

## ESTADO DEL ARTE

Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura

En la mayoría de las regiones donde se cultiva la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se presentan temporadas secas en ciertas épocas del año, las cuales pueden durar de 3 a 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas. En estas épocas, la evapotranspiración es mayor que la precipitación recibida en la superficie del suelo, por lo cual se produce una sequía que afecta el crecimiento y la producción de racimos. Diversos esfuerzos se han hecho para cuantificar los efectos del déficit de agua sobre el crecimiento y producción en palma de aceite y para determinar los efectos del riego aplicado durante los meses de reducida precipitación, para mantener o incrementar la producción de racimos. Algunos trabajos realizados en países con diferentes estaciones climáticas permiten deducir, entre otros aspectos, la alta dependencia de la palma de aceite de las condiciones meteorológicas para que se produzca la evapotranspiración y, por consiguiente, para incrementar o disminuir la capacidad productiva. De otra parte, se observa una elevada producción potencial de la palma de aceite cuando se le dan condiciones adecuadas de fertilización y riego. En esta revisión de literatura se hace una descripción general de algunas investigaciones, mostrando las ventajas del riego en comparación con áreas no regadas, y se presentan estimaciones del consumo de agua por la planta cuando se tienen condiciones hídricas limitantes y bajo un suministro adecuado de agua. Efectos de déficit de agua sobre el crecimiento vegetativo y la fisiología en la palma de aceite

Efectos sobre el crecimiento vegetativo Los efectos de la sequía se presentan hasta dos años después de haberse presentado el estrés de agua en el cultivo de la palma de aceite (Lubis et al. 1993; Corley y Hong 1981); el efecto en el crecimiento vegetativo se manifiesta en la aparición de flechas (hojas jóvenes sin abrir completamente), sequedad y quebrazón de hojas viejas. La altura del estípote se puede disminuir en un 9 a 15%, principalmente en palmas adultas (Foong 1999). En suelos que presentan agrietamiento, al secarse se producen daños a las raíces superficiales e incluso la muerte (Lubis et al. 1993). Efecto sobre la fisiología El efecto del déficit de agua sobre la fisiología de la palma de aceite está bien documentado. Los estomas se cierran para reducir la transpiración si se pierde agua excesivamente de la hoja o si hay un déficit de agua en la zona de raíces; el cierre de los estomas impide la absorción de CO<sub>2</sub>, por lo que se ve afectada la fotosíntesis. Las temperaturas muy altas, así como las radiaciones solares bajas, pueden ocasionar el cierre de estomas aún habiendo buenas condiciones de humedad en el suelo. En condiciones hídricas no limitantes, se considera que a mayor radiación solar aumenta la conductancia en los estomas (Van Bavel, Scaiz y Long, citados por Martín de Santa Olalla y De Juan Valero 1993). Las palmas que cierran sus estomas por un lapso de 40 días al año, podrían reducir su producción en un 10% (Corley 1973, citado por Villalobos et al). La sequía estimula la formación de flores masculinas e inhibe la formación de femeninas. El aborto de flores femeninas ocurre principalmente en palmas jóvenes (3 a 5 años), mientras que en palmas adultas este efecto es menos severo. Las flores femeninas que justamente han pasado la antesis, no logran desarrollarse, se secan y mueren (Lubis et al. 1993). Se forman frutos pequeños y livianos, que se caen uno o dos meses antes de su desprendimiento normal, reduciendo el contenido de aceite en un 17 a 18% (Ochs y Liacopolus 1983, citados por Lubis et al. 1993).

Se reduce el contenido de aceite en el mesocarpio en los racimos madurados normalmente, y en otros casos se impide la completa maduración del racimo, secándose numerosos frutos, lo cual puede reducir la tasa de extracción hasta en un 40% por varias semanas (Udaya 1997). La ocurrencia de déficits de humedad de variada intensidad implica importantes reducciones en la producción y variaciones en el tiempo de los meses pico de cosecha, entre otros. Las reducciones pueden ser del orden del 10 al 40%, dependiendo del grado de estrés.

Efectos favorables del riego en el cultivo de la palma de aceite Dadas las consecuencias del déficit de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, cuando éste se da se hace necesario el riego como complemento a la precipitación. Las ventajas del riego en el cultivo de la palma han sido cuantificadas bajo diferentes esquemas, siendo el más común la comparación del crecimiento y la producción en palmas con o sin riego, pero pocos esfuerzos se han hecho por cuantificar sistemáticamente y en diferentes edades y condiciones el consumo de agua por la palma, con fines de definir con más exactitud las cantidades de agua que se deben suplir por medio del riego. La respuesta de la palma de aceite al riego en climas secos puede ser considerable. Los principales beneficios del riego son el incremento en la velocidad de producción de hojas, reducción en la tasa de abortos, mejor relación de sexos, entre otros, lo cual resulta en un incremento importante en el número de racimos y otro un tanto menor en el peso de éstos (Ochs y Daniel 1976, citados por Corley y Hong 1981). También se reduce, en alguna forma, la fluctuación de la producción, incrementando el número de racimos durante el periodo de sequía y reduciéndolo en las épocas pico (Corley y Hong 1981)

Otros trabajos indican efectos positivos del riego sobre el incremento del número y peso de los racimos; sin embargo, los efectos del riego parecen ser mayores en el número de racimos, lo cual concuerda con el desarrollo de inflorescencias, la disminución en la tasa de abortos y la mejor relación de sexos (Corley y Hong 1981; Kee y Chew 1991; Mite et al. 1998). También se han encontrado beneficios en la conformación del racimo y la formación de aceite. Corley y Hong (1981), en Malasia, suministrando una lámina aproximada de 13 mm de agua cada tres días durante la temporada seca, obtuvieron incrementos del 3% en la relación aceite/racimo. Foong (1999), en un extenso estudio lisimétrico en Malasia, obtuvo un rendimiento promedio anual de aceite en mesocarpio de 63,5 kg/palma para la palma sin déficit de humedad, contra 48,1 kg/palma en las palmas no regadas, y el porcentaje de almendra/racimo se incrementó en un 29,9% para la palma con riego. Por lo tanto se esperan efectos benéficos del riego sobre la producción de racimos, como resultado del mejoramiento de las condiciones fisiológicas, de crecimiento vegetativo y de formación del racimo, como se mostró anteriormente. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en algunos experimentos que muestran incrementos en la producción de racimos de fruta fresca (RFF). La respuesta de la producción al riego parece estar muy ligada a los déficits hídricos presentados en cada localidad. Evidencia de esto son los resultados observados en África

Occidental (República de Benin y Costa de Marfil), con incrementos en producción superiores al 100%, los cuales fueron obtenidos en zonas donde predominan condiciones mucho más secas que en las demás regiones. En Costa de Marfil se tienen seis meses secos durante el año, una precipitación promedio de 1.415 mm (Dufrene et al. 1992), mientras que en la República de Benin se tienen en promedio tres meses secos que representan un déficit entre 500 y 600 mm/año. En Malasia Occidental, donde se desarrollaron la mayoría de los anteriores trabajos, se presentan déficits de agua durante 3 a 5 meses y se reciben anualmente entre 1.800 y 3.000 mm de agua lluvia. Al utilizar distintos métodos de riego e incluir en algunos casos diferentes tratamientos de fertilización, se obtuvo un incremento cercano al 11,3% en la producción, que correspondió a 2,6 t/ha/año, excluyendo los resultados obtenidos por Foong (1999), por las condiciones muy especiales en las que fueron obtenidos. El riego, y en general una adecuada alimentación hídrica en el cultivo de la palma de aceite, tienen otros efectos favorables, los cuales se expresan en una reducción de los requerimientos de fertilizantes, mejor aprovechamiento de éstos y mayor resistencia a las enfermedades. Ensayos con riego por goteo causaron una mayor absorción de potasio (K) por la palma (Taffin y Daniel 1976, citados por Lim 1996); (Kee y Chew 1991) concluyeron que en ausencia de riego se requerían mayores cantidades de fertilizante para alcanzar rendimientos similares a los de palmas regadas. El riego incrementó significativamente el número de racimos, y junto con la fertilización se incrementó también el peso de éstos. Mite et al. (1998), en la zona de Quevedo en Ecuador, registraron una reducción

de la incidencia de la enfermedad conocida como "amarillamiento" del 29% al 13% en palmas con riego y bajo una fertilización completa. Consumo de agua por la palma de aceite La evapotranspiración o consumo diario de agua por la planta, equivale al agua que se pierde por evaporación directa desde la superficie del suelo más el agua que se pierde por transpiración a través del tejido foliar. La evapotranspiración se afecta por factores de clima, suelo, vegetación y prácticas culturales. Determinar la evapotranspiración es de utilidad para el planeamiento y diseño de los almacenamientos de agua y de sistemas de riego, predicción de la frecuencia y severidad de las sequías, estimar los requerimientos de agua del cultivo y efectuar la programación de riegos. Bajo ciertas condiciones atmosféricas de buena radiación y contenidos altos de humedad en el suelo, las plantas pueden transpirar a su máxima capacidad, y bajo estas circunstancias la evapotranspiración se denomina potencial (ETP); en condiciones normales de campo, la humedad en el suelo es variable y las condiciones atmosféricas fluctúan, en este caso, las plantas transpiran a una tasa inferior a la potencial, conocida como evapotranspiración real o actual (ETa). Mediciones de evapotranspiración en cultivos de palma, manteniendo las reservas hídricas del suelo en su mayor disponibilidad (capacidad de campo) y una abundante fertilización, permiten interpretar los valores obtenidos como de ETP; de otra parte, las mediciones efectuadas en condiciones normales, con déficits de humedad en el suelo, corresponden a mediciones de evapotranspiración real. En la Tabla 3 se indican los valores de ETP y ETa encontrados en diferentes localidades para la palma de aceite. Los resultados indican diferencias importantes, debido principalmente a las condiciones climáticas de cada zona y a los métodos de medición o estimación de la ET. Foong (1991) concluyó, a partir de mediciones en un lisímetro, que la ETP de la palma de aceite dependía más de la demanda atmosférica y menos del cultivo en sí, lo cual explicó las pequeñas diferencias en los valores de ETP en palma joven y adulta contra las mayores diferencias entre regiones. Con datos obtenidos en el mismo lisímetro, Foong (1999) encontró valores de ETP en verano entre 8,0 y 8,5 mm/día; sin embargo, durante la influencia del Fenómeno del Niño (marzo-abril de 1998), con vientos extremadamente calientes y clima seco, la ETP alcanzó valores de 10,0 mm/día. Estos valores están lejos de 23 - 30 mm/día, con un promedio de 8,9 mm/día para palmas adultas en el sur de Nigeria, donde la sequía severa indujo estos altos valores. Los valores de evapotranspiración real para palmas adultas obtenidos en Costa de Marfil por Rey et al. (1988) y Dufrene et al. (1992) corresponden a trabajos efectuados en una misma área experimental, con la diferencia de que en el segundo caso se incluyeron mediciones de ET de tres temporadas secas a diferencia de una, y se efectuaron estimaciones de evapotranspiración potencial (ETP). A pesar de que las condiciones climáticas en Costa de Marfil son más secas, los valores obtenidos fueron alterados por la pérdida de agua lluvia por escorrentía y percolación profunda, no obstante de encontrarse en un área plana (Rey et al. 1998). En el método de balance hídrico del suelo para conocer los valores de ET, los términos escorrentía, drenaje y ascenso capilar son difíciles de determinar, por lo que generalmente son despreciados.

De los valores de evapotranspiración potencial (ETP) obtenidos en Malasia y Nigeria se concluye que en condiciones favorables de humedad en el suelo y fertilización, y sin restricciones al desarrollo del cultivo, la palma de aceite tiene gran potencial de transpiración a través de sus estomas. Las mediciones de evapotranspiración realizadas por Rey et al. (1988), Isenmila (1991) y Dufrene et al. (1992) constituyen mediciones de ET en áreas no regadas, donde la humedad del suelo depende principalmente de la precipitación y se presentan déficits de humedad en las temporadas secas; al compararse con los valores de ETP obtenidos en áreas con riego, se deduce que el efecto del riego sobre la evapotranspiración es importante. Para una condición no limitante de agua, la evapotranspiración depende en gran parte de las condiciones meteorológicas. La mayoría de las investigaciones acerca del fenómeno de la evapotranspiración indican que la radiación neta (diferencia entre la radiación solar global que llega a la superficie y la reflejada por ésta) es de alguna manera el motor de los intercambios energéticos, puesto que

representa la energía disponible a nivel de las superficies de la hoja y del suelo (Martín de Santa Olalla y De Juan Valero 1993). Para el caso de la palma de aceite, Foong (1991) , en Malasia, encontró mayor correlación con la radiación solar, seguida por la temperatura máxima; la lluvia y la temperatura mínima no se correlacionaron significativamente con la ET.

## PALMA DE ACEITE

### 1. ORIGEN.

La **palma africana (Palma aceitera africana, Coroto de Guinea, Palmera Aabora, Palmera de Guinea)** es una planta tropical propia de climas cálidos cuyo origen se ubica en la región occidental y central del continente africano, concretamente en el golfo de Guinea, de ahí su nombre científico *Elaeis guineensis* Jacq., donde ya se obtenía desde hace 5 milenios. A pesar de ello, fue a partir del siglo XV cuando su cultivo se extendió a otras regiones de África.

Su propagación a mínima escala se inició en el siglo XVI a través del tráfico de esclavos en navíos portugueses, siendo entonces cuando llegó a América, después de los viajes de Cristóbal Colón, concretamente a Brasil. En esta misma época pasa a Asia Oriental (Indonesia, Malasia, etc.).

### 2. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA.

- 
- **Familia:** *Arecaceae.*
- **Especie:** *Elaeis Guineensis* Jacq.
- **Porte:** palmera monoica con tronco erecto solitario que puede alcanzar más de 40 m de altura en estado natural. En cultivos industriales para la obtención de aceite su altura se limita a los 10-15 m, con un diámetro de 30-60 cm cubierto de cicatrices de hojas viejas.



**Figura** 1. Palma africana (*Elaeis guineensis*)  
(Foto: Manual Palma Aceitera) .

- **Sistema radicular:** es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias. Estos dos

últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes.

- **Tallo:** comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Se desarrolla en tres ó cuatro años, una vez que se ha producido la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Se inicia con la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo. En el otro extremo del bulbo, en el ápice del tallo, se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la palma y protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos durante un largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico. Al morir éstas, caen, dejando el tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, característica que puede apreciarse en plantas muy viejas.

- **Hojas:** hojas verdes pinnadas (con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) de 5-8 m de longitud que constan de dos partes, el raquis y el pecíolo. A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de folíolos dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1,20 m). El pecíolo muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las cuales se transforman en folíolos rudimentarios a medida que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra "D" y a medida que se proyecta hacia el raquis se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central.

- **Inflorescencias:** las flores se presentan en espigas aglomeradas en un gran espádice (espata que protege a una inflorescencia de flores unisexuales) que se desarrolla en la axila de la hoja. La inflorescencia puede ser masculina o femenina. La inflorescencia masculina está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís. La inflorescencia femenina es un racimo globoso, de apariencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, que lleva en el centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico tricarpelar coronado por un estigma trifido cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen.



**Figura**

(Foto: Manual Palma Aceitera)

**2. Inflorescencia**

**masculina.**



**Figura**

(Foto: Manual Palma Aceitera)

**3. Inflorescencia**

femenina.

- **Fruto:** drupa de forma ovoide, de 3-6 cm de largo y con un peso de 5-12 g aproximadamente. Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro. Presentan una piel (exocarpio) lisa y brillante, una pulpa o tejido fibroso (mesocarpio) que contiene células con aceite, una nuez o semilla (endocarpio) compuesta por un cuesco lignificado y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo).



**Figura 4.** Racimo de palma africana.



**Figura 5.** Fruto de palma africana.

### **3. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

La palma africana ha sido utilizada desde la antigüedad para la obtención de aceite. Produce dos tipos de aceite, el del fruto y el de la semilla, respectivamente. El aceite alimentario se comercializa como aceite comestible, margarina, cremas, etc., y el aceite industrial es utilizado para la fabricación de cosméticos, jabones, detergentes, velas, lubricantes, etc. El aceite de palma africana representa casi el 25 % de la producción de aceites vegetales en el mundo. Es considerado como el segundo aceite más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soja.

A pesar de ello, dentro de las plantas oleaginosas, es la de mayor rendimiento en toneladas métricas de aceite por hectárea. En comparación con otras especies oleaginosas, la palma africana tiene un rendimiento por hectárea varias veces superior. Es así que para producir lo que mismo que una hectárea de palma, se necesitan sembrar 10 y 9 ha de soja y girasol, respectivamente.

Debido a esto, el cultivo de la palma africana es de gran importancia económica ya que provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial.

África central fue el productor principal, concretamente el Congo antes de su independencia y posteriormente Nigeria. Desde los años 80, Malasia comienza el dominio del mercad, sin embargo, con la crisis asiática de 1997, la tendencia fue invertir en otras áreas del trópico. En América Latina, después de ensayos poco exitosos al principio del siglo XX, se retomó nuevamente el cultivo de forma extensiva a finales de los años 80.

La mejor adaptación de la palma de aceite se encuentra en la franja ecuatorial, entre 15 grados de latitud norte y sur, donde las condiciones ambientales son más estables.

### **4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.**

#### **4.1. Clima.**

La palma africana es una planta propia de la región tropical calurosa, por ello se ubica en aquellas zonas que presentan temperaturas medias mensuales que oscilan entre 26 °C y 28 °C, siempre que las mínimas mensuales no sean inferiores a 21 °C. Temperaturas inferiores a 17 °C durante varios días provocan una reducción del desarrollo de plantas adultas y en vivero detienen el crecimiento de las plántulas. No soporta heladas.

En cuanto a las precipitaciones, las condiciones favorables para esta especie están determinadas por la cantidad y distribución de las lluvias, que presentan rangos oscilantes entre 1800 mm y 2300 mm al año. Sin embargo, se puede presentar el caso de regiones con precipitaciones superiores a los 2300 mm, pero con largas épocas de sequía, razón por la cual los rendimientos no se corresponden con el régimen hídrico de la zona. A pesar de ello, se estima que una disponibilidad de 125 mm al mes, es suficiente para lograr las máximas producciones, lo que indicaría, que zonas con 1500 mm de lluvia al año, regularmente distribuidas, son deseables para el cultivo de la palma africana.

En relación a la luz, la palma africana se identifica como planta heliófila, por sus altos requerimientos de luz. Para lograr altas producciones se requieren 1500 horas de luz al año, aproximadamente, siendo importante la distribución de las mismas. Por ello, las zonas que presentan valores medios mensuales superiores a las 125 horas de luz, se consideran adecuadas para el cultivo de esta planta. La insolación afecta, además, a la emisión de las inflorescencias, fotosíntesis, maduración de los racimos y contenido de aceite del mesocarpio.

En cuanto a la humedad relativa, es necesario un promedio mensual superior al 75%.

#### **4.2. Suelo.**

El grado de rusticidad de la palma africana, permite su adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas con diversidad de suelos, dentro del marco ambiental del trópico húmedo.

Tolera suelos moderadamente ácidos (5,5-6,5), aunque éstos en general presentan deficiencias de elementos nutritivos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro, que obligan a un manejo adecuado de la fertilización e imponen la aplicación de enmiendas. Cuando hay una alta acidez en el subsuelo se limita la profundización de las raíces y ocasiona susceptibilidad en las plantas a períodos prolongados de déficit hídrico.

Los suelos óptimos son los de textura franco-arcillosa. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, por lo que su consistencia es insuficiente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, por la dificultad para drenarlos y por la facilidad con la que se compactan.

Por tanto, los suelos óptimos para el cultivo de la palma africana, son suelos profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, con buen contenido en materia orgánica, topografía de plana a ligeramente ondulada con pendientes inferiores al 2% y con un nivel de fertilidad de medio a alto.

Es necesario evitar la formación de horizontes excesivamente coherentes, ya que el sistema radical es sensible a dicho fenómeno. Por tanto, la palma africana se desarrolla de forma adecuada en medios porosos, con suficiente capacidad de saturación de humedad, que permitan, además de un buen desarrollo radical, soportar cortos períodos de sequía, sin disminuir su producción.

#### **5. PROPAGACIÓN.**

La selección del material de propagación es importante para asegurar altos rendimientos y calidad en el aceite de modo que haga rentable el cultivo de la palma. Si se utiliza semilla, ésta debe estar certificada y garantizar las siguientes características:

- Alto grado de pureza (>95%).
- Porcentaje de germinación superior al 85%.
- Alta productividad en racimos: en condiciones óptimas de cultivo 28-30 t · ha<sup>-1</sup> · año<sup>-1</sup>.

- Alta tasa de extracción de aceite del orden del 25%.
- Precocidad en el inicio de la producción: 30-32 meses de la siembra definitiva.
- Crecimiento lento del tallo en altura: 40-45 cm · año<sup>-1</sup>.

Generalmente se utiliza la semilla de la variedad Tenera, producto de un cruce entre las variedades Dura y Pisífera.

Una vez seleccionada la semilla, se procede a su germinación, proceso que tarda entre 75 y 90 días, para luego transferirlas al vivero, donde una vez desarrolladas se trasplantan al campo.

También es posible colocar la semilla recién germinada en un previvero, utilizándose bolsas negras de 20 cm de altura por 12 cm de ancho y colocadas unas al lado de la otras en bloques de 1 m de ancho, lo que permitirá colocar 70 plántulas · m<sup>-2</sup>. La duración de esta fase es de 60 a 120 días. Esta fase permite controlar en espacios relativamente pequeños, grandes cantidades de plántulas, de manera que el material trasplantado al vivero es de muy buena calidad, ya que además de los controles realizados en el previvero, se lleva a cabo una rigurosa selección de las plántulas, para lograr posteriormente un comportamiento lo más uniforme posible.

La fase de vivero tiene una duración de 10 a 14 meses. Un desarrollo inicial adecuado en esta fase repercute directamente sobre el comportamiento de las plántulas en el campo y afectará a la producción de racimos durante los primeros años de cosecha. El vivero debe tener una pendiente inferior al 2% y disponibilidad suficiente de agua para riego (6 mm · día<sup>-1</sup>). Para el diseño del vivero es necesario conocer el número total de plantas requeridas, que permitirá establecer a su vez un diseño del sistema de riego adecuado. El área utilizada debe ser preferiblemente cuadrada o rectangular y la distribución de las plantas debe hacerse en triángulos equiláteros (tresbolillos) y a una distancia entre ellas de 0,90, 1,00 ó 1,20 m dependiendo del tiempo que permanecerán en el vivero, 10,12 ó 14 meses respectivamente.

De forma rutinaria, en vivero se realizan labores tales como control de malas hierbas en el suelo y en las bolsas, riegos diarios (6 mm · día<sup>-1</sup>), fertilización mensual y control de plagas y enfermedades. El control de malas hierbas en las calles y drenajes debe hacerse preferiblemente con herbicidas preemergentes, sin embargo, en las bolsas se realiza a mano. Un método que ha resultado satisfactorio también, es el uso de una capa de 3 cm de espesor de cáscara de arroz o concha de maní, la cual se renueva cada tres meses.

En vivero, un suministro suficiente de agua y a una frecuencia adecuada garantiza un buen desarrollo de la palma, por lo que se recomienda aplicar 6 L · m<sup>-2</sup>, diariamente en la época seca. En invierno, la frecuencia de riego dependerá de las lluvias, teniendo presente, que si éstas son inferiores a los 6 mm deben completarse con el riego.

En cuanto a la fertilización, es conveniente realizar un análisis de suelo para elaborar un programa racional de fertilización.

Las plagas más comunes en el vivero son las hormigas, roedores, grillos y en épocas de sequías prolongadas sin suministro adecuado de riego, pueden aparecer ácaros, que pueden ser evitados con riegos sistematizados.

En cuanto a enfermedades, son muy comunes algunos hongos de manchas foliares, tal es el caso de los diversos tipos de antracnosis causadas por los géneros *Botryodiplodia*, *Melanconium* y *Glomerella*. La prevención y el control de estas enfermedades se realiza con un manejo adecuado del vivero en cuanto a distanciamiento de las palmas, frecuencia de fertilización y volumen de agua suministrada por riego y aplicaciones preventivas de fungicidas a base de carbamatos a baja concentración.

En fase de vivero se suelen descartar un 5% de las plantas por razones tales como desarrollo de una planta inferior al promedio, folíolos soldados, dispersos o estrechos, perímetro del cuello inferior a 25 cm etc. En general, las plantas seleccionadas deben presentar una armonía en su arquitectura, es decir, deben tener una altura entre 1 y 1,20 m y un mínimo de 8 hojas funcionales.

También pueden utilizarse como material de propagación los hijuelos. La separación de estos de la planta madre se debe realizar con mucho cuidado, regando bien el suelo que se encuentra alrededor de la palma varios días antes de la separación, de forma que se asegure que buena parte de la tierra que rodea las raíces queda adherida a ellas. Si los hijuelos no se necesitan como material de propagación deben de eliminarse.

## **6. MATERIAL VEGETAL.**

### **6.1. Variedades.**

- **Dura:** posee un endocarpio grueso que protege a una, dos o tres almendras y fibras dispersas en la pulpa.
- **Pisífera:** se caracteriza por la ausencia de endocarpio y en ocasiones presenta una almendra del tamaño de una arveja y la presencia de fibras agrupadas en el centro del fruto.

También encontramos un híbrido intervarietal, **Tenera**, obtenido mediante el cruzamiento artificial controlado de palmas de la variedad Dura (usadas como madre) con polen de palmas de la variedad Pisífera (usadas como padres).

## **7. PARTICULARIDADES DEL CULTIVO.**

### **7.1. Siembra.**

La siembra es una de las labores más importantes en el desarrollo de la vida productiva de una plantación, debido a que la permanencia del cultivo en el campo va a ser de muchos años.

Existen un conjunto de labores previas a la siembra que son determinantes para garantizar el éxito de la misma y cuyos resultados influyen posteriormente en la obtención de las producciones esperadas. Algunas de estas labores son el acondicionamiento de los suelos, trazado y construcción de drenajes y vialidad interna, trazado de plantación o demarcación de parcelas y establecimiento de cultivos de cobertura.

La época de siembra adecuada para garantizar el cultivo es a inicios del período de lluvias, cuando se disponga en el suelo de suficiente humedad, para garantizar un buen desarrollo del sistema radical.

Por otra parte, los distanciamientos de siembra más usados son de 9 x 9 m entre plantas, al tresbolillo y 7,8 m entre hileras, proporcionándonos una densidad de siembra de  $143 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$ , o bien distanciamientos de 8,5 x 8,5 m entre plantas en el mismo sistema y 7,36 m entre hileras, con el que se obtienen  $160 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$ . La orientación de las hileras de palmas debe ser Norte-Sur.

### **7.2. Resiembra.**

Las palmas plantadas en campo deben ser observadas periódicamente y aquellas que presenten algún desarrollo anormal o simplemente mueran, serán reemplazadas por plantas que para este fin se mantienen en vivero. Se estima que para esta fase un valor normal de reemplazo es el 5% del material sembrado.

### **7.3. Polinización.**

La palma africana produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias distintas y de forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Por esta razón, se necesitan agentes polinizadores que aseguren una buena fructificación.



**Figura 6.** Racimos polinizados correctamente (arriba) e incorrectamente (abajo).

La acción del viento y de las abejas para trasladar el polen es muy pobre, viéndose esta situación aún más comprometida con los materiales genéticos de alta producción de racimos, que durante los dos o tres primeros años de producción emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninas.

La polinización se debe iniciar entre los 26-28 meses de la siembra.

La polinización manual consiste en la utilización de una mezcla de polen – talco (1/20), espolvoreando 0,1 g por inflorescencia femenina en estado de antesis (receptiva). La flor permanece en este estado tres días, caducando posteriormente. El porcentaje de fructificación es de 60% de frutos normales.

Por otro lado, también es posible la polinización entomófila. Las inflorescencias masculinas y femeninas emiten un suave olor a anís que atrae especialmente a unos pequeños insectos, denominados curculiónidos, que se alimentan y reproducen en las flores masculinas. Estos insectos tienen el cuerpo cubierto de vellosidades a las que se adhieren los granos de polen, y al moverse entre las flores femeninas van liberando y asegurando la polinización de éstas. Estos insectos visitan las flores femeninas por error, inducidos por el olor a anís. En América, uno de los insectos que mejor se ha establecido en las plantaciones es *Elaeidobius kamerunicus*, lo que ha permitido diseñar un sistema de polinización, capturando dichos insectos en cultivos de más de 7 años de edad y liberándolos más tarde el cultivos jóvenes. La liberación de estos polinizadores obedece a un sistema que asegure una población de 20.000 insectos · ha<sup>-1</sup> cada tres días. Con este sistema de polinización, el porcentaje de polinización es de 80%.

Ambas modalidades de polinización se suspenden entre el sexto y séptimo año de edad de las palmas, que es cuando la emisión de flores masculinas es suficiente para abastecer la necesidad de polen y los insectos polinizadores ya establecidos aseguran de esta manera la fructificación de las flores femeninas de forma natural. El porcentaje de fructificación en este periodo alcanza el 85-95% de frutos normales.

#### **7.4. Control de malas hierbas.**

Es necesario prestar especial atención a determinadas especies vegetales tales como las gramíneas, ya que su sistema radical activo se ubica en los estratos superficiales del suelo y compete con el de la palma. Aún

cuando existen patrones técnicos en cuanto a las condiciones edafoclimáticas óptimas para el cultivo de la palma, la problemática de las malezas puede ser un problema importante en las plantaciones. Su distribución, frecuencia y densidad responden a las características de cada zona y por esta razón, los controles de la misma en la palma deben realizarse considerando cada caso de forma particular.

El control de malezas en este cultivo se realiza en los callejones y en los círculos. En los callejones se efectúa fundamentalmente usando cultivos de cobertura, de los cuales el más generalizado es el Kudzú Tropical (*Pueraria phaseoloide*), aunque pueden utilizarse otros tales como *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema pubescens*, *Calopogonium spp.* Estas especies cubren totalmente las calles, formando una masa vegetal de hasta 1 m de altura, evitando, por tanto, el desarrollo de especies indeseables.

El control de malas hierbas en los círculos es importante para propiciar la rapidez del crecimiento vegetativo, principalmente en palmeras jóvenes, ya que su sistema radicular en desarrollo sufre mucho si tiene que competir con las malas hierbas de su entorno. Por ello, no se debe permitir la invasión de plantas de cobertura sobre la corona de las hojas, pues al bloquear la flecha no se permite la apertura de nuevas hojas y se reduce la capacidad de fotosíntesis. El control de malas hierbas en círculos puede realizarse de forma manual o química. Durante los primeros años, el mantenimiento de los círculos deberá ejecutarse de forma manual, ya que la palma africana en este periodo es muy susceptible a los daños por herbicidas. En condiciones normales, el control manual en época lluviosa y en palmas jóvenes se ejecuta cada 36-60 días y en plantas adultas cada 60-90 días. En cambio, para el control químico las aplicaciones pueden variar entre 60 y 135 días.

#### **7.5. Poda.**

La eliminación de hojas secas y seniles o no funcionales se realiza en el momento del corte del racimo, es decir, en la cosecha, sin embargo, es conveniente realizar una poda anual para eliminar inflorescencias masculinas deterioradas, racimos podridos y algunas epifitas que se desarrollan en el estipe. Por ningún motivo se cortarán hojas verdes funcionales.

#### **7.6. Fertilización.**

La palma africana es una planta con un elevado potencial de producción y debido a su alta productividad, genera grandes volúmenes de biomasa en forma de hojas, inflorescencias, racimos, raíces y desarrollo del estipe. Por esta razón, la extracción y uso de los nutrientes en este cultivo es alto, unos procedentes de las reservas minerales que existen en el suelo, otros, producto del reciclaje de partes de la planta, también por efecto de la fijación de los cultivos de cobertura y por residuos vegetales de los mismos y por último, por abonados producto de un programa de fertilización.

En definitiva, los objetivos que se persiguen con la fertilización son el suministro de nutrientes para promover el desarrollo vegetativo y la resistencia a plagas y enfermedades y el reemplazamiento de los nutrientes exportados por los racimos en la cosecha.

Para elaborar un programa de fertilización lo más conveniente es llevar a cabo análisis foliares y de suelo. Los primeros constituyen una base fundamental para el conocimiento del estado nutricional de la planta. De la misma forma, el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo es importante para determinar los procedimientos de manejo así como los requerimientos nutricionales del cultivo.

Una serie de ensayos sobre fertilización en palma africana, han permitido establecer una relación entre la producción y los porcentajes de elementos minerales (expresados en materia seca), estableciéndose así los niveles críticos, aunque para cada plantación deberán establecerse los mismos. Estos datos se pueden utilizar para interpretar los resultados de los análisis foliares.

Elemento	Nivel (%)
Nitrógeno (N)	2,5
Fósforo (P)	0,15
Potasio (K)	0,8
Magnesio (Mg)	0,24
Calcio (Ca)	0,80
Cloro (Cl)	0,40
Boro (B)	20 ppm

Tabla 1. Niveles críticos de elementos minerales.

A continuación se presenta un programa orientativo de fertilización para cultivos jóvenes:

	Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Cloruro de potasio (KCl)	Superfosfato triple $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$
1ª Dosis	100	75	200
2ª Dosis	100	75	-
Total	200	150	200

Tabla 2. Abono 6 semanas después de la siembra ( $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ).

	Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Cloruro de potasio (KCl)	Superfosfato triple $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$	Sulfato hidratado de magnesio $(\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Sal (NaCl)	Boro (B)
1ª Dosis	300	200	-	250	-	15
2ª Dosis	400	300	400	-	300	20
Total	700	500	400	250	300	35

Tabla 3. Abonado anual con 1 años de edad ( $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ).

	Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Cloruro de potasio (KCl)	Superfosfato triple $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$	Sulfato hidratado de magnesio $(\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Sal (NaCl)	Boro (B)
1ª Dosis	500	300	-	400	500	20
2ª Dosis	750	400	500	-	-	25
Total	1.250	700	500	400	500	45

Tabla 4. Abonado anual con 2 años de edad ( $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ).

A partir del tercer año, el abonado se programa de acuerdo con los resultados de los análisis foliares, considerando la tasa de exportación de nutrientes en los racimos y la expectativa de producción.

## 8. RECOLECCIÓN.

La recolección es una de las actividades más importantes en las plantaciones de palma africana aceitera por lo que el éxito de la misma dependerá de una planificación racional.

La producción de racimos, con las variedades disponibles en el mercado, se inicia entre los 30 y los 36 meses de plantada en el campo.

La recolección en la palma se realiza durante todo el año.

La frecuencia de cosecha, es decir, el intervalo entre cosechas en un mismo lote, está asociada con la edad de la palma, con el material genético utilizado y con las condiciones climáticas de la región. En general, los ciclos oscilan entre 7 y 12 días en palmas jóvenes y entre 9 y 15 días en plantas adultas. En épocas lluviosas, los ciclos son más frecuentes que en épocas secas.

Para determinar la maduración óptima de racimos, es decir, el momento en que la planta logra un mayor contenido de aceite en el racimo y un menor porcentaje de ácidos grasos libres se utilizan criterios tales como el cambio de coloración de los frutos de violeta a anaranjado y el desprendimiento de aproximadamente dos frutos por cada kilogramo de racimo.

## 9. APLICACIONES.

La palma aceitera genera una gran variedad de productos y subproductos que son utilizados en la alimentación y la industria.

El producto principal obtenido es el aceite de palma crudo a partir del cual se elaboran mantecas y aceites para el consumo humano directo. Para lograrlo, son necesarias las siguientes etapas:

- **Esterilización:** se realiza a una presión de vapor de  $2-3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$  durante 30-45 min dependiendo del estado de madurez de los racimos. Los objetivos de la esterilización son facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis, reducir los ácidos grasos libres del aceite, posibilitar el proceso de extracción del aceite al suavizar el mesocarpio y facilitar el proceso de clarificación del aceite.

- **Desgranado:** consiste en separar los frutos contenidos en las espiguillas o raquidios de los racimos.

- **Digestión:** consiste en macerar los frutos bajo condiciones de vapor de agua a temperaturas de  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ . En esta fase se rompen las células en las cuales está contenida el aceite rojo este puede ser liberado espontáneamente o bien se facilita su extracción para la próxima etapa

- **Extracción del aceite:** se realiza con prensas de tornillos de doble eje.

- **Clarificación:** el aceite rojo del mesocarpio que sale de la prensa es aceite crudo, con altos contenidos de impurezas y gran cantidad de material fibroso proveniente del mesocarpio. Además, contiene materias oleaginosas que se deben eliminar para lograr una buena calidad de los aceites.

Otro producto derivado de la palma africana es el aceite de palmiste que se extrae de la almendra de la semilla del fruto. Para su obtención se llevan a cabo las siguientes operaciones:

-**Clasificación y rompimiento de las nueces:** es conveniente para garantizar cierta homogeneidad en el material final. Esta operación se realiza haciendo pasar las almendras por zarandas especialmente diseñadas para tal fin.

-**Separación de las almendras y descarte del endocarpio:** el objetivo de esta labor es separar el endosperma o almendra de la nuez por diferencia de peso específico. Un método tradicional aún usado en muchas fábricas, consiste en utilizar una mezcla de agua y arcilla cuyo peso específico sea mayor que el de la almendra ( $1,07 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) y menor que el del endocarpio ( $1,3$  a  $1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) de manera que las almendras son separadas fácilmente. Los sistemas más modernos hacen uso de hidrociclones.

-**Secado y ensacado de las almendras:** una vez separadas las almendras, estas tienen aproximadamente un 20% de humedad, la cual es inadecuada para el almacenamiento de las mismas. El método de secado más utilizado son los silos con secadores de aire caliente, en cuya parte inferior están incorporadas las rejillas vibratorias por donde salen las almendras secas al 6-7% de humedad para ser ensacadas y almacenadas.