



María Emma lozano Muñoz

Ingeniera Agropecuaria y diplomado en docencia Universitaria de la Universidad del Cauca -

Co/ombia. Investigadora en el área de entomología y analista de crédito agropecuaria de la fundación de Mundo Mujer

Escuela Superior de Administración Pública (ESAP-Valle) Colombia Universidad del Cauca (UC) Colombia

Resumen

El presente artículo realiza un ejercicio descriptivo de la *Macadamia integrifolia*, para lo cual considera los aspectos más relevantes a tener en cuenta para su cultivo, como lo son: las características morfológicas del árbol, los factores ecológicos y nutricionales, las principales plagas y enfermedades que influyen en el desarrollo productivo de este, y establece finalmente las respectivas conclusiones.

Palabras clave: *Macadamia integrifolia*, cultivo, morfología, plagas, enfermedades.

Abstract

This article takes a descriptive exercise of *Macadamia integrifolia*, for which considers the most important aspects to consider for cultivation, such as: the morphological characteristics of the tree, environmental and nutritional factors, the main pests and diseases influence the development of this production, and finally establishes the respective conclusions.

Key words: *Macadamia integrifolia*, growing, morphology, pests, diseases

Introducción

La *Macadamia sp* es originaria de Australia. Aunque se han reconocido diez especies de este género, solo dos revisten importancia económica: *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*; siendo la primera la de mayor valor comercial. Es un cultivo que a escala mundial se encuentra en pleno desarrollo, de acuerdo a sus principales productores: Estados Unidos, Australia, Sudáfrica, Costa Rica, Kenia, Guatemala y Malawi, se considera un cultivo

Dinámica económica de frontera
económicamente rentable y con un mercado asegurado, siendo 50 Kg./árbol/año el promedio de la producción mundial.

Este cultivo fue introducido en Colombia en el año 1969, entre 1988 y 1995 se plantaron 880 hectáreas principalmente en los departamentos de Caldas, Cauca, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. Aunque Colombia no se encuentra entre los principales productores, en la Granja Paraguaicito localizada en el municipio de Buenavista - Quindío, cuyas condiciones ambientales son: latitud 4° 23' Norte; longitud 75° 44' Oeste; 78% de humedad relativa; altitud de 1250 msnm; temperatura media anual de 22 °C, temperatura máxima y mínima de 28.3 °C y 17.1°C respectivamente; precipitación media anual de 2005 mm repartidos en 194 días de lluvia, se presentan producciones anuales promedio de 113 Kg./árbol, demostrando un gran potencial en la zona para el fomento del cultivo.

A continuación se describen las características morfológicas del árbol de Macadamia, factores ecológicos, nutricionales, principales plagas y enfermedades que influyen en el desarrollo productivo del cultivo.

Clasificación taxonómica Reino: Vegetal

División : Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Orden: Protales.

Familia: Protáceae

Subfamilia: Grevilleoideae

Género: Macadamia

Especie: *Macadamia integrifolia*

Fuente: Garzón & Lozano (2008)

Origen y distribución

El árbol de Macadamia es originario de Australia a 30° de Latitud sur, al sudeste de Queensland y Nordeste de Nueva Gales del Sur; sin embargo, el desarrollo en el ámbito comercial y el mejoramiento genético se ha realizado principalmente en Hawai 21° Latitud norte. Igualmente se ha plantado en Sudáfrica en 24 y 30° Latitud sur, Florida 25° Latitud norte, California 33° Latitud norte y Costa Rica 8 y 11° Latitud norte. En Colombia, la zona cafetera central donde la Federación Nacional de Cafeteros ha impulsado su siembra, se encuentra entre los 3 y 6° Latitud norte (Rincón, 2000).

Ecología

En Colombia, y hablando en términos generales se puede decir que la Macadamia se comporta bien en tres climas: Bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano, bosque muy húmedo premontano.

Enero-Diciembre 2013

Temperatura

El rango adecuado de temperatura para la Macadamia está entre 18 y 26°C, con un óptimo entre 20 y 23°C. La temperatura máxima absoluta debe ser de 32°C, la mínima media de 17°C y la mínima absoluta, crítica o fisiológica de 13°C.

Para que haya una buena floración la temperatura debe bajar a 18 o 20°C durante la noche. Por encima de 21°C se inhibe la formación de racimos, igual ocurre por debajo de 15°C. La estimulación de yemas de flores ocurre 80 a 90 días antes de la floración, favorecida por un descenso de temperatura.

Para obtener un crecimiento continuo la temperatura debe estar entre 18 y 29°C; temperaturas medias inferiores a 17°C retardan el crecimiento de las plantas, la iniciación de la producción es más tardía, se retrasa la maduración del polen, la polinización es irregular, el grosor de la concha es mayor, la almendra pierde calidad organoléptica y se disminuye su contenido de aceite.

Una temperatura media mensual de 30°C reduce el crecimiento y limita la producción de los árboles, aunque la calidad de la almendra puede ser satisfactoria. A temperaturas de más de 35°C se inhibe el crecimiento vegetativo, hay caída prematura y reducción en el crecimiento de las nueces y se disminuye la acumulación de aceite en la almendra.

La máxima tasa de fotosíntesis se consigue a 29°C y decrece a medida que la temperatura aumenta. El mejor rango para una buena actividad fotosintética está entre 17 y 25°C. El porcentaje de almendra de primera calidad se incrementa a medida que la temperatura aumenta durante el periodo de desarrollo de las nueces. La Macadamia se cultiva en zonas libres de heladas, presenta igual resistencia al frío que el limonero y el aguacate. Es sensible a las heladas; sin embargo las plantas adultas soportan temperaturas de corta duración, hasta de -3.3°C (Rincón, 2000).

Altitud

De acuerdo con el desarrollo de los huertos de Macadamia establecidos en Colombia, esta especie se adapta bien a altitudes comprendidas entre 1000 y 1500 m.s.n.m. Sin embargo, los mejores resultados se han obtenido entre 1100 y 1300 m.s.n.m, por debajo de 1000 m.s.n.m puede presentarse problemas de floración y por encima de 1400 m.s.n.m se puede reducir la producción y obtener almendras de menor calidad.

La *Macadamia integrifolia* se adapta mejor al clima del trópico que la *Macadamia tetraphylla*, esta última se comporta bien en zonas subtropicales, como California y Estados Unidos (Rincón, 2000).

Precipitación

La Macadamia es muy sensible a la sequía, por tanto, es más importante una buena distribución de las lluvias a lo largo del año, que la cantidad total de precipitación. No se deben presentar sequías de más de un mes. El rango apropiado de precipitación anual esta entre 1500 y 3000 mm, cuando está por debajo de 1200 mm se debe contar con riego. Para años secos, una reserva de 5000 Litros de agua para riego por hectárea es suficiente.

Árboles sembrados en zonas secas pueden sobrevivir por muchos años creciendo lentamente pero no tendrán buenas cosechas, cuando hay déficit hídrico durante la formación de la nuez, ésta es arrugada, de menor peso, con bajo contenido de aceite, corchosa y cauchosa.

La precipitación mensual adecuada debe ser superior a 100 mm, cuando está por debajo se debe disponer de riego complementario, especialmente durante el periodo de floración y formación de nueces. Un déficit hídrico severo origina una considerable caída de frutos jóvenes. En Hawaii, un periodo seco de dos a tres meses causa disminución en los rendimientos de más de 20% (Rincón, 2000).

Humedad relativa

Debe estar entre el 70 y el 80%. Humedad relativa baja aumenta el problema de déficit hídrico, y por el contrario, humedad relativa elevada favorece los problemas sanitarios, especialmente los causados por hongos y bacterias (Rincón, 2000).

Luz

Para el buen desarrollo de la Macadamia se requieren de 4.5 a 6 horas de luz por día, o sea 1600 a 2200 horas de sol por año. La baja luminosidad origina un crecimiento más lento de las plantas, mucha luz en el germinador conlleva al poco desarrollo de las plántulas; si hay poca luz se presentan hongos, clorosis y amarillamiento.

La nubosidad excesiva y frecuente favorece el desarrollo de hongos, líquenes y algas, en la parte aérea del árbol, propicia problemas fitosanitarios, y causa un menor crecimiento de las plantas.

Vientos

El árbol de Macadamia posee un sistema radical relativamente superficial (75 cm.), por lo que el anclaje no es bueno, es susceptible a los vientos fuertes. Los vientos causan retraso en el crecimiento de árboles jóvenes, inclinación y vuelco, caída de frutos inmaduros y disminución de la producción (Rincón, 2000).

Morfología

La Macadamia es una planta siempre verde, ornamental, de 9 a 15 m de altura por 6 a 12 m de copa, ramas densamente revestidas de follaje. Bajo condiciones ideales vegeta todo el año; el crecimiento tiene lugar en diversas épocas de acuerdo al comportamiento del clima. Es una planta longeva y productiva de 50 a 60 años, algunos ejemplares pueden llegar a vivir hasta 100 años; sin embargo, en el trópico se han considerado una vida útil de 30 años.

Fase vegetativa

El sistema radical se extiende en los primeros 30 cm del suelo, la raíz es pivotante y puede alcanzar una profundidad de 75 a 80 cm.

El árbol puede alcanzar de 9 a 12 m de altura en estado silvestre. En cultivo alcanza de 9 a 15 m donde tiende a extenderse y ramificarse. La madera es de grano grueso; no se rompe fácilmente.

Las hojas son de forma espatulada, coriáceas, de color verde oscuro brillante en el haz y opaca en el envés, de 10 a 30 cm. de largo por 3 a 8 cm de ancho, con bordes marcadamente ondulados con espinas o sin ellas según el cultivar. La *Macadamia integrifolia* adulta tiene tres hojas por nudo y en estado juvenil solo presenta dos hojas (Rincón, 2000).

Fase reproductiva

El ciclo de floración y fructificación se inicia con la inducción floral a partir de la diferenciación de la yema floral. Tras un periodo de reposo y maduración, la yema se desarrolla dando lugar a la flor, la cual pasa por diversos estados fenológicos que terminan en el cuajado del fruto (Gastigar, 1998).

Inducción Floral

La formación de un botón floral se inicia en la inducción floral que es el cambio fisiológico que se produce en un determinado momento y que condiciona la evolución de una yema que, en lugar de dar madera, dará lugar a una flor. Este cambio fisiológico viene determinado por un conjunto de estímulos internos y externos. A la inducción floral sigue una diferenciación morfológica o iniciación floral, apareciendo sucesivamente los esbozos de los sépalos, los pétalos, los estambres y los pistilos contenidos todos en el botón floral.

La inducción floral es el resultado de la acción de un conjunto de factores que actúan sobre el equilibrio hormonal de la yema, teniendo en cuenta que la época de floración es una característica de cada variedad, que puede estar influida por factores nutritivos, ambientales y culturales (Gastigar, 1998). Estos factores son:

- Factores nutritivos. Existe un gran número de especies que aumentan su floración gracias a la aplicación de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos, dependiendo además, de la época de aplicación

del abono. Es importante mantener un buen nivel de hidratos de carbono para obtener un gran número de yemas florales, sin que éste sea determinante en la cantidad de flores.

- Factores ambientales. La falta de luz da un menor número de yemas florales y un periodo de sequía seguido de un fuerte riego favorece la producción de yemas. En relación con la temperatura, se sabe que algunas especies de hojas persistentes necesitan, para una buena inducción floral, acumular un número determinado de horas de frío en invierno.
- Factores culturales. En una planta joven, una fertilización rica en nitrógeno favorece la producción vegetativa disminuyendo la inducción floral, mientras que si la planta es adulta y la aplicación es repartida, aumenta la producción de yemas florales. La falta de luz afecta la inducción floral, por lo que la poda ir dirigida a aumentar la iluminación de todas las zonas del árbol. La poda también se practica para reducir una excesiva superficie foliar, ya que esta influye negativamente sobre la inducción floral.

Polinización

El proceso de polinización se puede clasificar como:

- Polinización alógama o cruzada. Sucede cuando el polen procede de otra variedad de la misma especie. Estas especies pueden ser autoestériles, es decir que son incapaces de fecundarse con su polen. Pueden ser además, parcialmente autoestériles y parcialmente autofértiles.
- Polinización autógama o autopolinización. Cuando se fecundan con su propio polen. Estas son especies autofértiles (Gastigar, 1998).

En *Macadamia* el polen es esparcido desde la superficie de las anteras para finalmente establecerse en la superficie del estigma, lo cual es característico de la familia *Protáceae*. Aunque se asegura que existe la autopolinización, en los primeros estudios se determinó que las flores son parcialmente autoincompatibles, por lo que la fructificación debiera incrementarse significativamente con polinización cruzada, considerando que las variedades que actualmente existen son intercompatibles (Lemus, 2004).

Fecundación

Una vez depositado el grano de polen en el estigma, se hincha e inicia su germinación, que tiene lugar a las 12 a 36 horas después de la polinización. El grano de polen rompe la capa externa y emite un tubo polínico que atraviesa el estilo y llega al ovario, donde se produce la fecundación del óvulo. La penetración del estilo puede ser por varios tubos polínicos a la vez, cada uno procede de un grano de polen, pero solo uno puede penetrar en cada óvulo y fecundarlo. La temperatura ambiental influye de forma importante en la fecundación, siendo la temperatura óptima 20 a 25°C, y no habiendo fecundación por debajo de 5 o por encima de 35°C. Los periodos húmedos y con temperaturas bajas favorecen la fecundación, al contrario que los periodos

secos. La lluvia y viento fuerte son desfavorables, ya que provocan el arrastre del polen. La fecundación es el paso final del proceso de floración. A partir de aquí se realiza una multiplicación celular y un desarrollo del ovario. Cuando este sea visible, se considera que el fruto ya ha cuajado y empieza el proceso de desarrollo propiamente dicho (Gastigar, 1998).

Características de la inflorescencia

Las flores de *Macadamia* están agrupadas en un racimo colgante de 10 a 25 cm de longitud con 100 a 300 flores en grupos de 2 a 4 por axila. El cáliz tiene forma de tubo de 10 a 14 mm de largo, color blanco-crema; como la flor no presenta pétalos sino sépalos petaloides, los 4 estambres están fijos a los cuatro sépalos de ápices muy recurvados; el pistilo está colocado sobre un disco y termina en un estilo largo y doblado en ángulo obtuso (Rincón, 2000).

Las flores de un racimo se abren en orden, iniciándose por las de la base, las que permanecen abiertas por pocos días; la polinización es cruzada. El estigma es receptivo antes de ocurrir la antesis, lo cual sucede durante el día. Hay distintos grados de autoincompatibilidad, solo se desarrollan 20 frutos de los centenares de flores formadas en el racimo. El 10% o menos de los racimos formados en el árbol llegan a producir nueces a cosecha. El cuajado inicial de frutos es abundante, pero muchos frutos jóvenes se caen por diversas causas.

La producción se puede aumentar favoreciendo la polinización entomófila con abejas (*Apis mellifera*), abejas angelitas (*Melipona* spp, *Tetragona* spp), abejas negras (*Trigona* spp) moscas sírfides (*Ornidia obesa*) y plantando diferentes clones, no se recomienda un solo cultivar por tener alto porcentaje de polinización cruzada natural. Se recomienda ubicar 5 a 8 colmenas por hectárea para mejorar la polinización, pues 70% de la polinización es realizada por insectos.

A los 15 años de edad un árbol de *M. integrifolia* puede producir hasta 10000 racimos durante el periodo de floración. Después de la polinización, la fertilización de los óvulos toma 2 a 4 días, la primera división celular del cigoto ocurre 4 a 5 semanas después de la antesis. Un año de alta floración es seguido por otro de menor floración, o sea que es un árbol de cosecha bienal.

La temperatura tiene una gran influencia sobre la floración de *Macadamia*, ocurriendo la diferenciación floral a los 26 días a 12°C de temperatura nocturna, 38 días a 18°C y 44 días a 21°C. Los racimos visibles aparecen después de 125 días de mantener los árboles a 21° C comparado con 56 días para árboles a 12° C. En Australia el intervalo entre diferenciación flora y la antesis va de 137 a 153 días. Después de la diferenciación, la yema permanece en dormancia 50 a 96 días antes que se elongue y empiece a ser visible.

Fase productiva

Este proceso finaliza cuando el fruto ha alcanzado su madurez y en él intervienen una serie de factores que condicionan su normal desarrollo.

Factores que influyen en el desarrollo del fruto

Los factores que condicionan el desarrollo del fruto son, por un lado, la disponibilidad de agua y, por otro, las reservas acumuladas en el fruto. El agua es el componente primordial del fruto y constituye el 50 a 90% de su peso en estado maduro. Además, es el vehículo de suministro de los elementos minerales y el de la translocación de la sustancia hidrocarbonada. Si el árbol no encuentra agua en el suelo, el fruto puede verse afectado: disminuye su tamaño, se deshidrata y se arruga, y puede llegar a producirse la caída del fruto.

La formación de los frutos exige también una gran cantidad de nutrientes. El componente más importante en las primeras fases del desarrollo, es el nitrógeno. Entre los factores climáticos, el que más afecta el desarrollo del fruto es la temperatura, el desarrollo se ve favorecido por temperatura media alta sin contrastes nocturnos.

Desarrollo de la nuez de *Macadamia integrifolia*

Este puede dividirse en tres periodos de crecimiento:

- Periodo de reposo del cigoto: 2 semanas después de la polinización, el fruto alcanza 2 mm de diámetro.
- Desarrollo del embrión o semilla: 12 semanas (84 días), hay una gran actividad de división celular, las células se alargan y diferencian, el fruto y la almendra alcanzan su desarrollo completo.
- Periodo de maduración: (Formación de aceite) dura 17 semanas (119 días), se observan pocos cambios morfológicos y al final de este periodo, la cáscara se agrieta y cae el fruto. El periodo de desarrollo y maduración del fruto es de 31 semanas (217 días) después de la floración; sin embargo, puede fluctuar entre 6 y 7 meses según las condiciones climáticas reinantes.

El huerto debe fertilizarse antes de la floración, ya que durante el periodo de formación de frutos el nivel de nutrientes en las hojas cae considerablemente y puede haber aborto de embriones. La humedad relativa del aire, el contenido de agua en el suelo y el nivel nutricional en la planta deben ser favorables para la división y crecimiento de las células. Si la temperatura de la noche cae por debajo de 12°C durante el segundo periodo hay aborto de embriones y limitaciones para el crecimiento del fruto. Un buen vigor de los árboles durante la floración y formación de los frutos, determina el tamaño de la nuez y la cosecha final.

Durante las primeras 8 semanas después de la antesis, entre el 77.8 y 83.2 % se pierde debido a la caída prematura de las nueces. Otro 3.8 a 11.6 % de las nueces caen 8 a 20 semanas después de la antesis. Hay una pequeña caída de nueces entre las semanas 16 y 18, y en la semana 20 puede considerarse el racimo definitivo.

Durante el periodo de maduración hay cambios químicos de los carbohidratos en la almendra, determinando el contenido de aceite y por consiguiente el tamaño de la nuez. La almendra madura contiene 70 a 75% de aceite y 5% de azúcar. Los requerimientos de energía para la formación de aceite en la almendra son altos y una baja tasa fotosintética tendrá efectos negativos. La tasa fotosintética en la Macadamia alcanza el máximo a 29°C y cae con el incremento de la temperatura. La temperatura excesiva y/o la deficiencia de agua y nutrientes puede causar la caída de hojas, la reducción del área foliar causa una disminución de la fotosíntesis.

La deficiencia de agua y nutrientes puede resultar en un crecimiento lento del fruto que puede afectar adversamente la formación de aceite y, por consiguiente la calidad de la nuez. El suministro de agua y la fertilización deben ser óptimos para asegurar que las nueces tengan una alta calidad interna.

Los defectos de la almendra pueden ocurrir si estos factores causan un crecimiento deficiente durante el segundo y tercer periodo. Los defectos más comunes de la nuez son: almendras arrugadas debido a un crecimiento estresado del embrión, almendras con un bajo contenido de aceite y almendras corchosas (Rincón, 2000).

Características del fruto

El fruto de Macadamia denominado nuez es, desde el punto de vista botánico, un folículo con una semilla o almendra comestible. La nuez en cáscara tiene 10 cm. de diámetro en promedio; la nuez en concha 2.5 cm. y la almendra 1.5 cm.

La cáscara externa o pericarpio es verde, dehiscente a lo largo de una sutura, compuesto por un exocarpio correoso, y un endocarpio de 3.1 a 3.6 mm de espesor, la almendra con su envoltura dura o concha está unida a este pericarpio cerca de la sutura en el extremo estilar, donde aparece el hilo, micrópilo o hilo blanco. Por este entra el agua a la nuez y germina la semilla.

La concha tiene dos capas, una externa gruesa con muchas fibras y células duras, y una interna, más delgada, formada a partir de la epidermis externa del tegumento exterior de 3 mm en promedio de espesor, con un contenido energético de 123 Kcal/100 gr. El ovario empieza a elongarse 10 a 15 días después de la antesis; las nueces crecen rápidamente entre 3 y 15 semanas después de la antesis; alcanza el tamaño máximo a las 18 semanas y madura a las 28 semanas. Durante el desarrollo de la nuez hay abscisión prematura de frutos jóvenes, y ocurre frecuentemente entre 3 y 10 semanas después de la

antes. Aunque inicialmente se forman hasta 50 nueces por racimo, solo 5% de ellas llegan a madurez (Rincón, 2000).

Labores culturales

Una vez establecido el cultivo de *Macadamia*, deben realizarse periódicamente ciertas labores que propicien un desarrollo óptimo en la plantación.

Control de malezas

Siempre debe mantenerse limpio unos 2m alrededor del tallo y cuando comienza a cosechar se debe ampliar a 1 m más, afuera de la gotera. En los primeros años de establecido el cultivo, se pueden sembrar otros cultivos propios de la zona, que no compitan con la *Macadamia*. Cuando no se utiliza este espacio con algún cultivo, se deben mantener bajos los arvenses ya que puede presentarse una alta incidencia de insectos y enfermedades que afecten el proceso productivo (Ministerio de Agricultura de Costa Rica, 1991).

Poda

Con el fin de estimular el desarrollo de todas las yemas, se recomienda realizar la poda 15 días después de una fertilización, con esto se pretende que las dos yemas por hoja broten.

La formación básica del árbol se realiza durante los dos primeros años, iniciándose a los seis meses del trasplante, continuando en el primer año con dos podas cada tres meses y durante el segundo año tres podas cada cuatro meses.

En el momento de podar se debe tener mucho cuidado en identificar las ramas productoras, las cuales por ningún motivo se deben cortar. Estas ramas se caracterizan por que son pequeñas, delgadas y débiles, sin posibilidades de desarrollarse, pero son las que florecen y dan nueces

A partir del décimo año las ramas empiezan a entrecruzarse causando autosombreamiento y falta de aireación entre la copa; muchas ramas internas dejan de ser productivas y dificultan la cosecha. En estos casos se recomienda hacer una poda de realce, cortar todas las ramas bajas, hasta una altura de 1,5 a 1,8 m sobre el suelo, para permitir una mayor aireación, mejorar la polinización, reducir los problemas sanitarios y facilitar la ejecución de las diferentes labores culturales (Rincón, 2000).

Nutrición

La producción de *Macadamia integrifolia* está muy relacionada con las funciones y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

- Nitrógeno. Entra en la formación de aminoácidos para la síntesis de proteína vegetal. Cuando hay suficiente cantidad de Nitrógeno hay un mayor contenido de clorofila, mejor asimilación y síntesis de productos orgánicos. Por tanto, se tendrá mayor vigor vegetativo debido al alargamiento celular y a la multiplicación celular; color verde intenso de masa foliar, por mayor densidad clorofílica; más producción de hojas sanas y de buena calidad, logrando una mayor producción (Rincón, 2000).

Buenos niveles de Nitrógeno mantienen un adecuado desarrollo y suficientes carbohidratos de reserva que son fundamentales para el proceso de floración y fructificación. La aplicación de Nitrógeno y Potasio en prefloración y floración favorece el desarrollo y fijación de las nueces e influye positivamente en la calidad de las almendras (Nagao, 1992).

- Fósforo. Este elemento tiene importancia en la división celular, respiración, fotosíntesis, síntesis de azúcar, grasa y proteínas, acumulación de energía. Tiene un papel estructural en la construcción de membranas celulares. El Fósforo interviene en el desarrollo y vigor del sistema radical, crecimiento de la planta, diferenciación floral y en el rendimiento o cuajamiento de los frutos.

Buena disponibilidad de fósforo conlleva a mayor crecimiento radical, mejor desarrollo general de la planta, aceleración de la floración y fructificación. Bajos niveles disminuyen significativamente la cantidad de floración y cuajamiento de frutos.

- Potasio. Sirve para regular el potencial osmótico celular, interviene en la síntesis del azúcar, proteínas, en la estimulación enzimática y favorece la fotosíntesis. La abundancia de Potasio se manifiesta en mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de flores, nueces y almendras, resistencia al frío y enfermedades criptogámicas. La deficiencia de Potasio disminuye el desarrollo de las flores, influye negativamente en el crecimiento de la nuez y reduce la acumulación de aceite (Rincón, 2000)
- Calcio. Es un constituyente de las paredes celulares, juega un papel importante en el crecimiento y en la producción. Los desórdenes fisiológicos provocados por las deficiencias de Calcio, inciden en ciertos aspectos del crecimiento, generan un bajo desarrollo del sistema radical, disminuye la calidad de la nuez; y las plantas son más susceptibles al ataque de las enfermedades.
- Magnesio. Forma parte de la molécula de la clorofila jugando un papel importante en la fotosíntesis; es abundante en las almendras y en los tejidos meristemáticos. Bajos contenidos de Magnesio en *Macadamia sp* generan clorosis y poco desarrollo foliar (Rincón, 2000).
- Azufre. Es esencial en la formación de clorofila, entra en la composición de ciertos aminoácidos principalmente como constituyentes de proteínas y de sustancias de crecimiento. Deficiencias de Azufre reducen el desarrollo del

sistema radical ya que disminuye la proliferación de pelos absorbentes, genera clorosis y las hojas exhiben un crecimiento débil (Rincón, 2000).

- Hierro. Interviene en la síntesis de anillos pirrólicos, que pertenece a la constitución química de la molécula de clorofila y sustancias metabólicas como citocromos, este elemento es activador de una enzima indispensable en la síntesis de clorofila. Concentraciones bajas de Hierro generan clorosis y defoliación (Rincón, 2000).
- Boro. Es necesario especialmente en la fase de producción de *Macadamia* sp ya que su efecto en la biología reproductiva está ampliamente relacionado con la germinación del polen y el desarrollo del tubo polínico, una vez formado el fruto contribuye a la fijación de estos en el racimo aumentando significativamente los rendimientos (Nagao, 1992). Su deficiencia produce falta de elongación normal de los ápices de la raíz, acompañada de inhibición de síntesis de RNA y DNA, se inhibe la división celular en el ápice del tallo y en las hojas jóvenes; se da el proceso de floración pero las flores no llegan a término (Rincón, 2000).
- Cobre. Interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales, es importante en la fotosíntesis y en el metabolismo de Nitrógeno, es un activador de oxidasas (Rincón, 2000).
- Zinc. Interviene en la formación de sustancias del crecimiento como el ácido indolacético y es un activador de numerosos procesos, se requiere en los puntos nuevos de crecimiento de la planta. Juega un papel importante en el incremento de los frutos fijados por racimo aumentando la cantidad de nueces en la cosecha (Nagao, 1992).

Insectos asociados a la floración y fructificación

La inflorescencia y el fruto de *Macadamia integrifolia* pueden ser atacados por varios insectos, entre los que se destacan:

Gusano de las flores: (Homoeosoma vagella)

Es pequeño, con bandas verdes, pardas y grises, el adulto es una polilla gris. Su principal ataque ocurre durante el periodo de floración. La distribución y severidad de las infestaciones varía según la estación y la localidad. La larva joven destruye los botones de las inflorescencias. Cuando la larva crece, el racimo queda cubierto con una telilla de hilos y excrementos, estorbando su posterior desarrollo. Las flores pueden ser destruidas completamente.

Mariposa rayiazul. (Erysichton lineada)

La larva pasa de botón en botón comiéndose las estructuras de la flor, deja un agujero limpio y redondeado en el extremo ensanchado del botón.

Chinche de encaje de la Macadamia : (U/anemia sp)

Los ataques más importantes coinciden con la floración principal. Empieza alimentándose de los botones florales, que va destruyendo progresivamente; después continua con las flores de la inflorescencia.

Pasador de la nuez (Cryptoth/ebia bavachopa, C. illepida, C. /eucotreta.)

Es el nombre común para la larva de varios tipos de polillas que horadan la cáscara y la concha de las nueces inmaduras y maduras para alimentarse de la almendra. El daño que causan se puede reconocer fácilmente, pero las polillas son pequeñas e inconspicuas y se ven rara vez en el huerto. Los principales daños se observan en las primeras nueces.

Falsa polilla del manzano. (C. Leucotreta)

Tiene una expansión alar de 16 a 20 mm, color castaño oscuro a gris, alas anteriores desprovista de manchas; las posteriores son planas con flecos en los bordes. La larva joven de color blanco perfora la cáscara verde de la nuez para alimentarse en el interior, allí encuentra abrigo. Más de una larva puede penetrar a la nuez. La larva adulta puede alcanzar 10 mm de longitud, es de color rosado. La infestación puede reconocerse en la cáscara por un pequeño orificio circundado por excrementos. Las nueces atacadas generalmente caen al suelo, especialmente cuando son tiernas, la susceptibilidad al ataque difiere entre cultivares, por factores como la dureza y el espesor de la concha.

Perforador o taladrador de la nuez. (Ecdytolopha aurantianum)

La mariposa oviposita sobre las nueces. La plaga es un gusano de color blanco cremoso con cabeza café. El daño se inicia con perforaciones grandes e irregulares de la cáscara del fruto y la formación de galerías entre este y la concha. Logra causar daño a la almendra cuando ataca nueces en formación, penetrando la concha antes de que endurezca. Este agujero sirve de entrada para los hongos. Si el ataque es cuando la nuez está debidamente formada, el daño de la larva se limita hacer galerías en la cáscara sin causar daño alguno a la almendra. Las nueces dañadas se identifican por los excrementos de la larva en la boca del agujero, semejantes al aserrín (Rincón, 2000).

En el proceso fenológico de *Macadamia integrifolia* también se han encontrado asociados insectos pertenecientes a 7 ordenes: Coleóptero con 13 familias, Díptero con 8 familias, Hemíptero con 4 familias, Hymenóptero con 8 familias, Homóptero con 3 familias, Lepidóptero con 9 familias, Neuróptero con 1 familia y finalmente arácnidos de la familia Thomisidae (Garzón & Lozano, 2008).

Enfermedades relacionadas con la inflorescencia y el fruto

A continuación se describen los principales problemas patológicos que inciden en el desarrollo del cultivo.

Momificación de las flores: (Botrytis cinerea)

Esta enfermedad es potencialmente la más seria que afecta la producción de árboles en producción (Fitzell, 1991), puede empezar a desarrollarse en racimos muertos, cáscaras de nueces, ramas y hojas (Neishijima, 1983). Durante épocas lluviosas con humedad relativa cercana a 95%, alta nubosidad y temperatura entre 16 y 22° C en período de floración (Rincón, 2000), las flores afectadas no llegan a frutos maduros, reduciéndose la cosecha considerablemente. Los racimos son susceptibles cuando las flores están casi en pleno estado de apertura (Neishijima, 1983).

Los tallos pequeños detienen el desarrollo, luego sucede en los pétalos hasta terminar en todo el racimo. A medida que progresa la enfermedad las flores muertas se caen o se enredan alrededor del ráquis de la inflorescencia formando un tejido gris con el micelio del hongo, este cubre las flores llega a momificarlas y anula la producción (Fitzell, 1991).

La enfermedad es más severa en huertos viejos, en plantaciones con altas densidades de siembra y en árboles sombreados (Fitzell, 1991). Los niveles de epidemia se alcanzan si después de dos semanas continúan las lluvias o se presenta mucho rocío (Neishijima, 1983) .

Este hongo produce gran cantidad de esporas grises que se diseminan rápidamente por corriente de aire o lluvias ligeras. Las nuevas infecciones ocurren cuando las esporas se dispersan hacia flores jóvenes que están húmedas (Fitzell *et al*, 1991),

Tizón floral: Phythophthora capsici)

Al ocurrir la primera infección aparece una mancha necrótica diminuta en el ráquis, pero se desarrolla rápidamente hasta cubrir toda la flor. Las flores y los frutos no se desarrollan normalmente. La infección en las nueces se desarrolla en la cáscara y causa una coloración negra- pardusca, sí la infección ocurre antes del desarrollo de la cáscara el hongo invade y destruye la semilla originando la caída de la nuez. Las nueces maduras son las menos infectadas. Esta quemazón se presenta durante períodos de humedad prolongada por el exceso de lluvias, infectando las inflorescencias. El hongo puede infectar racimos en todos los estados, cuando quedan racimos muertos en las ramas por muchos meses, pueden servir como fuente de inóculo para el desarrollo de la epidemia que se disemina rápidamente después de un período prolongado de lluvia y temperaturas entre 16 y 22° C (Nagao, 1992).

Tizón del racimo. (A/ternaria sp, Botrytis sp, Colletotrichum sp, Fusarium sp,

Stemphyllium sp)

Esta enfermedad está ampliamente distribuida en Sudáfrica, su severidad varía de acuerdo con la localidad y estación.

Los botones enfermos tienden a no caer todos, las flores abiertas atacadas caen eventualmente, la infección del ráquis del racimo puede ocurrir en cualquier punto a todo lo largo de la inflorescencia, las flores o nueces continúan desarrollándose normalmente por encima del punto de infección, mientras el resto del racimo por debajo del punto de infección muere.

La infección puede ocurrir en cualquier momento entre la apertura del botón y la floración total, infecciones tempranas tienden a destruir toda la inflorescencia, mientras en las infecciones tardías la totalidad o solo parte del racimo es destruido. La enfermedad se desarrolla rápidamente en racimos muertos que permanecen en el árbol (Rincón, 2000)

Pudrición de la nuez. (Colletotrichum sp, Diplodia sp, Fusarium sp)

Primero se desarrolla en la cáscara y luego penetra a la almendra por el poro de la nuez. Estos hongos son favorecidos por humedad relativa alta durante períodos prolongados, y son transmitidos por los chinches cuando las nueces están jóvenes (Rincón, 2000)

Conclusiones

La nuez de Macadamia, cuya almendra posee un gran valor comercial y nutricional, presenta una creciente demanda en el ámbito mundial y es considerada una alternativa económica y ecológicamente viable.

Para el desarrollo óptimo del cultivo de macadamia, se deben considerar aspectos ecológicos como la temperatura, la humedad relativa, altitud, nutrición, pluviosidad, luminosidad y labores culturales.

Los insectos que se encuentran asociados al proceso de floración y fructificación pertenecen principalmente a los siguientes órdenes taxonómicos: Coleóptero, Díptero, Hemíptero, Hymenóptero, Homóptero, Lepidóptero y Neuróptero, que cumplen funciones como polinizadores, enemigos naturales, consumidores de sustancias florales e insectos plaga.

Las enfermedades identificadas están ocasionadas principalmente por los hongos *Botrytis* sp, *Phytophthora* sp; patógenos de mayor relevancia por presentarse durante la etapa de floración, generando a su paso no sólo impactos biológicos sino también económicos.

Bibliografía

Fitzell, R. (1991). *Diseases and Disorders of Macadamia*. Wollongbar Agricultura! Institute Australia and Tropical Research Estation, Alstom, illa. First Edition Australia .

Garzón, L & Lozano, M. (2008). *Fenología de floración y reconocimiento de insectos y*

enfermedades asociados a este proceso en la plantación de Macadamia integrifolia en la vereda Urubamba, municipio de Timbio - Cauca. Universidad del Cauca.

Gastigar, J. (1998). *Enciclopedia Biblioteca de la Agricultura*. Editorial Ideal Book. S.A. Segunda Edición. Barcelona, España. 1998.

Lemus, G. (2004). *Cultivo de la Macadamia*. Fundación para la Innovación Agraria FIA [on line] Santiago de Chile. 2004.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y*

Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola.

Nagao, M. (1992). *Macadamia: Cultivation and Physiology*. Department of Horticulture, Beaumont Research Station University of Hawaii. Hawaii, Estados Unidos.

Neishijima, T. (1983). *Diseases of Macadamia of Hawaii*. Department of plant Pathology. University of Hawaii. Hawaii, Estados Unidos. 1983

Rincón, O. (2000). *Manual para el cultivo de Macadamia*. Produmedios Productos Editoriales y audiovisuales. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Comercio & Negocio N°3

Dinámica económica de frontera