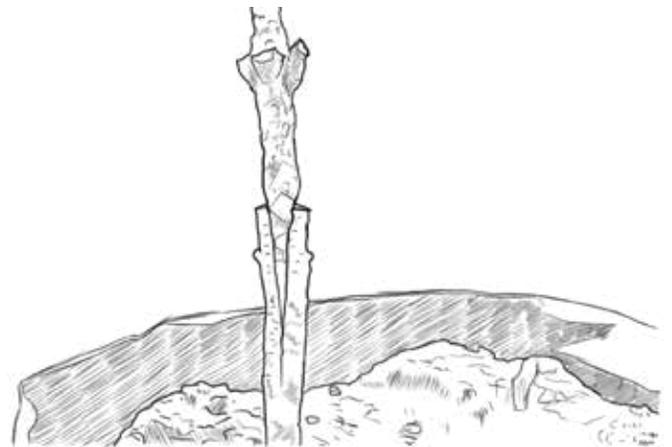


*Ilustración 30.* Vareta cortada en forma de cuña.

acoplamiento (ilustración 279).

**6.** Cortar la vareta en forma de cuña (púa terminal) por medio de solo dos cortes muy precisos (ilustración 30).

**7.** Injertar la vareta con cuidado sobre el patrón y presionar ligeramente. Hay que verificar que el empalme sea perfecto y no queden espacios. A pesar de haberse lavado las ma-

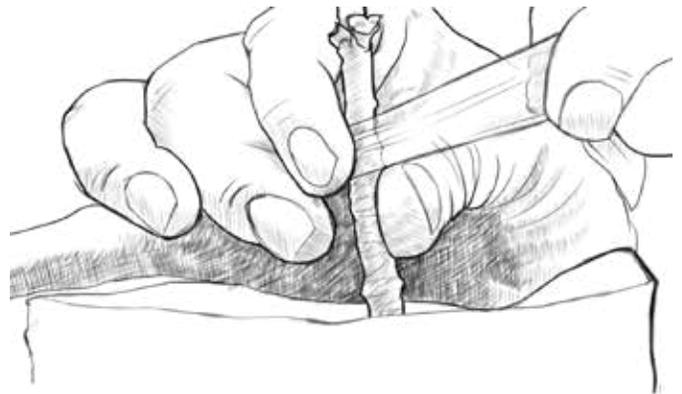


*Ilustración 31.* Incrustación de la vareta sobre el portainjerto.



nos, el injertador debe procurar no tocar con sus dedos los puntos de empalme del injerto y de la vareta, ya que podría contaminarlo fácilmente (ilustración 31).

**8.** Proteger la unión del patrón y el portainjerto envolviendo con parafilm o cinta plástica. De esta forma se protege de la deshidratación y contaminación. Los productos más recomendados, en orden de eficacia, son: cinta parafilm, rollo de película de PVC, bolsa de polietileno transparente y mezcla de parafina con cera de abeja (o vaselina al 35%) (Jacomino et al., 2000). La bolsa es la alternativa más accesible y económica, sin embargo, requiere mucha experiencia por parte del in-



*Ilustración 32. Colocación del parafilm o plástico para unir y proteger el injerto.*

jertador para alcanzar altos porcentajes de prendimiento. En caso de no ser biodegradables, estos envoltorios deben retirarse al momento de la siembra en campo para evitar el estrangulamiento o obstrucción de la planta (ilustración 32).

Para el caso de los portainjertos que se extraen del semillero, hay dos opciones: 1) trasplantarlos a las bolsas de polietileno y esperar alrededor de 40 días para injertar y

*Fotografía 4. Inflorescencia de Macadamia integrifolia.*



**1. Selecciona la planta con excelente crecimiento de raíces.**



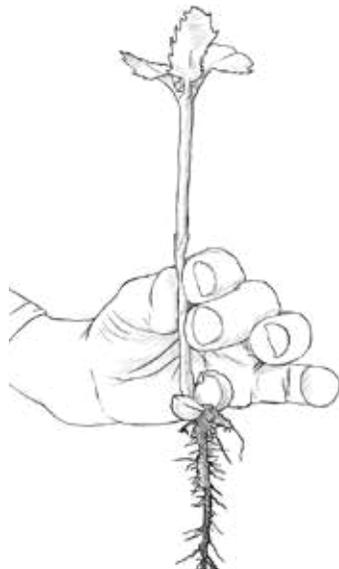
**2. Poda la raíz (1 a 2 cm).**



**3. Haz un primer corte transversal.**



**4. Realiza un segundo corte vertical sobre el portainjerto.**



**5. Incrusta la varetta.**



**6. Coloca el parafilm. Por último siembra en bolsa de polietileno y riega.**

Ilustración 32. Proceso de injerto previo al trasplante.

2) realizar el injerto al momento de extraer la planta del semillero. Esta última opción es muy práctica, ya que se realiza injerto y trasplante a la vez, pero requiere más cuidados. En la ilustración 32 se muestran brevemente los pasos a seguir.

**9.** Independientemente de si fue siembra directa o indirecta, para crear un ambiente propicio para el prendimiento del injerto se requiere una instalación adecuada que mantenga estables los niveles de humedad y temperatura. La manera de lograrlo es a través de microinvernaderos para cada planta injertada, que no sólo evitarán la pérdida de humedad, sino que también la protegerán contra posibles plagas y hongos patógenos. Pueden ser elaborados con bolsas plásticas transparentes y alambre galvanizado o reco-

cido; incluso pueden ser utilizados simples envases de refresco reciclados, material con el que también se obtienen excelentes resultados. La planta se mantendrá bajo el microinvernadero y bajo la malla sombra por un periodo de 45 a 60 días (ilustración 33).

**10.** Después de este período, destapar y regar inmediatamente después. Es posible que

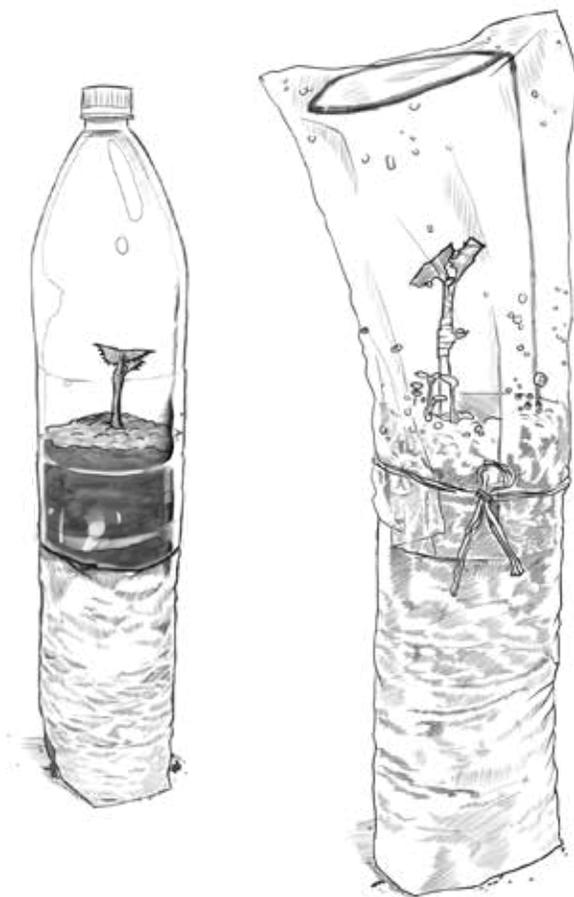


Ilustración 33. Injertos cubiertos con microinvernaderos.

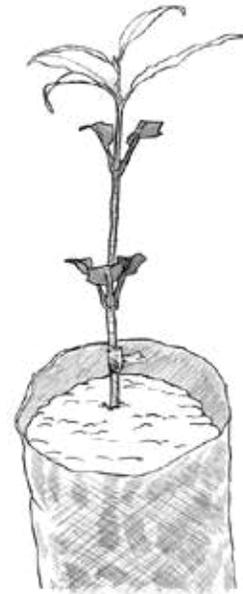


Ilustración 34. Destape de los injertos 45 a 60 días después, aún bajo la malla sombra.

ya tenga algún rebrote. Debe aún permanecer bajo la malla sombra por 10 días más: una exposición brusca al sol en zonas cálidas puede afectarle gravemente, por lo que se recomienda ir exponiendo la planta al sol de forma paulatina (ilustración 34).

### **Cuidados posteriores al injerto**

Es importante que la exposición de las plantas a la luz solar sea paulatina. También es fundamental monitorearlas constante y sistemáticamente para detectar y eliminar a tiempo 'chupones' (brotes bajo el injerto) (ilustración 35), hierbas (ilustración 36), enfermedades foliares, malnutrición expresada en el amarillamiento de las hojas por alguno de sus lados («clorosis») u otros problemas, por ejemplo, del sistema radicular. Se debe



*Ilustración 35.* Eliminar los chupones bajo el injerto de forma sistemática, siempre y cuando el injerto ya tenga un brote desarrollado.



*Ilustración 36.* Deshierbar de forma manual y sistemática cada 15 días, con cuidado de no quebrar el punto de unión del injerto.

chechar particularmente que en la unión del injerto y el pie franco (patrón) no haya «necrosis» (tejido muerto). Los ejemplares que no resulten exitosos deben ser desechados y colocados en un área que no permita la con-

taminación de los ejemplares sanos.

Se recomienda aplicar fertilizante foliar cada quince días, de preferencia con bioinsumos como lombricomposta y bocashi. La planta en bolsa es muy fácil de quemarse por una dosis de agroquímicos, por lo que su aplicación debe ser extremadamente cautelosa. Se recomienda comenzar con fertilizaciones foliares y a partir del segundo rebrote del injerto utilizar fertilizantes en sustrato.

Con la misma frecuencia (cada quince días) deben aplicarse fungicidas y/o probióticos como método preventivo para el control de hongos fitopatógenos. Algunas opciones son: caldos minerales, caldo bordelés sulfocálcico, caldo visosa, caldo ceniza o preparados vegetales.

En viveros con capacidad de producción de diez mil plantas o más, no es posible revisar cada una de las plantas para saber si están todas en buenas condiciones, por lo que deben ser seleccionadas algunas de ellas, que servirán como indicador del estado de salud de las demás. A esas plantas se les llama 'centinela'. La proporción de la muestra depende del tamaño de la producción total, aunque generalmente representa el 1%. Estas plantas deben ser etiquetadas para su identificación fácil. Se recomienda hacer un monitoreo cada tres meses, registrando la fecha y el tipo de revisión que se hizo, la persona responsable y, por supuesto, lo observado.

La planta permanecerá como mínimo tres meses más en el vivero, a pleno sol, hasta desarrollar una altura total de 50 cm, cuando ya esté lista para su siembra en campo (ilustración 37). Una vez allí, se llevarán a cabo

las podas de formación (anexo 3), las cuales mantendrán el desarrollo de una única rama central (también llamada “líder”) y que consisten en la eliminación de los brotes que surgen bajo el injerto, para asegurar una estructura o arquitectura adecuada.

### Calidad y estado fitosanitario de la planta

De manera general, los patógenos se dividen en dos grupos, los primeros serán destructivos tanto en la fase del vivero como en la

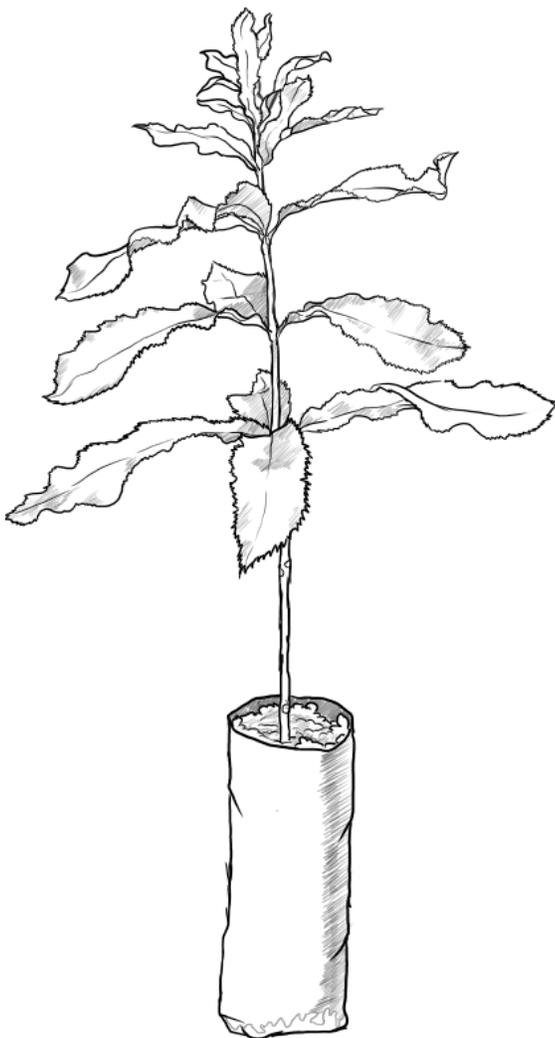


Ilustración 37. Planta lista para su siembra en campo.



Ilustración 38 Aplicación sistemática de fungicidas como preventivos.

de huerta (donde se desarrolla la planta); los segundos, solo en la primera. Las plantas que presenten patógenos del primer tipo no pueden ser vendidas, ya que en los meses o años subsecuentes podrían presentar severos problemas en raíces.<sup>5</sup> Lo mismo aplica para las que presenten síntomas de pudriciones o necrosis, infección por virus, hongos o mal desarrollo de las raíces.

Las raíces más desarrolladas ocupan al menos el 90% del sustrato en su cepellón (masa de tierra adherida a las raíces) y, si las plantas se encuentran saludables, muchas de ellas están en buen estado. Si alguna llega a presentar un aspecto no sano, oscuro o algo similar, debe ser cortada para monitorear su parte central («estela»); si es de color blanco, significa que no está enferma ni podrida. No se deben vender plantas con raíces en forma de ‘j’ (jota), torcidas, podridas o ceñidas (ilustración 15). En caso de encontrar alguno de estos problemas es necesario hacer una revisión más exhaustiva del lote.

Un gran número de hongos causan proble-

<sup>5</sup> En el anexo 5-A se presentan los patógenos más comunes en un vivero causados por una mala higiene, su nombre común, científico y el grupo al cual pertenecen.

mas en el sistema radicular, lo cual aumenta el riesgo de enfermedades. En muchos casos, el sembrador deberá contactar a un laboratorio certificado para determinar el tipo de problema fitosanitario presente, en donde le darán las instrucciones precisas para tomar y enviar correctamente una muestra.

Además del monitoreo permanente de las plantas, es necesaria también una revisión exhaustiva 72 horas antes de su entrega para asegurar que cumple cabalmente con los estándares de calidad de la industria.

Al momento del traslado y carga de la planta, se debe sujetar siempre de la bolsa, nunca del tallo (ilustración 39) y de preferencia se debe transportar en un vehículo cerrado para evitar el daño y deshidratación por el viento.



Ilustración 39. Forma correcta (izquierda) e incorrecta (derecha) de cargar la planta.

**En el caso de haber utilizado cinta plástica o nylon para sujetar el injerto, pasado un año deberá retirarse para evitar obstrucciones en el tallo (estrangulamiento).**

### **La NIASA (2019) sugiere la siguiente lista de revisión de las plantas antes de ser llevadas al campo:**

- Los árboles están libres en apariencia de ningún síntoma de daño por enfermedades y plagas, ni por deficiencia de nutrientes.
- Las hojas están brillosas, uniformes en color, sin deformidades.
- El injerto se encuentra como fue acordado con el cliente, ya sea una rama líder central o multibrotos en la punta. Tallo central recto con una inclinación menor al 15%, sin torceduras ni ceñido.
- La unión del injerto y el patrón es suave, sin ningún reflejo de incompatibilidad.
- Las plantas no presentan brotes ni chupones bajo la unión del injerto.
- El tamaño de la planta es uniforme y de la altura acordada, tiene un mínimo de dos nudos «verticales» (conjunto de hojas insertadas en cada nudo) maduros.
- Las plantas se encuentran en recipientes adecuados, donde su sistema radicular no ha colapsado.
- Están libres de hierbas o arvenses.
- Las plantas no llevan más de dos años en el contenedor.
- Están adaptadas a la radiación solar directa por al menos tres semanas.
- Las plantas están etiquetadas con el nombre de la variedad a la que pertenecen.



*Fotografía 5.* Vista general del vivero Olinca, en Tlalnahuayocan, Veracruz.



## REFERENCIAS

**Aserca. (2000).** Macadamia la nuez más fina del mundo. Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Claridades Agropecuarias (81), 1-39

**Beaumont, J. y Moltzau, R. (1937).** Nursery propagation and topworking of the macadamia (Circular No.13). Hawaii Agricultural Experiment Station.

**De Villiers, E., y Joubert, PH. (2003).** The Cultivation of Macadamia. South Africa: Institute for Tropical and Subtropical Crops.

**Escamilla, E., Robledo, J., y García, E. (2013).** La producción de nuez de macadamia en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de la innovación. México: Universidad Autónoma Chapingo.

**Jacomino, A., Minami, K., Kluge, R., y Kishino, A. (2000).** Métodos de proteção de enxerto na produção de mudas de mangueira, abatareiro e nogueira-macadâmia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35(10), 1985-1990.

**Kholibrina, C., Susilowati, A., Kusuma, Y., y Aswandi. (2019).** The effect of various storage condition to maintain Macadamia (*Macadamia integrifolia*) seeds viability. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (305). doi: 10.1088/1755-1315/305/1/012006

**Nunes, M., Domingos, V., y Perdoná, M. (2019).** Ambientes para produção de mudas de noqueira-macadâmia por estaquia. Revista Científica ANAP Brasil, 12(27), 88-99. ISSN 1984-3240

**Nursery Industry Accreditation Scheme Australia. (2019).** NIASA best management practice guidelines for nursery production growing media supply and greenlife market (8ª edición). NIASA.

**Stephenson, R. (2005).** Macadamia: domestication and commercialisation. Chronica Horticulturae, 45(2), 11-15. ISSN: 0578-039X



## ANEXOS 1

### Guía varietal (SAMAC, University of Natal Pietermaritzburg)

Fichas de identificación de variedades Mauka, Kakea e Ikaika

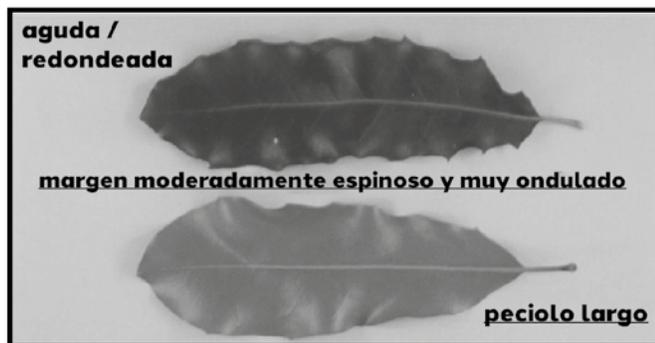


# 333 Ikaika

*M. integrifolia* ex Hawaii

Una de las variedades cultivadas más antiguas nombrada en 1952 (Hamilton et al.)

No se recomienda más

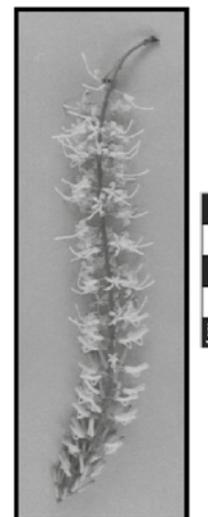


aguda /  
redondeada

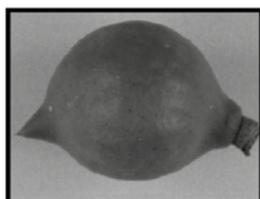
margen moderadamente espinoso y muy ondulado

pecíolo largo

1cm



inflorescencia de longitud media

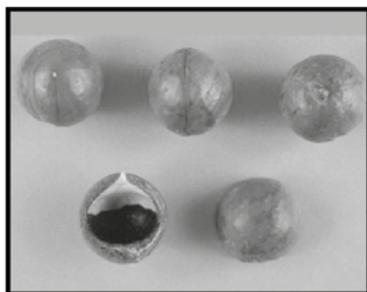


1cm

infrutescencia gruesa  
pedúnculo grueso y corto  
**cuello pronunciado**  
punto apical grande  
inclinado hacia el tallo

### CALIDAD DE LA ALMENDRA

Masa prom. de la almendra: **1.7 g**  
% prom. de la almendra: **28.6%**  
% de almendra Núm. **1: 76.0**  
Almendra entera: **43%**

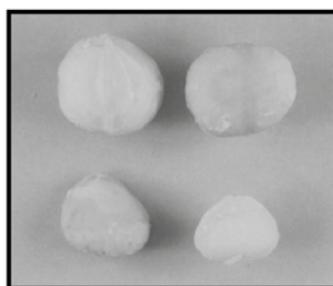


1cm

superficie  
rugosa con  
algunas  
manchas  
pequeñas  
de color  
pálido



árbol frondoso



1cm

almendra  
de mal  
aspecto

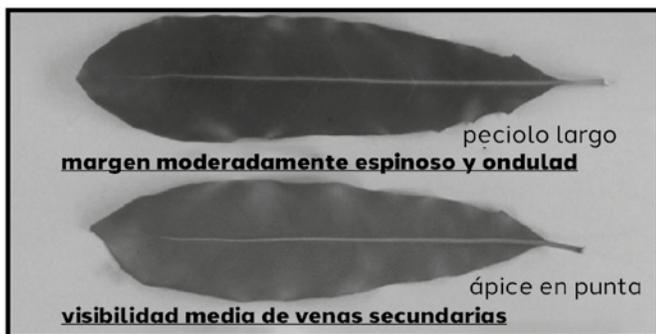


ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARITZBURG

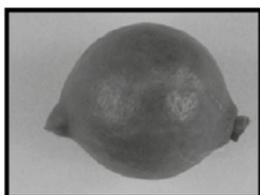
Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 334 Kau

M. integrifolia ex Hawaii introducido en 1971 (Hamilton & Nakamura). Un productor precoz



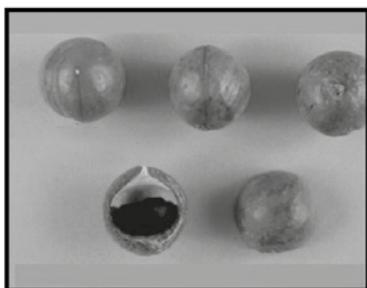
inflorescencia corta



pedúnculo de tamaño mediano  
**cuello pequeño**  
punto apical mediano ligeramente inclinado hacia el tallo  
cáscara de color verde claro

### CALIDAD DE LA ALMENDRA

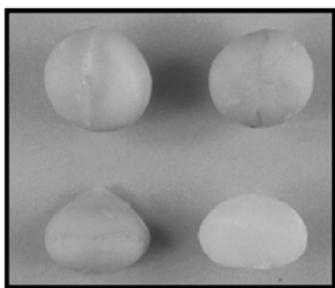
Peso prom. de la almendra: **2.0 – 2.4 g**  
Rendimiento (SKR%): **29.6 – 30.8%**  
Almendra calidad 1: **90-1 – 96.7%**  
Almendra entera: **31 – 45%**



micrópilo perceptible  
semilla redonda  
superficie lisa  
manchas pronunciadas



**hábito de crecimiento vertical**



almendra de buen aspecto

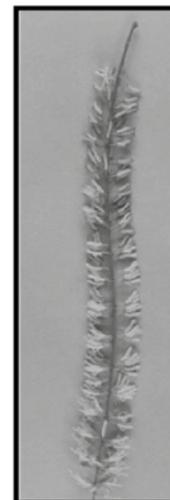


ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARITZBURG

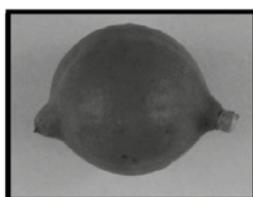
Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 508 Kakea

M. integrifolia ex Hawaii  
 una de las primeras variedades cultivadas e  
 introducidas en 1948 (Storey) no se recomienda más

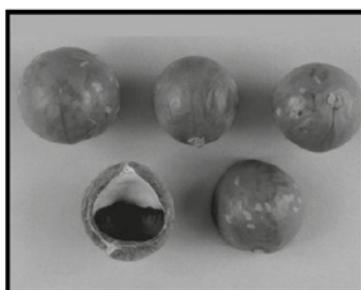


inflorescencia de longitud media

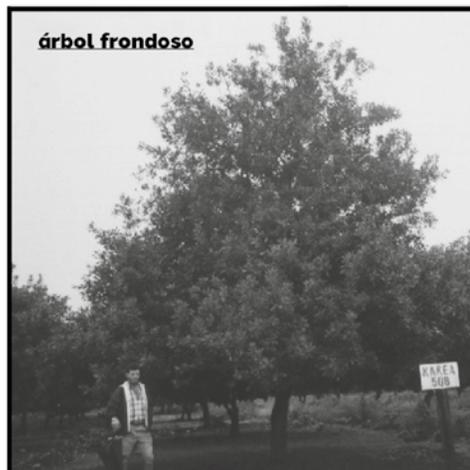


pedúnculo de tamaño mediano  
**cuello presente**  
**punto apical mediano**  
 inclinado hacia el tallo

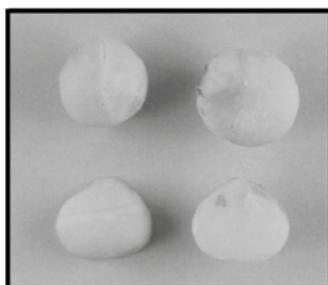
**CALIDAD DE LA ALMENDRA**  
 Peso prom. de la almendra: **2.1 g**  
 Rendimiento (SKR%): **33.3%**  
 Almendra calidad 1: **82.5%**  
 Almendra entera: **48%**



nuez redonda  
 superficie lisa  
 algunas manchas



árbol frondoso



almendra de mal aspecto

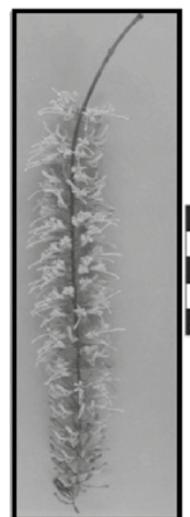
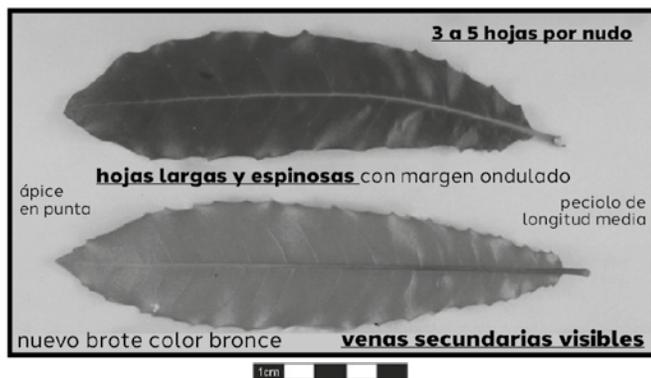


ALLAN & NIXON  
 UNIVERSITY OF NATAL  
 PIETERMARITZBURG

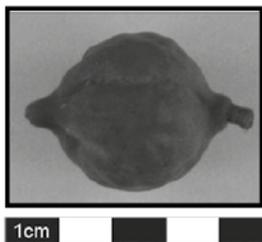
Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 695 Beaumont

Variedad híbrida con alrededor de 40% de tetraphylla, seleccionada en Australia.



inflorescencia de longitud media



pedúnculo largo y delgado  
**cuello pronunciado**  
**punto apical largo y angosto**  
alineado con el tallo  
cáscara de color verde oscuro

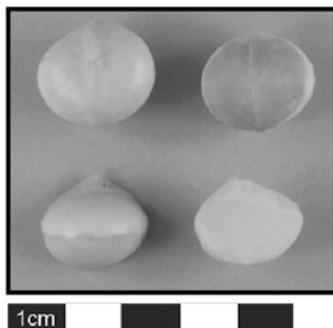
**CALIDAD DE LA ALMENDRA**  
Peso prom. de la almendra: **2.1 – 2.2 g**  
Rendimiento (SKR%): **32.4 – 39.9%**  
Almendra calidad 1: **81.3 – 94.8%**  
Almendra entera: **17 – 36%**



superficie rugosa con algunas manchas



árbol frondoso



almendra de buen aspecto  
base ligeramente oscura

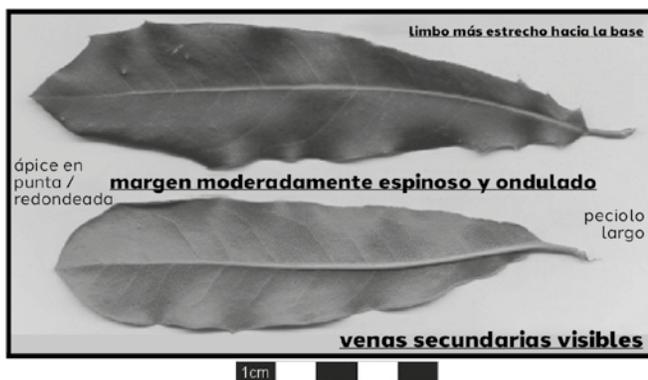


ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARITZBURG

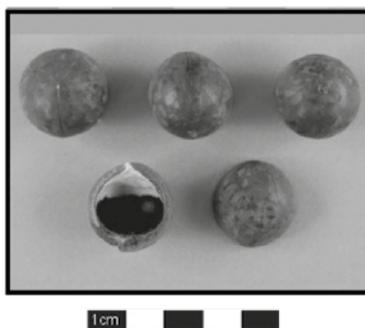
Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 741 Mauka

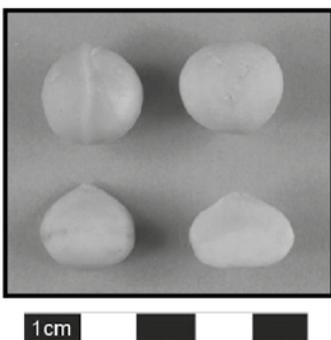
M. integrifolia introducida en Hawái en 1977 (Hamilton & Ito) se mezclaron esquejes de 741 y 800 en Sudáfrica y esto causó confusión



pedúnculo mediano  
**cuello presente**  
**punto apical grande**  
inclinado hacia el tallo



semilla redonda  
manchas visibles



almendra de excelente aspecto



ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARTITZBURG

Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 788 Pahala

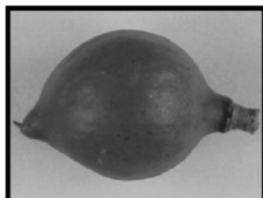
Variedad cultivada de *M. integrifolia* nombrada en Hawái en 1981 (Hamilton et al.)



1cm



inflorescencia de longitud media

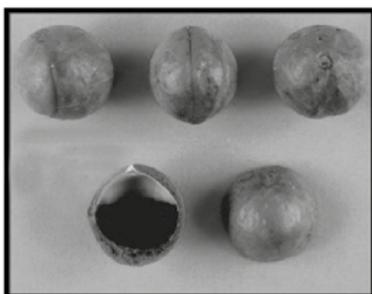


infrutescencia gruesa  
pedúnculo mediano  
**cuello pronunciado**  
**punto apical grande**  
ligeramente inclinado hacia el tallo

1cm

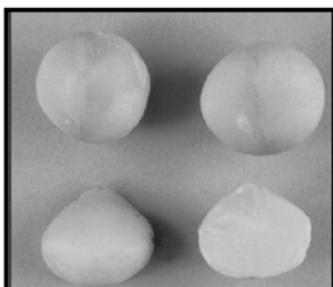
### CALIDAD DE LA ALMENDRA

Peso prom. de la almendra: **2.2 – 2.6g**  
Rendimiento (SKR%): **32.6 – 36.9%**  
Almendra calidad 1: **85.7 – 91.8%**  
Almendra entera: **31 – 61%**



micrópilo pequeño y perceptible  
nuez redonda  
lisa  
con manchas de color pálido

1cm



almendra de excelente aspecto

1cm



ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARTITZBURG

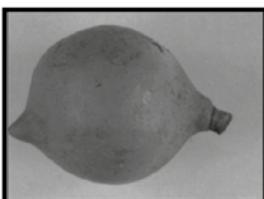
Traducido por Elena Balderas Widmann.

# 800 Makai

Variedad cultivada de *M. integrifolia* en Hawái, nombrada en 1977 (Hamilton & Ito)

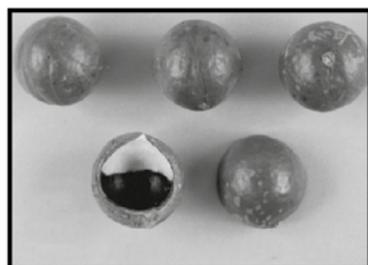


1cm



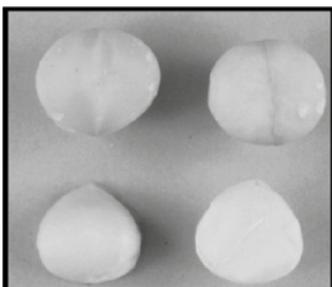
pedúnculo largo  
**cuello pronunciado**  
punto apical mediano  
ligeramente inclinado hacia el tallo

1cm



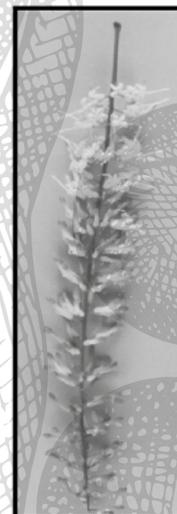
micrópilo pequeño y perceptible  
nuez redonda  
ligeramente rugosa  
manchas pálidas visibles

1cm



almendra de excelente aspecto – las almendras se usan como estándar de calidad en Hawái

1cm



inflorescencia corta

## CALIDAD DE LA ALMENDRA

Peso prom. de la almendra: **2.3 – 2.7 g**  
Rendimiento (SKR%): **30.9 – 33.7%**  
Almendra calidad 1: **89.3 – 94.6%**  
Almendra entera: **29 – 63%**



forma redonda  
copa muy densa  
algunas ramas torcidas por deficiencia de cobre



ALLAN & NIXON  
UNIVERSITY OF NATAL  
PIETERMARTITZBURG

Traducido por Elena Balderas Widmann.

## ANEXOS 2

### Podas de formación

Primeros cuidados de la planta en campo



# Formación inicial en una huerta de Macadamia

Durante los primeros tres años de establecimiento de la huerta será muy importante realizar las siguientes prácticas de formación con la finalidad de que los árboles desarrollen una estructura resistente a los vientos y una mayor superficie productiva.

Poda a 80 cm para promover ramificaciones.



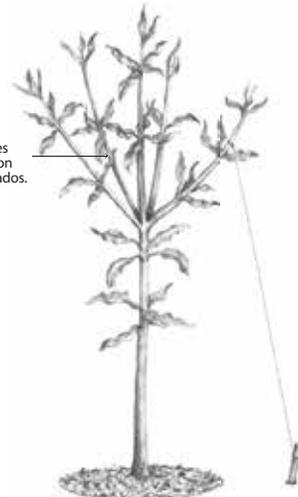
**1** Se recomienda podar el árbol arriba de los 80 cm en una zona en donde todavía no hay ramas laterales.

Poda de ramificaciones por debajo de la altura de la rodilla.



**2** Se recomienda podar todas las ramas laterales que se encuentran cercanas al piso, por debajo de 80 cm.

Poda de ramificaciones excesivas y con ángulos cerrados.



**3** Se recomienda eliminar las ramas laterales con ángulos muy cerrados y las ramificaciones que lo pudieran debilitar. También se recomienda tirantes para abrir las ramas.

Poda de brotes nuevos en el piso y retoños en la parte inferior del tronco.

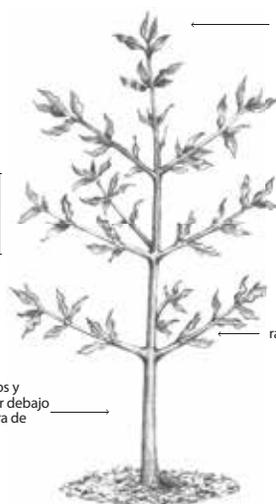


**4** Se recomienda eliminar todos los brotes nuevos que salen del piso y los retoños que que puedan aparecer en la parte baja del tronco.

punta de la guía a 30 cm arriba del último nodo.

40 cm entre nodos.

Sin retoños y brotes por debajo de la altura de la rodilla.



**5** Forma ideal del árbol con una separación de 40 cm entre pisos, 2 o 3 ramificaciones con ángulos abiertos en cada piso, sin retoños y brotes por debajo de la altura de la rodilla.

## Algunos consejos durante los primeros tres años:

- Al momento de la siembra coloque un tutor de 50 cm, en posición diagonal para no lastimar las raíces de la planta.
- Mantenga un ruedo limpio de 50 cm de radio alrededor de la planta, de preferencia cubierto de hojarasca.
- Elimine los rebrotes que nazcan bajo del injerto, así como por debajo de 80 cm de alto.
- Mantenga pisos de ramificaciones aproximadamente cada 40 a 50 cm.
- Recuerde fertilizar la huerta, de preferencia en bajas dosis pero distribuidas en varias aplicaciones, al menos cuatro veces al año. Siempre coloque el abono aproximadamente a 30 cm del troco principal de la planta.
- Se recomienda mantener los árboles a una altura máxima de 7 metros.

[www.macadamiademexico.com](http://www.macadamiademexico.com)  
Cualquier información escribir al correo:  
[macadamiademexico@yahoo.com.mx](mailto:macadamiademexico@yahoo.com.mx)







Producción de planta de  
**MACADAMIA**



ECOSUR