

MACADAMIA

TECNICAS PARA SU PRODUCCION



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA – INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA
VICERRECTORIA DE ACCION SOCIAL
ESTACION EXPERIMENTAL FABIO BAUDRIT – ESCUELA FITOTECNIA

MACADAMIA

TECNICAS PARA SU PRODUCCION



Universidad de Costa Rica
Instituto del Café de Costa Rica
Vicerrectoría de Acción Social
Estación Experimental Fabio Baudrit

MACADAMIA TECNICAS PARA SU PRODUCCION

Ing. Orlando González V.
Ing. Ramón Chacón P.

ESCUELA DE FITOTECNIA
Programa de Comunicación Agrícola
— 1986 —

Primera edición: Octubre de 1986

Editor: Ing. Dennis Mora Acedo

Colaboradores técnicos: Ing. Edgar Vargas G.

Ing. Gerardina Umaña R.

Ing. Rafael Salas M. Sc.

Revisión técnica: Dr. Enrique Villalobos

Fotografías: Ing. Orlando González

Diseño y Diagramación: Franklin Marín M., Alberto Murillo H.

Separaciones a color: Servicio para las Artes Gráficas S.A.



PUBLICADO POR:
PROGRAMA DE COMUNICACION AGRICOLA
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

634.5

G643m González Villalobos, Orlando.

Macadamia : técnicas para su producción / Orlando González V., Ramón Chacón P. — San José, C.R. : Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, 1986.
p.

A la cabeza de la port.: Universidad de Costa Rica, Instituto del Café de Costa Rica. Vicerrectoría de Acción Social. Estación Experimental Fabio Baudrit.

ISBN 9977-917-45-0

1. Macadamia — Producción. I. Chacón Peraza, Ramón Gerardo, coautor. II. Título.

CCC/BUCR-075



La información contenida en este folleto en su mayor parte es producto del Programa de Diversificación Agrícola, que se desarrolla mediante el Programa Cooperativo entre la Universidad de Costa Rica y el Instituto del Café de Costa Rica, con sede en la Estación Experimental Fabio Baudrit.

MACADAMIA, TECNICAS PARA SU PRODUCCION

Condiciones Ecológicas

Precipitación
Viento
Temperatura
Altitud y Luminosidad
Suelo

Variedades

Propagación

Selección de la semilla
Tratamiento de la semilla
Preparación del semillero
Almacigales y Viveros
Injerto

Establecimiento de la Plantación

Selección del terreno
Limpia del terreno
Trazado de la plantación
Distancias de siembra
Ahoyado
Siembra del árbol

Nutrición

Fertilización
Síntomas de deficiencias nutricionales

Control de malezas

Poda

Cosecha

Enfermedades

Maya
Pudrición de la raíz
Agrietamiento de la corteza
Chancro del tallo

Pudrición negra de la raíz
Quema de la hoja
Mal de Pierce
Tizón de la flor
Mancha blanca de la nuez
Pudrición de la nuez

Plagas

Abeja arragre
Hormiga arriera
Acaros
Afidos
Roedores

Fe de Erratas

Macadamia, técnicas para su producción

Página 21. siembra del árbol, renglón No. 8.
debe decir: en escoba *sin* poda de raíz

Página 30, último renglón.

Observaciones realizadas después del cierre de edición, han demostrado que algunas veces se presentan síntomas de fitotoxicidad, como consecuencia del uso del cobre en la pasta para sellar los cortes de la poda, por lo anterior se recomienda sustituirlo por fungicidas a base de maneb o mancozeb, usando pintura o cera como vehículo.

MACADAMIA, TECNICAS PARA SU PRODUCCION

La macadamia es considerada uno de los cultivos más prometedores para el país, Costa Rica cuenta con las condiciones ecológicas apropiadas para su crecimiento, además es de alta rentabilidad y tiene gran aceptación en el mercado nacional e internacional.

El Instituto del Café de Costa Rica, inició en 1967 un programa para impulsar la siembra de macadamia en algunas zonas cafetaleras, como una alternativa de diversificación a los agricultores que deseen cultivar la macadamia. El ICAFE les facilita la asesoría técnica a través del Programa Cooperativo con la Universidad de Costa Rica.

En la industria se utiliza especialmente para la fabricación de chocolate, confites, helados, turrone, etc. Además se consume cruda, asada, frita y en una gran diversidad de preparaciones a nivel casero.

CONDICIONES ECOLOGICAS

La macadamia es originaria de los bosques lluviosos del litoral de Australia, por consiguiente, se adapta a regiones comprendidas entre las zonas de vida de Holdrige denominadas: Bosque Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Tropical y Bosque muy Húmedo Premontano.

El Programa de Zonificación Agropecuaria de SEPSA-MIDEPLAN con la colaboración del Instituto del Café de Costa Rica, elaboró el Mapa Preliminar de Zonificación Ecológica de la Macadamia, en donde se divide el país en clases de acuerdo con la aptitud de cada zona para este cultivo. Las áreas marcadas con un 1 son las más aptas para el desarrollo comercial del cultivo; las marcadas con números del 2 al 4 inclusive, tienen factores limitantes para la producción del cultivo, los cuales también se indican por medio de números. La consulta a este mapa es indispensable antes de cumplir con la etapa de planificación del cultivo y de elaboración de los estudios de factibilidad.

En Costa Rica se cultiva en Siquirres, Turrialba, Limón, San Carlos, Tilarán, Upala y el Valle Central.

Precipitación

Es uno de los factores de mayor importancia para seleccionar las zonas de cultivo de la macadamia. Es necesario que tengan una buena distribución de las lluvias durante todo el año, o que no se presenten más de dos meses de sequía. La macadamia se adapta en regiones con un promedio anual de precipitación comprendido entre 1500 y 4000 mm.

En caso de contar con más de dos meses de época seca se recomienda suministrar el agua a través de un sistema de riego, preferiblemente por gravedad con el cual se ha demostrado, en otros países, que la producción aumenta considerablemente.

Viento

La macadamia es muy susceptible al efecto del viento, ya que provoca doblamiento, deformación, caída de frutos inmaduros y en algunos casos volcamiento de los árboles adultos. El establecimiento de barreras rompevientos es una labor que siempre debe considerarse en una plantación de macadamia, principalmente en aquellos terrenos que están muy expuestos a ráfagas de viento. Los rompevientos deben sembrarse con anterioridad a las plantaciones, para que ejerzan su efecto protector sobre los árboles recién trasplantados; deben establecerse en lo posible, con especies nativas, de rápido crecimiento y con 2 ó 3 niveles protectores, correspondientes a especies vegetales que desarrollan su follaje a nivel del suelo, media altura y alturas mayores. (Fig. 1).

Temperatura

La macadamia se adapta desde los 18 C hasta los 29 C con una temperatura máxima de 32 C y una mínima de 17 C, el rango óptimo comprende las regiones con temperatura promedio entre los 20-26 C. Para lograr una buena polinización en zonas con altitud inferior a 600 msnm, debe presentarse alternancia de temperatura en la época de floración.

Altitud y Luminosidad

Las regiones propicias para el cultivo de la macadamia están comprendidas entre los 200 a 1200 msnm, siempre que no existan otras condiciones



Fig. 1 Daño causado por el viento en un árbol de macadamia.

adversas que impidan su desarrollo, como por ejemplo una excesiva nubosidad que favorezca el desarrollo de hongos y líquenes sobre la parte aérea del árbol. La macadamia requiere de tres a ocho horas-luz por día.

Suelo

El sistema radical de la macadamia es muy superficial, la mayor proporción de raíces está en los primeros 75 cm de suelo, por lo que los suelos deben ser fértiles, sueltos, bien drenados, con un pH entre 5,5 y 6,5 y sin capas impermeables que impidan el crecimiento normal de la raíz. La pendiente debe ser inferior al 30%.

VARIETADES

Existen dos especies de macadamia: *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla* ambas con diferencias apreciables en cuanto al comportamiento agronómico (Cuadro 1).

En el caso de *M. integrifolia* se han usado en Costa Rica los cultivares "Ka'u" (HAES 344), "Keaau" (HAES 660), "Keauhou" (HAES 246) "Ikaika" (HAES 333) y "Kakea" (HAES 508). Para los cultivares HAES 660 y HAES 333 la semilla es producida en el país.

CUADRO 1. Características de los cultivares de macadamia

Cultivar	# Nueces/kg ¹	Rendimiento de almendras %	Diámetro de copa (m) ²	Tipo de crecimiento
Keauhou	120	35-40	9	Expandido ³
Kakea	130	34-38	9	Expandido
Ikaika	130	32-34	9	Expandido
Keaau	170	40-42	7	Vertical ⁴
Ka'u	130	36-38	7	Vertical ⁵

1. Número de nueces/kg = Nueces en concha

2. Diámetro que cubre el árbol después del XII año

3. Forma cúpula o domo

4. Forma columnar

5. Forma de cono invertido

En Hawaii la especie que mejor se adapta es *M. integrifolia* por lo que la investigación y trabajos de selección se han intensificado con esta especie. En California se trabaja principalmente con *M. tetraphylla*.

En Costa Rica, los cultivares que mejor se adaptan pertenecen a *M. integrifolia* y son los siguientes: "Keauhou" (HAES 246), "Ikakia" (HAES 333), "Kakea" (HAES 508), "Keaau" (HAES 66) y "Ka'u" (HAES 344). Otros cultivares obtenidos recientemente en Hawaii son "Mauka" (HAES 741), "Pahala" (HAES 788), "Makai" (HAES 800) y "Purvis" (HAES 294).

En Hawaii se ha descontinuado la siembra de "Ikaika" y "Keauhau", ya que son superados en calidad por "Kakea", "Keaau" y "Ka'u". "Mauka" se comporta mejor en altitudes mayores a 550 msnm y "Makai" en altitudes inferiores.

Propagación

La macadamia se puede propagar sexual y asexualmente. El tipo de reproducción sexual (semilla) no se recomienda por la gran variación genética que se obtiene debido a la polinización cruzada. El sistema que se debe utilizar es el asexual por injerto, ya que se obtiene precocidad y uniformidad de la plantación en crecimiento, producción y calidad del producto.

El sistema de propagación asexual incluye la selección de la semilla, confección del semillero, transplante a vivero e injertación.

Selección de la semilla

La especie *Macadamia tetraphylla*, ha sido la más utilizada para patrones, sin embargo su alto costo de adquisición, el bajo porcentaje de germinación y la incompatibilidad con *M. integrifolia*, caracterizado por una diferencia en el diámetro del tallo de la parte correspondiente a cada especie, motivaron a buscar una solución con el empleo de semilla nacional de *M. integrifolia*.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Programa Cooperativo ICAFE-UCR, la semilla de *M. integrifolia* correspondiente a los clones HAES 333 y HAES 660, ha dado los mejores porcentajes de germinación.

Un kilogramo de semilla tiene aproximadamente 150, por lo que se recomienda sembrar entre 1,5 y 2 kg para producir los árboles necesarios para plantar una hectárea de terreno.

Tratamiento de la semilla

La semilla debe ser recién cosechada, para lograr una buena germinación. Para obtener rapidez y uniformidad en la germinación se debe exponer al sol hasta lograr el resquebrajamiento de la concha, lo que se consigue después de doce horas, inmediatamente se sumerge en agua durante dos horas y luego en una solución de benomil (Benlate) a 2 g por litro de agua durante 10 minutos.

Preparación del semillero

Los semilleros es conveniente iniciarlos en la época seca con el fin de que los arbolitos estén listos para el trasplante al vivero, al inicio de la estación lluviosa.

Las semillas se colocan en camas de germinación de 30 cm de alto, con un sustrato compuesto de 3 partes de suelo fértil por una parte de cascarilla de arroz. Las camas deben desinfectarse previamente con Bromuro de Metilo en una dosis de 1,5 lb para 15 m² dejando un período de dos días entre la desinfección y la siembra; también se puede usar dazomet (Basamid) en una dosis de 40 g/m²; en este caso el plazo de espera para la siembra debe ser de quince días. El manejo de estos productos es muy delicado; por lo que se recomienda consultar con una persona que haya tenido experiencia previa en la desinfección del suelo.

La semilla se siembra a 2 cm de profundidad, en surcos distanciados entre sí a 15 cm y con una separación entre semillas de 2 a 3 cm. (Fig. 2).

Es importante proteger los semilleros del ataque de hormigas que destruyen la semilla recién sembrada, para lo cual se recomienda una aplicación de insecticida en polvo sobre las camas, inmediatamente después de la siembra.

La germinación de la semilla es escalonada y lenta, se inicia a los 30 días de la siembra y están listas para el trasplante tres meses después.

Almacigales o Viveros

Los almacigales deben hacerse al inicio de las lluvias, cuando las plántulas del semillero tengan entre 10 y 15 cm de alto y las hojas de los primeros verticilos tengan una consistencia coriácea. (Fig. 3).



Fig. 2 Camas de germinación para un semillero de macadamia.

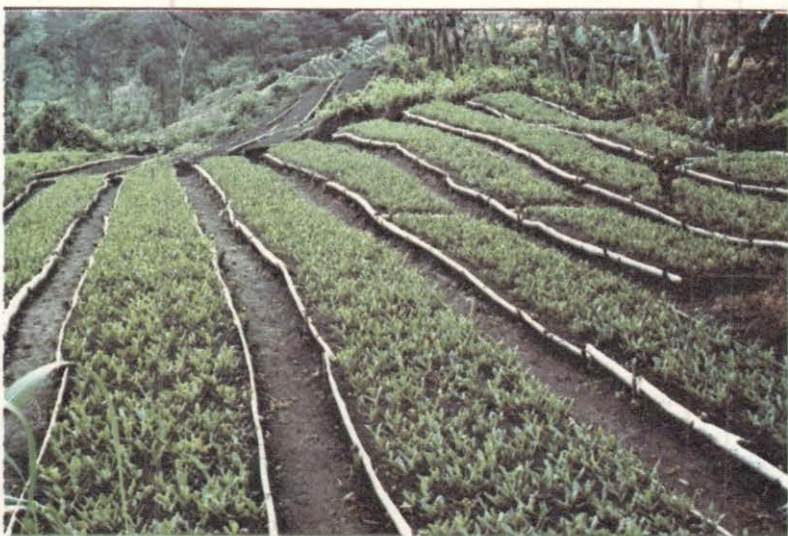


Fig. 3 Almacigal de macadamia en camas.

Cuando las plántulas tienen la raíz muy larga es conveniente hacerles una poda de raíz, de tal manera que ésta quede con una longitud máxima de 10 cm.

El trasplante se puede hacer a bolsas de polietileno negro, con tratamiento para luz ultravioleta, de 20 cm de diámetro y 40 cm de alto, y tres milésimas de espesor. También se puede hacer una siembra directa al suelo. (Fig. 4). En ambos casos, se deben escoger terrenos de topografía plana, y contar con suficiente agua para el riego. Las plántulas se siembran en hileras dobles con una distancia entre plantas de 30 cm y entre hileras gemelas de 1 m.

El trasplante de las plántulas debe hacerse en un hueco hondo, de tal manera que la raíz quede colocada en forma vertical, para evitar posteriores deformaciones del sistema radical.

Los almacigales deben protegerse del ataque de los gusanos y áfidos y se debe evitar la presencia de cigarritas, transmisoras del Mal de Pierce. También es frecuente el ataque del arragre o trigonas, por lo que es necesario aplicar periódicamente insecticidas.

Para prevenir un ataque del Mal de Pierce se deben aplicar antibióticos cada mes, además es importante la aplicación de fungicidas (ver sección de enfermedades), para contrarrestar el ataque de hongos, entre los cuales el más importante es *Pestalotia* sp.

Las plantas deben mantenerse con un solo eje, eliminando todos los bordes axilares; de esta manera se injertan cuando el diámetro del tronco, a una altura de 30 cm del suelo, sea de 1 cm.

Injerto

Las varetas pueden tomarse de cualquier tipo de rama, en árboles sanos y vigorosos, deben tener el mismo diámetro que el patrón, es decir aproximadamente 1 cm de grosor, de madera dura o semidura y tener más de tres verticilos.

Para provocar la acumulación de carbohidratos en la vareta y además para estimular el desarrollo de yemas axilares, se debe anillar 6 a 8 semanas antes de la injertación, removiendo la corteza en una sección de 1 cm de ancho; al hacer el anillado es conveniente prevenir el ataque de patógenos, principalmente *Botryodiplodia* sp. pintando el corte con pasta a base de cobre. Las varetas tienen que estar libres de enfermedades, por lo tanto no se deben obtener de árboles con el Mal de Pierce.



Fig. 5
Arbol de macadamia
con el
injerto prendido.



Fig. 4
Vivero de macadamia
en siembra
directa al suelo

Las púas generalmente tienen entre 8-10 cm de largo, deben recibir un baño en una solución de 95% de parafina más 5% de cera de abeja, para evitar el resecamiento o deterioro. Después del parafinado, las púas pueden injertarse o bien mantenerse en un lugar fresco, envueltas en papel absorbente o musgo húmedo, dentro de una bolsa plástica, en un refrigerador a 5 C hasta por una semana.

En Costa Rica se acostumbra usar la técnica tradicional de injerto de púa lateral, aunque en otros países se informa que la de púa terminal es la que mejor resultado ha dado. Una vez realizada la operación de injertación, se amarra fuertemente con una cinta plástica y se cubre la sección injertada con una capa de la solución parafinada que se utilizó para proteger la púa.

Después del prendimiento del injerto (45 días aproximadamente) se deja crecer el brote que sale del extremo superior de la púa o bien un brote de verticilos inferiores si es más vigoroso (Fig. 5). Conforme el brote va aumentando de tamaño, se debe ir cortando paulatinamente el patrón, hasta llegar al punto de unión del injerto, en donde se hace un corte a bisel y se sella con una solución de pintura vinílica y sulfato de cobre, a razón de 300 g de sulfato por galón de pintura (Fig. 6).

Para un buen desarrollo del vivero es indispensable fertilizar los arbolitos sembrados en bolsa antes del trasplante al campo; un plan detallado al respecto se presenta en el Cuadro 4.

El trasplante de los árboles se hace aproximadamente entre los dos y medio a tres meses después de injertados. (Fig. 7).

ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACION

Selección del Terreno

El terreno debe estar protegido de las corrientes de aire, se tiene que recurrir a establecimientos de barreras rompevientos. El suelo debe ser fértil, drenado y sin capas que impidan el desarrollo de las raíces a una profundidad inferior a 1 m. Además se prefiere que tenga un alto contenido de materia orgánica descompuesta.

Es conveniente que el terreno no tenga pendientes mayores al 30% porque de lo contrario la labor de recolección de la cosecha se hace muy difícil y el viento afecta al árbol en mayor grado.



Fig. 7 Arbol de macadamia con el injerto bien desarrollado, listo para el trasplante.



Fig. 6 Corte del patrón en un árbol de macadamia injertado.

Limpia del terreno

Antes de iniciar el establecimiento de la plantación es necesario mantener el terreno limpio para facilitar las prácticas subsiguientes. Ello se logra por medio de una chapea o del uso de herbicidas quemantes derivados del paraquat o herbicidas sistémicos como el glifosato (Round up), dependiendo del tipo de malezas prevalentes. La aplicación del herbicida siempre debe hacerse antes del transplante de los árboles.

Trazado de la plantación

La macadamia tiende a la autoincompatibilidad del polen, por lo que se debe propiciar la polinización cruzada sembrando una mezcla de cultivares. Se recomienda mezclar los clones HAES 344 y 660 con HAES 508, de esta manera se logra un aumento en la producción por árbol y un mayor número de árboles por hectárea.

Los sistemas de siembra más usados en macadamia son el tresbolillos, formando un triángulo equilátero de 8 m de lado y el rectangular, sin embargo, también se pueden usar otros sistemas.

Distancia de siembra

La distancia de siembra varía con los cultivares que se van a sembrar, con la fertilidad del suelo y las labores culturales. Por ejemplo, para una plantación de cultivares de crecimiento plagiotrópico (expandido) la distancia entre árboles e hileras puede variar desde 8 x 9 o 6 x 7 hasta 10 x 10. En el caso de mezcla de cultivares con los dos tipos de crecimiento varía desde 7 x 8 hasta 8 x 9 y para cultivares de crecimiento ortotrópico (vertical), la distancia puede ser de 6 x 8 ó 7 x 8. (Cuadro 2).

Ahoyado

Cuando el suelo es un poco arcilloso los huecos se hacen de una profundidad de 60 cm. En suelos fértiles y altos en materia orgánica los huecos pueden tener 40 x 40 cm.

Al abrir los huecos para sembrar los árboles es necesario separar la capa de suelo fértil del horizonte "A", de las capas del horizonte "B", de tal

CUADRO 2. Densidades y distancias de siembra en macadamia

Cultivar	Identificación en Hawaii	Distancia de siembra (m)		# de árboles por hectárea*
		entre plantas	entre hileras	
1- Kakea	HAES 508	8	9	
2- Keaau	HAES 660	6	7	
3- Ka'u	HAES 344	6	7	
4- Ikaika	HAES 333	8	9	
Mezclas				
1 + 2 + 3		8	7	170**
2 + 3		6	7	225
1 + 4		8	9	130

* Para su cálculo se supuso un callejón de 5 m en cada hectárea.

** Sistema tres bolillos (triángulo equilátero de 8 m de lado).

manera que antes de sembrar el árbol, se coloca en el fondo del hueco el suelo del horizonte superficial (A), para que quede sembrado sobre suelo fértil.

Siembra del árbol

Los árboles que se escojan para ser trasplantados deben reunir las siguientes condiciones: con el injerto bien prendido, libres del Mal de Pierce, con brotes de por lo menos 20 cm de alto y con un sistema radical bien desarrollado, provenientes de viveros propios o ampliamente reconocidos. No es recomendable que los árboles permanezcan expuestos mucho tiempo a los rayos solares antes del trasplante, ya que rápidamente pierden agua y se marchitan. Para el trasplante los árboles pueden venir con adobe, en bolsa o en escoba con poda de raíz. El árbol debe ubicarse en el centro del hueco, de manera que el cuello quede a la altura de la superficie del suelo, si el hueco es muy profundo se debe rellenar con suelo fértil más fertilizante de la fórmula 10-30-10 o similar (Cuadro 5), posteriormente se siembra el árbol dejando extraído el suelo de las partes más profundas del hueco para completar el relleno del mismo.

Fertilización:

Establecer un programa de fertilización obedeciendo a un análisis de suelo y foliar es lo más recomendable. Para ello se deben obtener las muestras necesarias según las indicaciones de los técnicos.

Para el análisis foliar las hojas deben provenir del segundo nudo debajo del ápice de crecimiento, la muestra deberá estar formada por 100 hojas tomadas de distintos árboles seleccionados al azar en cada lote. Debe tomarse por aparte las muestras de cada variedad. En el cuadro 3, se presentan los niveles críticos de nutrimentos en la hoja, necesario para interpretar el análisis foliar. En el cuadro 4 se detallan las concentraciones de nutrimentos en las hojas, encontradas con más frecuencia en las plantaciones de Costa Rica, éstos sirven como indicador de los problemas nutricionales en cada zona.

CUADRO 3. Niveles críticos de nutrimentos en las hojas de macadamia

Elemento	Nivel		
	deficiente	óptimo	excesivo
Nitrógeno (%)	1,45	1,50	
Fósforo (%)	0,057	0,07-0,08	0,11
Potasio (%)	0,35	0,45	
Magnesio (%)	0,06	0,10	
Calcio (%)		0,6-0,9	
Azufre (%)	0,18	0,24	
Zinc (ppm)	10	15	
Cobre (ppm)		4,5	
Manganeso (ppm)	10	100	1500
Hierro (ppm)	20		
Boro (ppm)	40	75	100

CUADRO 4. Concentraciones usuales de nutrientes en hojas de Macadamia en Costa Rica.

Nutriente	Tilarán Tronadora Arenal	Turrialba Atirro Pejibaye	Pocora Línea Vieja	Palomo Orosi Moravia	San Vito	San Carlos Cutris
Calcio (%)	0,10-0,50	0,20-0,78	0,20-0,58	0,30-1,26	0,3-0,58	0,20-0,52
Potasio (%)	0,30-0,60	0,40-0,90	0,30-0,88	0,34-0,72	0,46-0,66	0,26-0,60
Magnesio (%)	0,06-0,09	0,04-0,09	0,04-0,08	0,03-0,08	0,04-0,05	0,05-0,07
Fósforo (%)	0,05-0,08	0,03-0,19	0,05-0,14	0,03-0,11	0,05-0,06	0,05-0,07

Fuente: Salas R.A., Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 1986.

En Costa Rica se recomienda la aplicación de 160 g de fertilizante alto en fósforo (10-30-10 u 8-32-6) a la siembra complementado con dos aplicaciones de nitrato de amonio (NUTRAN), la primera de 160 g/árbol un mes después de la siembra y la segunda de 160 g/árbol cuatro meses después. En los años subsiguientes se aumenta en forma progresiva la dosis y se sustituye la fertilización fosforada por una fórmula completa. También es indispensable fertilizar los viveros. (Cuadro 5).

A partir del quinto año se realizan tres aplicaciones anuales, dirigidas 20 cm afuera de la gotera del árbol, depositando 100 g de fertilizante 18-5-15-6-1.2 en cada metro de la periferia del árbol.

La fertilización al suelo debe ser complementada tres veces al año, con un suministro adecuado de elementos menores, como hierro, zinc, boro, magnesio y manganeso por vía foliar. Además para obtener buenos rendimientos nunca se debe suspender la aplicación de nitrógeno y potasio en prefloración o en floración ya que intervienen en el desarrollo y amarre de las nueces, así como en la calidad de las mismas.

SINTOMAS DE DEFICIENCIAS MINERALES

Nitrógeno:

Cuando la macadamia ha tenido una nutrición deficiente en nitrógeno, se presenta una clorosis generalizada en las hojas, que se inicia como un amarillamiento localizado primeramente en la base de la hoja, cerca de la nervadura central que luego se extiende hasta los márgenes, posteriormente

el área amarillenta puede adquirir un color café. En la planta los síntomas de la deficiencia avanzan desde las hojas inferiores, hasta la parte media de la planta, cuando los síntomas son severos en las hojas superiores aparece una necrosis café-rojizo en los ápices de las hojas, hasta que el tejido queda totalmente seco y se desprende.

CUADRO 5. Fertilización de la macadamia

Edad	Cantidad de fertilizante	Fórmula de fertilizante	Epoca de aplicación
Vivero	2 g/bolsa	10-30-10 8-32-6	A la siembra se repite un mes después.
	1-1,5 g/bolsa	Nutrán o Sulfato de Amonio	Cada 22 días hasta trasplante. Aplicar además micronutrientes en forma de fertilizante foliar.
1 año	160 g/árbol	10-30-10	A la siembra.
	160 g/árbol	Nutrán	Un mes después de la 1a. aplicación.
	160 g/árbol	Nutrán	Salida de las lluvias.
2o. año	320 g/árbol	18-5-15-6-1, 2	Inicio de las lluvias.
	320 g/árbol	Nutrán	Un mes después de la 1a. aplicación.
	320 g/árbol	Nutrán	Salida de las lluvias.
3er. año	480 g/árbol	18-5-15-6-1, 2	Inicio de las lluvias.
	480 g/árbol	Nutrán	Un mes después de la 1a. aplicación.
	480 g/árbol	Nutrán	Salida de las lluvias.
4o. año	640 g/árbol	18-5-15-6-1, 2	Inicio de las lluvias.
	640 g/árbol	Nutrán	Un mes después de la 1a. aplicación.
	640 g/árbol	Nutrán	Salida de las lluvias.

Fósforo

La deficiencia de fósforo se presenta primariamente con un aspecto opaco de las hojas, al perder su brillo característico y a la vez manifiestan una clorosis no localizada. Al avanzar el daño la clorosis se torna en necrosis que se inicia en el ápice de la hoja y avanza hasta cubrirla totalmente.

En las hojas inferiores se manifiestan puntos necróticos y deformaciones.

Potasio

La sintomatología de la deficiencia de potasio se inicia en las hojas inferiores de la planta, en forma de una necrosis café-rojiza; se manifiesta primero en el ápice y en el borde de las hojas y avanza hacia la nervadura central y al pecíolo. Algunas veces el tejido muerto se desprende. En las ramas superiores las hojas tienden a tomar una curvatura hacia abajo y las hojas más jóvenes toman un color verde claro. Además se detiene el desarrollo de la yema apical y de las laterales.

Calcio

Cuando un árbol de macadamia presenta deficiencia de calcio se aprecia al inicio, solamente un amarillamiento y deformación del brote apical; posteriormente cuando los síntomas son más severos, se detiene el crecimiento del brote y se inicia una muerte descendente, luego las hojas maduras muestran fluidez en los pecíolos, lo cual provoca que se desprendan. Las hojas jóvenes presentan una deformación en forma de gancho en el ápice y cuando la deficiencia es muy severa, inician su desarrollo totalmente cloróticas y con necrosis en la punta; además, hay muerte del meristemo apical y defoliación generalizada.

Magnesio

La deficiencia de magnesio se caracteriza por una clorosis intervenal en las hojas nuevas, que además se desarrollan más angostas y pequeñas. Al avanzar el síntoma se presenta encartuchamiento hacia el haz de la hoja y áreas necróticas en los bordes.

Azufre

Esta deficiencia manifiesta sus síntomas principalmente en la mitad inferior de la planta, las hojas toman un color verde citrino que se inicia en la base y avanza hacia el ápice, posteriormente la clorosis se torna de un color café y cubre gran parte de la hoja, aunque las nervaduras mantienen su color verde natural. En la parte superior de la planta las hojas se desarrollan poco y toman una forma más angosta de lo normal.

Manganeso

Cuando se presenta una deficiencia de manganeso aparecen zonas cloróticas y necróticas inicialmente en el borde de las hojas y luego en toda el área foliar, este síntoma avanza desde la parte superior de la planta hacia abajo, hasta que se generaliza en todo el follaje, que adquiere una consistencia áspera y quebradiza.

En las hojas jóvenes se presenta un enrollamiento del ápice hacia el envez y además necrosis, en casos muy severos la planta muere, pero las hojas no se desprenden.

Zinc

Se inicia como una clorosis intervenal del follaje en la parte inferior de la planta, luego el tejido clorótico se convierte en tejido necrótico café-rojizo, que a veces se desprende de las hojas.

La necrosis café se inicia por el ápice de las hojas y avanza por los bordes en forma de una franja que encierra el tejido verde del área central. Al avanzar la deficiencia, el síntoma de necrosis marginal se generaliza, se retrasa el crecimiento y se disminuye el tamaño de las hojas y la longitud de los entrenudos, además se presenta una defoliación que se inicia en la parte superior e inferior del árbol y avanza hacia la zona media.

Hierro

Cuando una planta de macadamia sufre una deficiencia de hierro, al inicio presenta manchas necróticas de color café-rojizo en el borde de todas las hojas. Luego en las hojas nuevas se observa la aparición de un color verde claro de apariencia brillante, que se diferencia fácilmente del color verde que mantienen las nervaduras.

Boro

Las hojas jóvenes se acucharan y toman una apariencia cobriza, su desarrollo se retrasa y disminuye y se encartuchan hacia el envez.

En las hojas del tercio medio de la planta, aparecen en la zona central de la lámina manchas café que se extienden hacia los bordes, además cuando el síntoma avanza se muere el meristemo apical, lo que estimula el desarrollo de los brotes laterales que posteriormente también mueren.

CONTROL DE MALEZAS

Siempre debe mantenerse limpio un radio de 2 m alrededor del tallo, cuando empieza a cosechar se debe ampliar el diámetro hasta un metro afuera de la gotera. Los espacios entre hileras se pueden mantener sin malezas, si se siembran cultivos alternos, en cuyo caso se recomiendan cultivos anuales propios de la zona, que no desarrollen un sistema radical profundo.

Cuando no se utilice este espacio en esos cultivos, se pueden aplicar herbicidas según el tipo de maleza y la zona. En caso de que se trate de hierba pequeña y pendientes que permitan mecanización, se puede utilizar chapeadoras mecánicas.

En la Estación Experimental Fabio Baudrit, se investiga sobre herbicidas en el cultivo de macadamia, siendo los herbicidas más recomendados el paraquat 0,3 kg/ha, oxifluorfen 0,5 kg/ha más paraquat 0,3 kg/ha, diurón 1,25 kg/ha más paraquat 0,3 kg/ha y glifosato 1kg/ha.

PODA

Cuando los árboles se trasplantan deben tener un solo brote, en caso de que tengan varios brotes, se deben cortar los de menor desarrollo, unos 30 a 45 días después del trasplante.

Una vez sembrado se deja crecer libremente el brote del injerto, sin permitirle ramificación lateral, hasta que alcance entre 90 y 120 cm de altura; por esta razón, frecuentemente se debe hacer la deshija de los brotes. En caso de que al alcanzar los 120 cm no se obtenga la primera ramificación, se debe cortar el meristemo apical por encima de un nudo de tres hojas. (Fig. 3). A partir de esta altura se inicia la formación del árbol, de tal manera que se permita el desarrollo de tres ramas laterales distribuidas en toda la circunferencia del tronco, esto constituye "el primer piso" del árbol, luego se

permite el crecimiento del brote central por otros 60 cm de altura en donde se inicia la formación del "segundo piso", con tres ramas laterales según el procedimiento descrito.

Cada rama se origina de un verticilo el cual tiene 3 yemas (Fig. 8). Se debe permitir el desarrollo de las ramas que provengan sólo de la segunda o tercera yema, ya que los que se originan de la primera yema son indeseables, debido a que el ángulo de inclinación respecto al eje central es muy cerrado. Una vez que se completa la formación del "segundo piso", se permite el libre desarrollo del árbol, efectuando periódicamente podas de limpieza de ramas secas o agotadas.

COSECHA

Aproximadamente el 50% de los árboles inicia la producción a los cuatro años de edad.

Cuando las nueces están óptimas para el consumo se desprenden del árbol. La cosecha se realiza recogiendo los frutos del suelo por lo menos una vez por semana, antes de que sean destruidas por las ratas o que la humedad pueda favorecer el desarrollo de hongos que reducen la calidad de la nuez.

Posterior a la recolección se debe descascarar antes de ser recibida por la procesadora.

ENFERMEDADES Y PLAGAS

Maya

Enfermedad causada por *Rosellinia bunodes*. Se presenta con más frecuencia en terrenos con materia orgánica en descomposición. Las hojas se tornan rojizas y cuando la planta muere, se caen fácilmente. Al arrancar el árbol se observa una costra negra en la corteza de las raíces, cuando el suelo retiene mucha agua se desarrolla sobre las raíces dañadas un micelio algodonoso de color gris oscuro. El tejido dañado presenta un característico olor a fermentación leve.

Los árboles enfermos deben sacarse con toda la raíz y espolvorear en el hueco cal, así como PCNB en una dosis de 40 g/m² o en solución 20 g/gl. También es recomendable hacer una zanja de 0,5 m de profundidad alre-



Fig. 8 Desarrollo de las yemas de un verticilo en una rama recién podada.

dedor del área en donde apareció el árbol enfermo, con el fin de evitar la diseminación del hongo por medio del agua de escorrentía, o del contacto de raíces entre árboles vecinos.

Pudrición de la raíz

El agente causal es *Armillaria mellea*. Se presenta en terrenos arcillosos, con mal drenaje y con materia orgánica en descomposición, es frecuente que se presente en áreas que anteriormente estaban cubiertas por bosque, en esta enfermedad al igual que en el caso de la maya, las hojas se tornan rojizas, pero al morir el árbol no se desprenden.

A nivel del suelo la corteza y la madera presentan una pudrición café claro y al quitar la corteza se observa un micelio blanco creciendo en forma de abanico sobre la madera. Para prevenir esta enfermedad no se debe sembrar en terrenos mal drenados, ni con exceso de materia orgánica en descomposición. Al aparecer árboles enfermos deben eliminarse, aplicando posteriormente un desinfectante al hueco y alrededores.

Agrietamiento de la corteza

Esta enfermedad es producida por *Botryodiplodia theobromae*, se presenta con mayor frecuencia en el Atlántico, es capaz de afectar árboles de vivero o de 2 a 3 años de edad.

La enfermedad se presenta en el tallo como un abultamiento de la corteza, producto de un bloqueo de los haces vasculares que trae como consecuencia la acumulación de carbohidratos, bajo esta zona abultada se presentan grietas y estrías longitudinales en la corteza. La enfermedad avanza desde el punto de penetración hacia el tejido sano provocando una coloración gris oscuro en la madera, que en algunos casos puede llegar hasta el injerto. En el follaje se observa primero una clorosis, luego una muerte descendente de las ramas y en casos severos muerte total en la rama. Al morir las ramas las hojas quedan adheridas a la planta.

Botryodiplodia s.p. es un hongo de amplia distribución en el trópico, que ataca predominantemente tejido muerto y penetra por las heridas de los troncos, por lo que la mejor medida de combate es evitar los cortes de ramas mal hechos y expuestos al ambiente, para lo cual se recomienda cortar a ras el patrón a nivel del injerto y sellar el corte con pintura de asfalto o pasta bordelesa, así como todos aquellos cortes producto de la poda del árbol.

Chancro del tallo

En Costa Rica esta enfermedad sólo se ha presentado esporádicamente en terrenos con problemas de compactación, sin embargo se informa de su presencia como un factor limitante de importancia en otros países; causada por el hongo *Phytophthora cinnamoni*.

Las lesiones se presentan en la corteza en forma de agrietamiento reticular, con exudación gomosa. La madera toma una coloración café oscuro en forma de franja estrecha. Los síntomas avanzados se caracterizan por el estriamiento del tronco, con áreas irregulares de corteza muerta, muerte descendente y poco desarrollo del árbol. Para prevenirlo se recomienda sembrar en suelos bien drenados, evitar las heridas en el tronco y en casos de ataque inicial la cirugía del tejido enfermo protegiendo el corte con pasta bordelesa o bien con metalaxil (Ridomil).

Pudrición negra de la raíz

Es una enfermedad producida por el hongo *Ceratocystis fimbriata* muy frecuente en los suelos con alta retención de agua. Los síntomas se presentan en la madera, que se torna de un color negro azulado en la zona del cuello y raíces principales. Los árboles presentan pobre desarrollo, clorosis en las hojas y muerte descendente. Para el combate se recomienda un drenaje adecuado, evitar las heridas y la acumulación de agua en la base del tronco, también aplicar cobre en la base del árbol.

Quema de la hoja

Es una enfermedad que se presenta en hojas jóvenes, tanto en el campo como en el vivero, es causada por el hongo *Cylindrocladium* sp. La lesión avanza de los bordes hacia el centro cubriendo una cuarta parte o la mitad de la hoja, tiene un borde oscuro entre el tejido afectado y el sano, por el envez se puede observar un micelio blanco. El combate se realiza mediante la aplicación periódica de captafol (Difolatán) o benomil (Benlate).

Mal de Pierce

Es producida por una microbacteria que afecta varios pastos, árboles y arbustos, es transmitida por varios insectos especialmente cicadélidos y cerópodos (cigarritas).

Los síntomas se presentan desde el vivero, y también en árboles adultos, se caracterizan por una clorosis intervenal en el borde de las hojas, con una clara definición entre tejido sano y necrótico. Los árboles jóvenes pierden el follaje al inicio del ataque, pero luego vuelven a recuperarlo y se desarrollan hasta los siete u ocho años en que empiezan a morir.

El combate se realiza mediante un control adecuado de los insectos transmisores y malezas hospederas en el vivero, así como mediante la aplicación mensual de antibióticos (Agrimicín 100) en el vivero. También es muy importante la sanidad de las yemas que se utilizan para el injerto, las cuales deben provenir de árboles libres de la enfermedad.

Dentro de los materiales más utilizados en el país los clones HAES 246 y HAES 508 han presentado la mayor susceptibilidad, a diferencia del HAES 333 que es más tolerante.

Quema por Pestalotia sp.

Es una enfermedad que afecta tanto en el vivero como en la plantación adulta, en los últimos años ha merecido una atención especial debido a que la severidad ha aumentado. Los síntomas se caracterizan por la presencia de una necrosis en el extremo de la hoja, bajo condiciones de alta humedad relativa, por el envejecimiento de la hoja pueden observarse puntos negros muy pequeños que corresponden a las estructuras de esporulación del hongo (acérvulos).

Esta enfermedad se asocia a plantas en estado nutricional deficiente, por lo que una de las primeras medidas de prevención debe ser corregir las deficiencias nutricionales. El combate se realiza a base de productos como el mancozeb (Dithane M-45), especialmente en la etapa de vivero.

Tizón de la Flor

Causado por *Botrytis* sp. es un problema que se presenta sobre todo en la zona Atlántica, especialmente durante diciembre y enero, cuando las temperaturas son más bajas. El combate se puede realizar mediante la aplicación de fungicidas a base de mancozeb o benomil.

Mancha blanca de la nuez

Es causada por una levadura, *Nematospora* s.p. que produce sobre las nueces manchas blancas, hundidas. Se cree que este organismo es transmitido

por un chinche que llega a alimentarse de los frutos, por lo que la manera de combatir esta enfermedad es realizando aplicaciones de insecticidas, especialmente durante el inicio del desarrollo del fruto.

Pudrición de la nuez

Puede ser causada por *Fusarium* sp. que se manifiesta por la presencia de un micelio rosado, o por *Botryodiplodia* sp. en cuyo caso se observa una pudrición negra. Para el combate de esta enfermedad se ha recomendado aplicaciones de fungicidas a base de cobre cada tres meses como mínimo, sin embargo lo más importante es la ubicación adecuada del cultivo, en zonas donde la humedad relativa no sea alta durante períodos prolongados.

Plagas

Abeja arragre

Este insecto ha sido la plaga más importante en Costa Rica. Paralizan el crecimiento de la planta ya que se comen las hojas nuevas y partes suculentas de los brotes, además puede ocasionar una muerte descendente. Para el combate se recomienda el uso de tapavientos de gandul ya que atraen la abeja, disminuyendo de esta manera el ataque en el cultivo.

El combate químico casi no da resultado, puesto que sólo logra eliminar una cantidad limitada de abejas, lo más recomendable en este caso es destruir los nidos, que siempre se van a encontrar localizados en un radio máximo de 200 metros alrededor del punto en donde se detectó el daño.

Hormiga arriera

Corta en pedazos las hojas tanto tiernas como maduras. El combate con Mirex o Zompex ha sido muy efectivo, al distribuir el producto en los caminos cerca del hormiguero.

Acaros

Se alimentan de la savia de las hojas y los brotes nuevos, se han observado ácaros del género *Brevipalpus* atacando las nueces verdes, a las cuales les

confiere un aspecto de sarna áspera y agrietada por donde penetran hongos que la terminan de dañar.

Afidos

Causan un enrollamiento en las hojas al alimentarse de ellas, el combate se realiza con la aplicación alterna de insecticidas como methyl parathion, metomil (Lannate) o endosulfan (Thiodan).

Roedores

Las ardillas y ratas pueden causar daños severos a la macadamia. Estos roedores hacen un orificio en la nuez y se comen la almendra, a la vez que promueven la caída de frutos. Las ratas afectan principalmente en los semilleros. El combate con rodenticidas comerciales, o con cebos de Warfarina con almendras de macadamia o aceite de coco, ha dado buenos resultados.

LITERATURA CONSULTADA

1. ARIAS, J.D. 1982. Síntomas visuales de deficiencias minerales en Macadamia (*Macadamia integrifolia*) provocadas bajo condiciones hidropónicas. Tesis Ing. Agr., Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
2. BEE, J.; CULL, B.; and PRICE, G. 1978. Macadamia nutrition. Nutrition philosophy in the crops. California Macadamia Society. California U.S.A. Yearbook 24: 62-88.
3. COSTA RICA. MINISTERIO DE PLANIFICACION, SEPSA. 1984. Mapa de la zonificación ecológica de la macadamia, San José, Costa Rica.
4. EYSE, J.A. 1980. A germination experiment on graded macadamia seeds. California Macadamia Society. Yearbook. 26: 103.
5. FUKUNAGA, E. 1960. Training macadamia nut trees. California Macadamia Society. Yearbook.
6. FLORES, G. 1986. Control químico de las malezas en macadamia (*Macadamia integrifolia*). Tesis Ing. Agr., Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
7. GONZALEZ, O. 1983. Manual de recomendaciones para el cultivo de la macadamia. San José, Costa Rica, Oficina del Café, 1983. 32 p.
8. HAMILTON, R.; FUKUNAGA, E. (s.f.) El cultivo de las nueces de macadamia en Hawaii. Traducción de Alvaro Santiesteban C., San José, Banco Nacional de Costa Rica, 121 p.

Se terminó de imprimir en la Oficina de
Publicaciones de la Universidad de Costa
Rica en el mes de noviembre de 1986. Su
edición consta de 540 ejemplares.
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica. A.C.

